

Uso de un sistema de ahorro de agua para conservar ecosistemas para el recurso hídrico

• Gustavo López* • Miriam M. García • Luis A. Gameros •
• Ana Paulina de la Rocha •

Instituto Tecnológico de Mexicali, México

*Autor de correspondencia

Resumen

López, G., García, M. M., Gameros, L. A., & De la Rocha, A. P. (noviembre-diciembre, 2015). Uso de un sistema de ahorro de agua para conservar ecosistemas para el recurso hídrico. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(6), 125-135.

En la región noroeste de la república mexicana, zona fronteriza entre México y Estados Unidos (EE.UU.), se está evaluando una posible problemática de la escasa cantidad de agua que México recibe de su vecino del norte, proveniente del Río Colorado (RC). En ocasiones, México recibe agua contaminada por agroquímicos debido a que ese recurso hídrico proviene del lavado de tierras estadounidenses. Además, Estados Unidos propuso revestir el Canal Todo Americano (CTA), lo que ha generado una disminución en los mantos acuíferos del valle de Mexicali, generando preocupación en autoridades y la población. Esto ha conllevado a deteriorar ecosistemas y con ello presentarse cambios de clima que incrementan los niveles de humedad relativa (HR) y temperatura, que genera corrosión y pérdidas económicas, y reducción de la competitividad en la industria electrónica de la región.

Palabras clave: ecosistemas, competitividad industrial, corrosión, equipo de ahorro de agua.

Abstract

López, G., García, M. M., Gameros, L. A., & De la Rocha, A. P. (November-December, 2015). Use of a Water-Saving System to Conserve Ecosystems for Water Resources. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*, 6(6), 125-135.

In the northwestern region of Mexico is border between Mexico and the United States (US), it is carried out an evaluation of a possible problem of the small amount of water that Mexico receives from our neighbor to the north, from the Rio Colorado (RC) from United States. Sometimes USA sends contaminated water to Mexico, by chemicals mainly because the hydric resource, comes from soil washing in the United States, from agricultural activities. In addition, USA, proposed a process to coat the All American Canal (CTA), which has resulted in decreased of aquifers Mexicali Valley, generating concern in authorities and the population of Mexico. This has led to damage ecosystems and thus present climate changes that increase the levels of relative humidity (RH) and temperature, and thus causes corrosion in the industry and generates economic losses, which reduces competitiveness in the electronics industry in this region.

Keywords: Ecosystems, industrial competitiveness, corrosion, water saving equipment.

Recibido: 03/04/2014

Aceptado: 09/07/2015

Introducción

Los incrementos en el consumo de agua y electricidad en la zona noroeste de la república mexicana se deben al aumento de humedad relativa (HR) y temperatura, incluso cuando son índices menores, como de 1 a 5%, y de 1 a 2 °C. Esto afecta ciertas operaciones en industrias, pues requieren mantener climas controlados en los interiores y tener encendidos los equipos de aire acondicionado, en especial de mayo a agosto,

en la época de verano. Este tipo de actividades se realizan para evitar la presencia del fenómeno electroquímico, que daña con rapidez los equipos y maquinaria industrial, así como los productos fabricados. El gasto generado por el uso frecuente de los equipos de aire acondicionado y los altos costos por consumo de electricidad en esta región obliga a las empresas a replantear sus gastos. Esto provoca que los niveles de productividad a veces no sean los óptimos y con ello los índices de competitividad disminuyan en la industria

electrónica de esa zona del país. Además, al reducirse los niveles de agua, el costo del vital líquido se incrementa, lo que repercute en la industria electrónica y en cualquier otro ramo de la región. Con base en esto se llevó a cabo una investigación con el diseño e implementación de sistemas de control automatizados (SCA), para crear conciencia sobre el cuidado del agua y así mantener el agua necesaria a un costo menor para las actividades humanas realizadas en la ciudad y valle de Mexicali. Esto sería para actividades de riego de áreas verdes y agricultura, a fin de evitar derrames y pérdidas del vital líquido, y conservar el ecosistema. Se considera como hipótesis que el proceso del revestimiento del CTA, que inició ciertas actividades desde el año 2000, generará una disminución en los mantos acuíferos del valle de Mexicali, y con ello situaciones de desequilibrio en los ecosistemas, además de un decremento en el vital líquido, que podría provocar altos costos del recurso hídrico, alimentos, costes a la industria y actividades domésticas y comerciales de la ciudad de Mexicali, Baja California, y San Luis Río Colorado, Sonora.

El río Colorado

Se le llama río Colorado (RC) por provenir desde el estado de Colorado. Se trata de una fuente hídrica que nace en las Montañas Rocosas de Colorado, en la zona central de los Estados Unidos, que suministra agua a gran parte de los ecosistemas de un área del suroeste de la Unión Americana, a los estados de Colorado, Utah, Nevada, California y Arizona, y al noroeste de México, a los estados de Baja California y Sonora. El RC tiene una longitud de 2 500 km (Reyes, Guerra, & Ramírez, 2006). Es un proveedor importante de recurso hídrico para los hábitats de esta región y el único en algunas de las zonas de ambos países mencionadas. Los principales entornos ambientales de la región mantenidas por el RC son llanuras, montañas y zonas desérticas, con más de 400 especies de flora; es hábitat de especies de peces, reptiles, anfibios, aves, roedores y mamíferos (Aguirre &

Torres, 2007). Las principales actividades que se desarrollan en estos ecosistemas aprovechando el recurso hídrico del RC son agricultura, ganadería, caza, operaciones de geotermia para suministro de electricidad a las grandes urbes y suburbios de la región, acuicultura, pesca y ecoturismo. La central geotérmica es una fuente principal de suministro eléctrico al valle y ciudad de Mexicali, además de poblaciones de Estados Unidos, como Calexico, El Centro y Brawley, pero que contamina el RC por sus desechos químicos. Uno de los aspectos de importancia es que el caudal del RC ha disminuido en gran proporción en los últimos 10 años, causando cambios hidrodinámicos, en especial en las cuencas bajas de este gran proveedor de agua, lo que preocupa a especialistas ambientales, autoridades de gobierno y poblados. Esto ha sido por el uso desproporcionado de suelos para nuevos asentamientos humanos, modificando su entorno con operaciones industriales y agrícolas que salinizan los mantos acuíferos, y por la degradación de suelos debido a causas naturales, como el fenómeno de erosión, principalmente (Lozano & Romo, 2003). Por lo ya mencionado, la ciudad de Mexicali está propensa a la presencia de problemas en un futuro de corto plazo con el agua, por el proceso de recubrimiento del CTA, un ramal del RC. El RC proviene del estado de Colorado de los Estados Unidos, pasa a través de México por el valle de Mexicali, y provee de agua al valle de operaciones agrícolas y a la ciudad para actividades industriales, domésticas, comerciales y gubernamentales. Así, es necesario realizar estudios en esta zona del país, que conlleven a evaluar la posibilidad de utilizar los SCA básicos de bajo costo (menor a los 100 pesos mexicanos) y fáciles de fabricar y operar, para ahorrar agua en las operaciones de esta ciudad y su valle. Aplicar el revestimiento al CTA representa colocar una estructura en forma de placa en las áreas de California por donde fluye el vital líquido. Esto puede generar falta del recurso hídrico en pozos del valle de Mexicali, que suministran el agua al valle para actividades agrícolas y a la

ciudad para funciones domésticas, industriales y comerciales.

Los costos por usar el recurso hídrico

El deterioro de los ecosistemas ha originado desequilibrio en todas las regiones del mundo, al presentarse variaciones en los factores climáticos causados por la falta de conciencia de la población. Esto se debe a que se emiten contaminantes al aire, agua y suelo provenientes de fuentes antropogénicas; además de la tala de bosques, que genera zonas desérticas y despobladas debido a que no tienen los recursos naturales para su sobrevivencia. Lo anterior, aunado al inadecuado uso del vital líquido, ha agravado aún algunas regiones del mundo al grado de la desaparición de especies vegetales y animales. La falta del recurso hídrico en algunas zonas del mundo origina mayor gasto, al requerir transportarla desde otros lugares y, en especial, para las empresas industriales, donde sus gastos se incrementan y causan un desbalance en sus finanzas, y con ello un decremento de los índices de competitividad. Esto sucede incluso en países desarrollados y en mucho mayor escala en naciones en vías de desarrollo y de extrema pobreza. Además, la falta del vital líquido causa enfermedades que a los gobiernos e industrias preocupa, por requerir un gasto mayor al presupuestado. En la actualidad, los países desarrollados controlan la mayor cantidad del recurso hídrico (Porter, 1991) y las finanzas en una escala cercana a 85% (Sánchez, 2010), donde las economías de los países en vías de desarrollo representan 22%. La mayor parte de las naciones de extrema pobreza tiene problemas de escasez de agua, por lo que las organizaciones internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), y la Organización de Estados Americanos (OEA), están preocupadas por tal situación (Lozano & Romo, 2003).

El ecosistema en la frontera de México y Estados Unidos

La región oeste de la zona fronteriza de México y los Estados Unidos contiene gran variedad de flora y fauna que se ha adaptado a los hábitats del área compartida entre los dos países. Tanto la vegetación como los animales han permanecido debido a la presencia del vital líquido proveniente de Estados Unidos y que recorre varias zonas de la región noroeste de la república mexicana. Es por ello que el recurso hídrico es de gran importancia para la supervivencia de las especies de la región, y si disminuye su capacidad en los mantos acuíferos, canales y ríos, podría generar un desequilibrio ecológico (González, Montoya, & Hernández, 2007). En ocasiones se presentan situaciones en las cuales el RC es contaminado de manera inconsciente por agroquímicos, y descargas industriales y urbanas con contaminantes líquidos, sólidos y gaseosos, reduciendo la calidad y cantidad del recurso hídrico. Es por esto que debe cuidarse la poca agua que alcanza a llegar a los estados de ambos países, para evitar su escasez y una situación problemática ambiental, económica y social en la región (Gómez, Rivera, Martínez, & Yáñez, 2004).

Alteración del entorno ambiental y social

Otro factor de importancia que actualmente está ocurriendo es el proceso de revestimiento de uno de los ramales del RC, como el Canal Todo Americano (CTA), en el sureste de los Estados Unidos, que en el corto plazo tendrá un efecto negativo en el suministro del recurso hídrico de la zona fronteriza de ambos países, debido a que se estima dentro de poco tiempo la reducción de los niveles en los mantos acuíferos. La disminución del vital líquido alterará los ecosistemas en ambos países por la migración de ciertas especies hacia otros lugares en busca de agua y alimentos que puedan escasear en la región (González et al., 2007). Además, se podría originar en poco tiempo un decremento en las actividades agrícolas e industriales del valle, y la

ciudad de Mexicali, generando una reducción de productos agrícolas. Con ello, se dará un incremento en los precios de los alimentos y también ocasionará pérdida de empleos, al cerrar cierto tipo de industrias. Además, podría ocasionar problemas de salud por la falta de nutrientes alimenticios, y generación y proliferación de enfermedades, principalmente de tipo respiratorio, por ser una zona de tolvaneras con suelos erosionados, donde se elevan partículas finas de suelo y contaminantes agrícolas. Debido a esta situación, se podría presentar un rompimiento en alguna cadena alimenticia en este ecosistema, o probablemente la modificación de la flora y fauna de la zona (López, Rueda, & Domínguez, 2002).

Concienciación en el cuidado del ecosistema

Expertos ambientales de ambos países consideran que la contaminación del RC con sus ramales y el revestimiento del CTA disminuyen la calidad y cantidad del recurso hídrico en esta zona fronteriza. Por ello es esencial el cuidado del vital líquido con algún tipo de programa, donde la población esté consciente de su uso adecuado o algún tipo de sistema automatizado que apoye a mejorar la concienciación de las personas. Analistas del tema señalan que podría llegar a darse la posibilidad de que se presente una etapa de poco suministro o escasez de agua (Robles & Torres, 2003). Estudios anteriores indican que el nivel de conciencia para el cuidado del agua de parte de la población que habita la ciudad y valle de Mexicali es bajo en cuanto al desarrollo de actividades agrícolas, domésticas e industriales, donde en ocasiones se generan encharcamientos. Esto conllevó al diseño y desarrollo de un sistema automatizado para el control de riego en esta zona noroeste de México.

Equilibrio ecológico

Utilizar de forma adecuada el vital líquido es garantía de un desarrollo urbano en las peque-

ñas y grandes ciudades. Esto conlleva a generar impulsos en el fortalecimiento industrial, como en la zona noroeste de la república mexicana, donde existe un amplio número de empresas del ramo industrial de tipo maquiladora, siendo la mayoría extranjeras, de Estados Unidos, Canadá, China, Japón, Alemania e Italia. Al haber crecido de manera desproporcionada las ciudades fronterizas con los Estados Unidos, Mexicali, Tijuana y Ensenada, ubicadas alrededor de 100 kilómetros de la línea fronteriza, en el estado de Baja California, se generó un uso inadecuado de agua, por lo que en algunas zonas se tienen problemas en el suministro del recurso. Por ello se propuso diseñar y fabricar un sistema automatizado para el control del recurso hídrico en actividades agrícolas, ganaderas, domésticas, industriales y comerciales. Aunado a la falta de concienciación en el uso del agua, se contempla el proceso del revestimiento del CTA en las zonas del sur de California, anexas a la zona fronteriza con México, para lograr obtener un mejor beneficio del recurso hídrico de parte los Estados Unidos y evitar la precipitación del agua a las regiones de la república mexicana anexas a la línea fronteriza. Esto generará un problema mayor, al requerirse el agua para las actividades mencionadas, y por lo tanto las empresas industriales de esta región del país ya están generando gastos económicos. Esto es por la falta de agua, al no generar algunas operaciones completas de los productos, lo cual provoca disminución en su capacidad productiva e índices de competitividad.

El agua como medio de vida

Los expertos en el campo de la protección del agua consideran que la escasez en algunos países tiene efectos negativos en la salud de las personas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que más de la mitad de la población mundial es víctima de la escasez de agua, lo que ha contribuido al cambio climático en algunas regiones, y la generación y propagación de las actuales enfermedades, así como el desarrollo de nuevas (Sánchez, Páez, & Flores,

2006). En México, algunas regiones presentan escasez de agua y disminución de la productividad en operaciones agrícolas, comerciales e industriales. El noroeste de México es propenso a sufrir los efectos negativos de la escasez de agua por lo ya mencionado (González *et al.*, 2007). Especialistas en la materia consideran que el desarrollo de las políticas ambientales y de ingeniería son buenos métodos para contribuir al ahorro de agua. Con la escasez de agua se origina una disminución de la productividad de vegetales, legumbres, frutas, trigo, maíz y alimentos para el ganado vacuno, como la alfalfa, fuente nutritiva para las personas. Además, se origina un incremento en los costos de los productos comerciales de esta región y los que son enviados a otras zonas del país o de Estados Unidos, lo que generará problemas económicos (Reyes *et al.*, 2006). Según un informe de la Comisión Nacional del Agua de México (Conagua), en esta región ha disminuido la calidad del agua en los últimos 20 años y se han reducido los volúmenes del vital líquido en pozos del valle de Mexicali. Esto ha ocasionado que alrededor de 12 000 hectáreas se hayan dañado, originando zonas estériles para las actividades agrícolas. Debido a ello se han reducido las operaciones comerciales e industriales en los últimos cinco años. Actualmente, el valle y ciudad de Mexicali reciben el suministro del vital líquido del RC, pero en ocasiones el agua llega contaminada, lo cual, aunado al revestimiento del canal, según especialistas del tema, en un periodo de tres a cinco años se reducirá alrededor de 30% del suministro del recurso hídrico, por lo que tendrá severas repercusiones en esta región de México, de ahí la importancia de generar conciencia en el cuidado del agua, con programas sociales de ahorro de agua o con sistemas automatizados que apoyen evitar su desperdicio.

Metodología

El agua es la clave para la supervivencia de la vida y esencial para la viabilidad y desarrollo de cualquier civilización. Se han analizado algunas dificultades y propuesto soluciones

para el suministro de agua para pequeñas y grandes poblaciones, así como para actividades agrícolas e industriales (López, Soriano, Torres, & Zamudio, 2006). En los últimos 30 años se ha presentado escasez en ciertas regiones de la república mexicana, y el agua no es suficiente para abastecer a la gente. Toda una gama de acciones han sido factores importantes para evitar el daño de las fuentes de agua que se utiliza en las actividades humanas (WHO, 2004). Es por esto que se realiza un estudio en la ciudad de Mexicali sobre la posible problemática que se pudiera presentar en esta región del país y se desarrolla una evaluación con el fin de implementar un nuevo SCA de bajo costo. Para realizar el análisis fue necesario elaborar cinco etapas, que se mencionan a continuación:

- a) Análisis periódico de la calidad del agua. Según la Conagua, Mexicali es una de las principales ciudades del México que recibe el suministro del vital líquido de parte los Estados Unidos con impurezas de agroquímicos. Por otro lado, una gran parte de la población no tiene conciencia sobre el cuidado del recurso hídrico al regar, dejando correr el agua de las llaves o manguera, y ocasionando encharcamientos. Para esto se hizo una evaluación de la calidad del agua desde 2005 hasta 2012 en la ciudad de Mexicali.
- b) Evaluación del consumo de agua en casas-habitación. El revestimiento del CTA generará pronto efectos negativos en esta región del país, siendo motivo de gran preocupación. Se sabe que la precipitación de agua en el subsuelo conlleva a su disminución, por lo que se reducirán los niveles de agua y será necesario cuidarla. El uso adecuado del recurso hídrico —que en gran parte de la población de Mexicali no se realiza— está en proceso de originar un posible caos económico, social y ambiental; por esto se necesita elaborar una evaluación y crear conciencia del adecuado uso del agua entre la población.
- c) Análisis del deterioro de suelos en el valle de Mexicali. El daño que se genera por la

disminución o posible desabasto de agua en las superficies terrestres fértiles del valle de Mexicali se ha incrementado en pequeños porcentajes en los últimos diez años. Esto ha originado una disminución en los productos agrícolas cultivados en la región, aumentado en poca escala los costos y precios de éstos. Así, se hizo un análisis de los porcentajes de suelo con mayor deterioro.

- d) Fabricación del SCA. El SCA fue diseñado y fabricado para evaluar la diferencia en el ahorro de agua del uso o falta de uso de estos SCA. El sistema automatizado es de bajo costo, con una eficiencia de 85%, probado durante cinco años en Mexicali y su valle. Esto ayudó a ahorrar agua y mejorar el ecosistema de esta región.
- e) Evaluación de microscopía del suelo. Se generó una evaluación de diferentes zonas de la región donde se utilizó el SCA y sitios donde no se usó. El objetivo fue observar sus diferencias con la técnica de microscopía electrónica de barrido (MBE). El análisis permitió conocer a detalle las consecuencias de la disminución del vital líquido en el valle de Mexicali y las posibles consecuencias si se genera su desabasto.

Resultados

La calidad del agua es gran importancia para elaborar cualquier actividad que permita el desarrollo de comunidades con buena salud y con ello su crecimiento económico. La región noroeste de la república mexicana, donde está ubicada la ciudad de Mexicali, siendo fronteriza con los Estados Unidos, es una zona que ha crecido económicamente y reviste gran relevancia, al tener tierras fértiles que permiten el cultivo de cereales y hortalizas, principalmente. Además, se ha instalado gran cantidad de industrias, en especial del sector automotriz, electrónico y metalmecánico. La agricultura floreció desde hace casi cien años y las plantas industriales se asentaron hace poco más de 30 años. Pero en los últimos diez años ha disminuido la calidad del vital líquido

que se recibe del CTA, proveniente del RC. Esto ha sido por la presencia de agroquímicos utilizados en los campos agrícolas de Estados Unidos, que son arrojados junto con el recurso hídrico a México. Este recurso hídrico se utiliza para operaciones de riego de los cultivos en el valle de Mexicali, y en la ciudad de Mexicali en actividades domésticas, industriales y comerciales. Lo anterior genera altos costos para las autoridades gubernamentales, al requerir equipos especializados para obtener agua de buena calidad. El costo del agua en Mexicali es bajo, incluso con los equipos especializados para purificarla, esto es, alrededor de seis pesos mexicanos por metro cúbico. Al generarse un pago promedio mensual de 300 a 500 pesos mexicanos, la población y empresas la derrochan o contaminan en canales abiertos ubicados en el valle de Mexicali, por donde circula el recurso hídrico, sin cuidado alguno. A partir de ello se hizo un análisis de la calidad de agua en la zona de entrada al valle de Mexicali de 2005 a 2012, con un monitoreo periódico no constante, obteniendo en total 1 500 mediciones en el tiempo de evaluación, que se muestran en la figura 1. Esto se elaboró para determinar los procesos para obtener agua de buena calidad para las actividades que se requieran.

Al inicio del estudio se indica cómo la calidad del agua es cercana a 75% y dónde se observa una mayor concentración de los niveles de calidad del recurso hídrico; 60% evaluada de 2005 a 2007. De 2007 a 2010, la calidad del agua fue de un 50%, disminuyendo y requiriendo del mejoramiento de los equipos especializados para purificarla y suministrarla para las actividades requeridas. De 2010 a 2012, la calidad se redujo a 50%, siendo esto grave por la posibilidad de generarse infecciones respiratorias y estomacales.

Evaluación del consumo de agua

Debido a que se recibe agua de baja calidad de los Estados Unidos, y el valle y ciudad de Mexicali han generado un crecimiento drástico en los últimos 20 años, se desarrolló

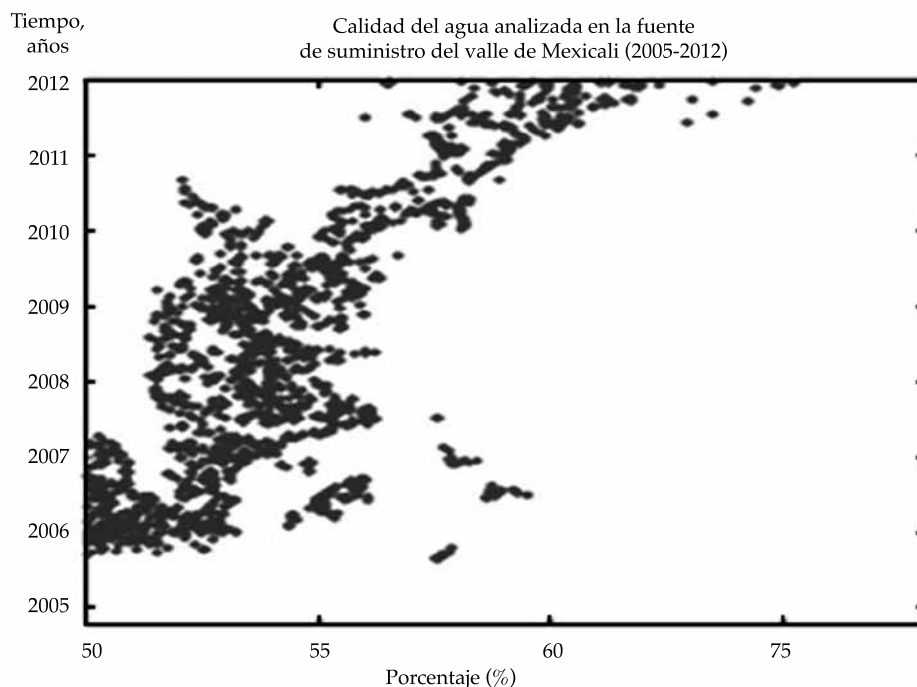


Figura 1. Análisis de calidad del agua en sistema de suministro a la ciudad de Mexicali (2005-2012).
Fuente: los datos evaluados provienen de estudios experimentales generados en un proyecto de investigación en la región del valle de Mexicali (2005-2012).

un análisis del consumo del vital líquido en casas-habitación. Se levantaron mil encuestas en los siete años del estudio, como se muestra en la figura 2.

El objetivo de esta evaluación fue determinar el consumo por cada hogar de la ciudad de Mexicali, y con ello elaborar una estimación a futuro de lo que utiliza cada casa-habitación para correlacionarlo con el agua de baja calidad que se suministra a la ciudad y su valle. Esto indica la manera de recibir el agua y saber si su uso es adecuado para las actividades de riego en casas-habitación y áreas agrícolas, donde se generan encharcamientos por la falta de conciencia de la población, al dejar fluir el agua y no tener control sobre ella. Las opiniones de la ciudadanía mexicalense indicaron que del año 2005 a 2007, en la época de verano, donde más se utiliza, el consumo fue menor a los 300 m³ por mes en cada hogar, siendo mayor al promedio decretado por la organización Mundial

de la Salud (OMS) de 150 m³. De 2007 a 2008, el consumo se incrementó a 375 m³, y a partir de ese periodo del análisis, hasta el año 2012, llegó a los 450 m³. Esto es de gran relevancia, porque el suministro de agua de baja calidad se somete a un tratamiento de alto costo y no se utiliza de forma adecuada. El control del consumo de agua en la población de Mexicali es vital por la disminución que está en proceso por el revestimiento del CTA y tendiendo a ser una región muy productiva del sector agrícola, comercial e industrial, con posibilidades de escasez de agua. Las autoridades estatales de gobierno del estado de Baja California y municipales de Mexicali están preocupados y la población al parecer no tiene esa visión, por lo que sigue derrochando el recurso hídrico. Se ha contemplado desde hace alrededor de diez años la imposición de multas a personas o instituciones que desperdicien agua, pero no se ha logrado gran avance con estas medidas.

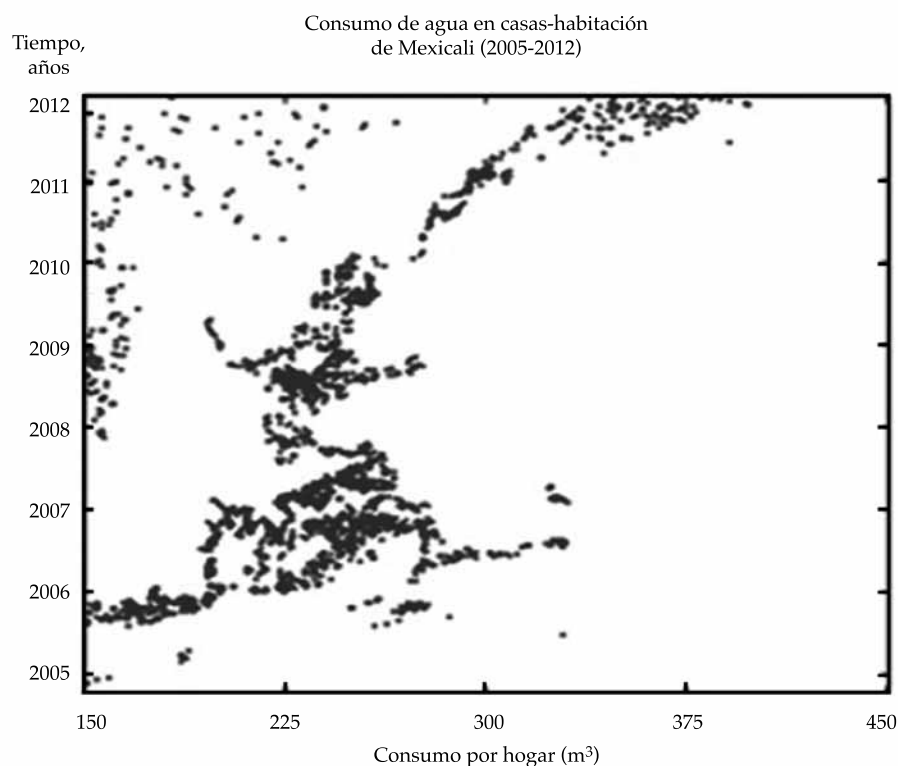


Figura 2. Evaluación del consumo de agua (m³) en casas-habitación de la ciudad de Mexicali (2005-2012).
Fuente. Los datos evaluados provienen de estudios experimentales generados en un proyecto de investigación en la región del valle de Mexicali (2005-2012).

Análisis de deterioro de suelos

Una de las consecuencias que puede generar el desabasto de agua es el daño a las superficies terrestres como parte de los ecosistemas. Esto origina pérdidas económicas y al medio ambiente en cada región del mundo por la falta de suelos fértiles en donde cultivar productos alimenticios para el ser humano y animales, como el ganado bovino, porcino y ovino, principalmente. El caso del valle de Mexicali no es una excepción; la población no tiene todavía idea de lo que puede ocurrir al realizarse el revestimiento del CTA, además de recibir de parte de los Estados Unidos aguas contaminadas con agroquímicos y no tener la conciencia del cuidado del agua en las casas-habitación, industrias y áreas agrícolas.

El cuadro 1 muestra un análisis del deterioro del suelo con los diversos grados del daño gene-

rado desde el 2005 al 2012 y una evaluación del consumo de agua sin utilizar el SCA y usándolo para observar el beneficio en el comparativo. Esto genera superficies terrestres infértiles para cultivos y con ello pérdidas económicas y reducción de la competitividad. De manera paralela, se ha observado la falta de concienciación en el manejo y cuidado del agua de al menos la mitad de la población de esta ciudad de cerca de 900,000 habitantes.

Sistema automático de control de agua

El SCA fue diseñado y fabricado por personal experto del área de electrónica y medio ambiente apoyado por alumnos investigadores del Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM). Una vez fabricado el sistema, se aplicó como prueba experimental en áreas verdes del ITM y

Cuadro 1. Evaluación del deterioro del suelo en el valle de Mexicali (2005-2012).

Tiempo, años	Nivel de deterioro del suelo*	Cantidad de agua en riego doméstico diario, m ³	
		Sin el SCA	Con el SCA
2005	2	40	34
2006	3	43	31
2007	3	47	28
2008	4	53	25
2009	4	58	25
2010	5	64	23
2011	6	70	23
2012	6	75	22
	* Nivel de deterioro (de 0 a 10, siendo 0 el menor grado de deterioro y 10 el de mayor grado de deterioro)		

casas-habitación, logrando un ahorro de agua. El sistema SCA (figura 4) e información del consumo doméstico en cien hogares de la ciudad de Mexicali (cuadro 2) se muestra en la figura 4.

La fuente de alimentación suministra la energía eléctrica necesaria para que el sistema automatizado de control de flujo de agua desarrolle las operaciones, siendo que el detector de humedad, al no manifestarse presencia de humedad o agua, envía una señal al activador del actuador. El actuador es una bomba de suministro de agua a las áreas donde se desea realizar el riego. Por último se observa un indicador luminoso representando la funcionalidad del sistema automatizado. Al estar encendido, el sistema automatizado está operando y al apagarse indica que el sistema automatizado no está en operación.

El cuadro 2 indica los niveles de consumo de los años 2011 y 2012 para determinar el incremento sin tener cuidado del agua. Con este sistema se controla el flujo de agua, para con ello disminuir los costos y obtener un mejor rendimiento en su uso.

Evaluación de microscopía en suelos del valle de Mexicali

Los pequeños incrementos que se han presentado en el deterioro de suelos fértiles en el valle de Mexicali han resaltado la importancia del cuidado del ecosistema de esta región. En el nivel macroscópico se observa el daño a las superficies terrestres, pero el análisis a detalle por microscopía de barrido electrónico muestra un nivel de mayor visualización. Con el microanálisis se observó que el suelo permanecía húmedo en su mayor parte gracias al sistema de control automático. En la figura 4a se representa un suelo seco sin el uso del SCA y su comparativo en un periodo de tiempo evaluado, cuando se empleó el SCA, con el cual se obtuvo un ahorro marginal del vital líquido (figura 4b).

Conclusiones

El estudio comprueba la hipótesis planteada al inicio, de que el proceso del revestimiento del CTA generará pérdidas en el flujo de mantos

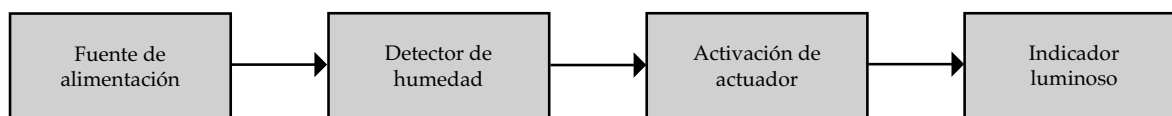


Figura 4. Diagrama a bloques del sistema de control automático para control de agua.

Cuadro 2. Análisis del consumo anual de agua en 100 hogares con y sin el SCA (2011-2012).

	Consumo de agua (m ³), 2011	Consumo de agua (m ³), 2012
Sin utilizar el SCA	3 775	3 230
Utilizando el SCA	2 685	2 345

acuíferos desde los Estados Unidos a México, en especial en el valle de Mexicali, donde desde hace unos 10 años —desde que iniciaron algunas operaciones relacionadas con el revestimiento del CTA— ha disminuido el flujo de agua en los mantos acuíferos. Esto es de vital importancia por el tratado de aguas entre ambos países, pero si no se puede obtener algún acuerdo en común es necesario ser conscientes del cuidado del recurso. Por ello el cuidado del vital líquido es de gran interés entre ambos países y en todas las regiones del mundo, al ser esencial para la conservación y preservación de los ecosistemas. Casos como el de esta investigación son de gran interés debido a que el recurso hídrico no es renovable. Así que deben desarrollarse programas para su conservación. El proceso del revestimiento del CTA que trata este estudio afectará la región noroeste de México. Por otra parte, casi 50% de la población de la ciudad de Mexicali no tiene la más mínima conciencia del uso adecuado del agua. En actividades de riego genera encharcamientos, dejando fluir el vital líquido, considerando que siempre se tendrá acceso a agua de calidad y en cantidad adecuada. La falta del recurso hídrico en esta región podría afectar en gran medida actividades cotidianas de casas-habitación, industrias, comercios, centros de gobierno, zonas agrícolas y áreas verdes, principalmente. En esta investigación se

diseña y desarrolla un sistema automático para el control del agua en actividades de riego; en el proceso de su aplicación se tuvo un ahorro de hasta 75%. Este dispositivo electrónico se ha implementado en instituciones educativas, casas-habitación, industrias, áreas verdes, y ha resultado de gran interés para la sociedad mexicalense y de la ciudad de San Luis Río Colorado, en Sonora.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las instituciones de gobierno que cooperaron con información requerida en el proyecto, así como a personas que viven en el valle de Mexicali, donde se presentan los casos de manera más notoria de lo que ocurrió en la investigación.

Referencias

- Aguirre, R., & Torres, A. (2007). El Delta del Río Colorado. *Revista de Ingeniería y Ecología*, 3(2), 45-54.
- González, I., Montoya, A., & Hernández, F. (2007). El uso adecuado del agua en la ciudad y valle de Mexicali. *Revista de Ecología*, 5(4) 35-42.
- Gómez, R., Rivera, J., Martínez, H., & Yáñez, O. (2004). Concientización en el uso del recurso hídrico. *Revista de Medio Ambiente*, 9(2), 79-87.
- Herrera, M., & Sánchez, R. (2004). *Uso de la electrónica con sistemas solares para el cuidado del agua y medio ambiente*. Madrid: Editorial Panamericana.

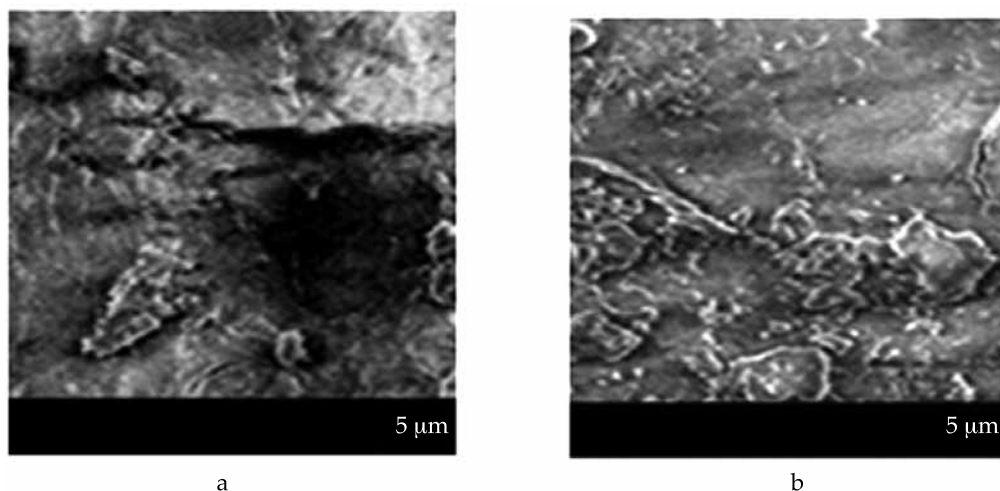


Figura 5. Análisis microscópico de superficie terrestre (a) sin utilizar el SCA y (b) usando el SCA (2012).

- López, G., Soriano, G., Torres, A., & Zamudio, J. (2006). Aspectos para el cuidado del uso del agua y la economía del noroeste de México. *Revista de Ecología*, 5(2), 77-86.
- López, G., Rueda, S., & Domínguez, B. (2002). *Niveles de concientización del uso adecuado del agua*. México, DF: Editorial Ecológica.
- Lozano, M. A., & Romo, T. (2003). *Las consecuencias de la falta de agua*. Madrid: Editorial Alfa-Omega.
- Porter, M. (1991). *La Ventaja Competitiva de las Naciones*. México, DF: Javier Vergara Editores.
- Reyes, P., Guerra, I., & Ramírez, T. (2006). El Río Colorado y sus cauces. *Revista de Ecología*, 6(4), 67-72.
- Robles, R., & Torres, F. (2003). La economía y el desarrollo sustentable. *Revista de Ecología, Medio Ambiente y Sociedad*, 7(2), 56-70.
- Romero, A., & González, R. (2005). Efectos del revestimiento del Canal All American en los valles de San Luis y Mexicali, XX. *Revista de Sociedad Ecológica*, 9(5), 46-62.
- Sánchez, C. (2010). *Análisis de un modelo de competitividad aplicado a las comercializadoras de autos en Mexicali, Baja California, México*. Tesis de doctorado. Mexicali, México.
- Sánchez, P., Páez, A., & Flores, R. (2006). Evaluación zonas de cultivo sustentables y el uso adecuado del agua en el valle de Mexicali. *Revista de Ecología*, 13-19.
- WHO (2004). WHO. *Water Sanitation Health Report*. Los Angeles, USA: World Health Organization.

Dirección institucional de los autores

Dr. Gustavo López

Investigador académico
Instituto Tecnológico de Mexicali
Av. Tecnológico s/n
Col. Elías Calles
21376 Mexicali, Baja California, MÉXICO
glopezbadilla@yahoo.com

Miriam M. García

Luis A. Gameros

Alumnos de la Carrera de Ingeniería en Electrónica
Instituto Tecnológico de Mexicali
Av. Instituto Tecnológico de Mexicali, Col. Elías Calles
21376 Mexicali, Baja California, MÉXICO

Ana Paulina de la Rocha

Alumna de la Carrera de Ingeniería Química
Instituto Tecnológico de Mexicali
Av. Tecnológico s/n
Col. Elías Calles
21376 Mexicali, Baja California, MÉXICO