

DETERMINACION DE CONTAMINANTES EN LA PRESA LA PURISIMA Y SU EFECTO EN EL SISTEMA DE POZOS PUENTECILLAS DE GUANAJUATO

*Irene Cano Rodríguez, Federico Gómez Vallejo, Victoria Ramírez Méndez,
Pablo Martínez Barbosa, Elena Rodríguez Rodríguez y Alberto Aguilera Alvarado'*

Resumen

Dada la importancia que en la actualidad tiene el controlar e impedir la contaminación en los cuerpos acuíferos del estado de Guanajuato así como de la Cuenca Lerma-Chapala, en este estudio se investigó la calidad del agua del sistema utilizado como alternativa para abastecimiento de agua potable a la ciudad de Guanajuato conocido como pozos PuenteCillas, así como de la presa La Purísima y la confluencia con su principal afluente, el Río Guanajuato. Debido a la cercanía de algunos de los pozos a la presa, los resultados obtenidos en este estudio muestran una posible migración de contaminantes desde la presa hacia el acuífero que abastece de agua a dichos pozos en los cuales se detectó la presencia de fósforo total en cantidades que sobrepasa alrededor de 20 veces al límite máximo permisible para considerar el agua como potable. Por otro lado, no se detectó la presencia de metales en el agua de los pozos, pero sí en el agua y sedimento tanto del río como de la presa. En el agua de la presa, los límites de metales detectados sobrepasaron el límite máximo permisible para considerar el agua apta para la protección de la vida acuática, en 25, 30, 80 y 180 veces para el As, Pb, Hg y Se, respectivamente. En el agua del río en el punto de confluencia con la presa, sólo el As se detectó en mayor concentración a las antes referidas. La presencia de Cr sólo se detectó en los sedimentos. Estos resultados nos permiten inferir que se está llevando a cabo un proceso de contaminación en el sistema de pozos, promovido por la presencia de agua sin tratar vertida en el cuerpo receptor y que de alguna manera está impactando el acuífero con el que interactúa.

¹ Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad de Guanajuato
Noria Alta SIN, 36050, Guanajuato, Gto., MEXICO (irene@quijote.ugto.mx).

Introducción

Unos de los problemas más graves a los que está expuesta el agua son sin duda la escasez, desperdicio y contaminación, siendo ésta última la causante de un mayor impacto ambiental. Por eso es importante determinar y conocer a fondo el comportamiento de las diferentes especies contaminantes. Los contaminantes en los sistemas acuáticos pueden ser de diversa índole y encontrarse dispersos en el agua, asociados a sedimentos u organismos acuáticos, e incluso migrar a los acuíferos y permitir su circulación desde las zonas de recarga hacia zonas naturales de descarga o hacia las captaciones artificiales (Salomon, 1985).

Dos tercios del territorio Mexicano tienen clima árido o semiárido, por lo que la escasez de agua es un problema agudo en gran parte del país. En este escenario, el uso racional de este recurso se vuelve una necesidad inaplazable e indispensable. Aunado a esto, México también enfrenta problemas de desperdicio y contaminación del agua, dando lugar a menor disponibilidad de este recurso con la calidad requerida para sus principales usos (Patiño, 1997). Tratando de subsanar este problema y atendiendo el incremento en la demanda de agua, tanto por el sector urbano como industrial, en el Estado de Guanajuato se han sobreexplotado los acuíferos, ya que en él se encuentran aproximadamente 16,298 pozos registrados, representando un 11.9% del total de los pozos perforados en el país. Por lo tanto, el Estado de Guanajuato es considerado zona crítica y de sobreexplotación de los mantos acuíferos (Martínez, 1997). Específicamente, la ciudad de Guanajuato, Gto., desde 1983 cuenta con un sistema de pozos denominado Puente de las Cillas para el abastecimiento de agua potable alternativo al del agua superficial captada en presas, y que consiste en la explotación del acuífero que colinda con la presa La Purísima. Este sistema cuenta con 18 pozos, una estación de bombeo y dos tanques de regulación. En 1983 la demanda de agua de los pozos fue de 100 litros por segundo y en la actualidad el gasto es de 180 litros por segundo. Actualmente, para cubrir esta demanda, sobre todo en periodos donde no se registra precipitación pluvial, se están rehabilitando 13 pozos y 3 tanques (Ortiz, 1998).

En la ciudad de Guanajuato es de esperarse la presencia de diversos contaminantes que se incorporan a las corrientes del Río del Cubo y el Río Guanajuato, principales afluentes de la presa La Purísima, debido a su actividad urbana, minero-metalúrgica y a la carencia de procesos para el tratamiento de aguas residuales. En los sitios donde se confinan los desechos resultado de la actividad minera (depósitos de jales) pueden registrarse accidentes por derrames o escurrimientos acentuados especialmente en épocas de precipitación pluvial, provocando así la movilización del material confinado. En estas situaciones los escurrimientos pueden estar contribuyendo de manera decisiva a la degradación de la calidad del agua de la presa y de alguna manera pueden también estar impactando, vía acuífero, en la calidad del agua que abastece el sistema de pozos Puente de las Cillas.

Por lo tanto, en este estudio se investigó la calidad del agua de la presa La Purísima y de los pozos Puente de las Cillas enfocándose en la determinación de materia orgánica, analizada como

demanda bioquímica de oxígeno al quinto día (DBO₅), nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales suspendidos y disueltos, bacterias coliformes totales y fecales, así como la determinación de metales de importancia ambiental como plomo (Pb), cromo (Cr), arsénico (As), mercurio (Hg) y selenio (Se), tanto en el agua de la presa y pozos como en el sedimento de la presa.

Metodología

Con la finalidad de localizar y ubicar los pozos, así como los afluentes principales a la presa, se realizó un reconocimiento a la zona de la presa La Purísima y al sistema de pozos Puente de las Cillas. Los datos hidrológicos y algunos antecedentes fueron proporcionados por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Guanajuato (SIMAPAG), por la Comisión Estatal del Agua y Saneamiento del Estado de Guanajuato (CEASG) y por el Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWM). El muestreo, conservación y transporte, así como las determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras de agua y sedimentos se realizaron de acuerdo a los protocolos descritos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-001-ECOL-1996 y NOM-092-SSA1-1994). La determinación de Hg se realizó por espectrofotometría de absorción atómica acoplada a un generador de hidruros. As, Pb, Cr y Se se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica utilizando un atomizador de grafito de alta temperatura. La digestión ácida de las muestras de agua de la presa y pozos, así como las muestras de sedimentos de la presa se efectuó via horno de microondas

Resultados y Discusión

Presa La Purísima y Sistema de Pozos Puente de las Cillas

Debido a las inundaciones sufridas aguas abajo en la ciudad de Irapuato, Gto, y para controlar las avenidas de agua provenientes de la ciudad de Guanajuato, la presa La Purísima se empezó a construir en noviembre de 1976 y se terminó en agosto de 1979, iniciando sus operaciones en 1980. Posteriormente en 1983, y debido a la escasez de agua que padeció la población de Guanajuato por la falta de precipitación pluvial, se inició la explotación del acuífero que colinda con dicha presa, perforando y explotando una batería de pozos en la localidad denominada Puente de las Cillas, destinada a ser utilizada como una alternativa de abastecimiento de agua potable a la ciudad de Guanajuato.

Durante las últimas décadas la extracción del agua subterránea ha progresado a un ritmo acelerado, tratando de cubrir las demandas tanto de la población como de la industria, y teniendo como consecuencia el abatimiento de los mantos acuíferos (SGM, 1990). Más aún, la falta de un sistema adecuado de tratamiento de agua potencializa la contaminación de los acuíferos, ya que este tipo de agua es en muchos casos, una fuente para su recarga.

La presa se localiza entre los 20°51'43" de latitud norte y 101°17'10" de longitud oeste. Sus principales afluentes son el Río Guanajuato y el Río del Cubo los cuales conducen escurrimientos pluviales importantes a la presa durante la época de avenidas. Durante el estiaje, los escurrimientos hacia la presa se deben principalmente a aguas residuales (aguas negras y aguas de desecho provenientes de la actividad minera). Cabe mencionar que el agua del Río Guanajuato en la presa La Purísima es aprovechada en gran medida por el distrito de riego 011 Alto Río Lerma. La ubicación de la presa, sus afluentes y los pozos de Puenteillas se muestran en la Figura 1. Las flechas indican los pozos en estudio.

El sistema de pozos Puenteillas cuenta con 18 pozos, de los cuales 6 se encontraron fuera de operación. El Cuadro 1 muestra los pozos en estudio y algunos datos al inicio de su operación.

Cuadro 1. Características de pozos Puenteillas.

Pozo (#) en estudio	Nivel Estático (m)	Gasto (lps)
2	135.5	40
3	40	25
10	100	20
12	25	45
14	86.1	14
17	65.5	45

Es importante señalar que los pozos #12 y #14 se encuentran relativamente cerca del espejo del agua de la presa (aproximadamente a 150 y 200 m respectivamente) y que el análisis de los datos de sus niveles estáticos nos sugiere que la dirección del flujo del acuífero es perpendicular al flujo de la entrada del caudal del agua del Río Guanajuato y sus respectivos contaminantes a la presa, tratándose por consiguiente, de la interacción con un acuífero encontrado. No se tomaron muestras del Río del Cubo porque éste se encontraba sin caudal en el periodo de estudio y este coincidió con una prolongada sequía.

En la Figura 2 podemos observar **que** la cantidad de materia orgánica determinada como DBO₅, fósforo total y nitrógeno total disminuyen gradualmente, desde la confluencia del agua de la presa con el río, hacia el agua en el interior de la presa y orilla de la misma. En cualquier situación la presencia de materia orgánica y fósforo total, se encuentran en cantidades superiores a los límites máximos permisibles establecidos para cuando el agua es utilizada en la protección de la vida acuática. La cantidad de nitrógeno total se encuentra en los límites de esta norma. Estos límites, para muestras instantáneas, se señalan con líneas en la misma figura.

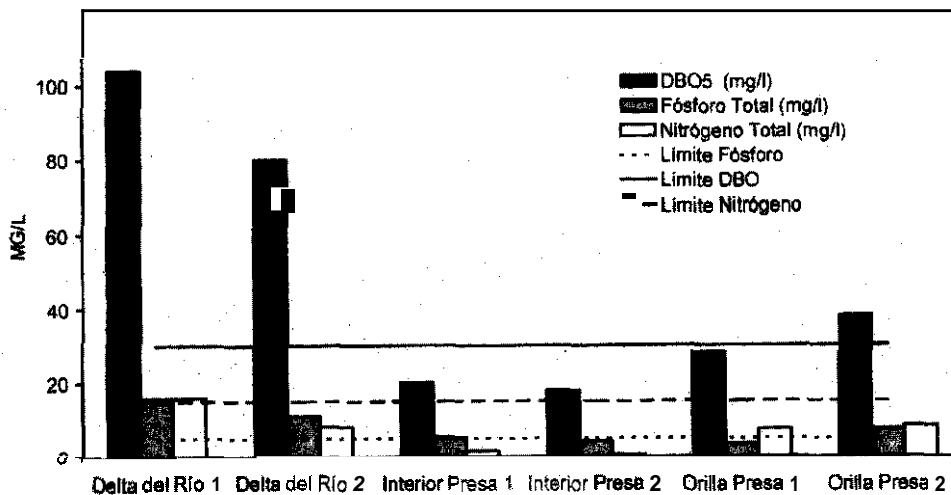


Figura 2. Contaminantes en la presa La Purísima (con límites para protección de vida acuática).

La Figura 3 nos muestra que la cantidad de materia orgánica como DBO, y fósforo total se encuentran en cantidades más elevadas en el agua de los pozos que colindan con la presa (#2, #14 y #17) en comparación con el agua de los pozos alejados de la misma (#2, #3 y #10), y a los que podemos referirnos como controles. La presencia de fósforo total en los pozos colindantes con la presa, se encuentra en cantidades que sobrepasa hasta más 20 veces al límite máximo permisible para considerar el agua como potable, siendo éste de 0.1 ppm. La cantidad de nitrógeno total en el agua de todos los pozos muestreados, se encuentra en los límites de 0.5 ppm que marca la norma para agua potable.

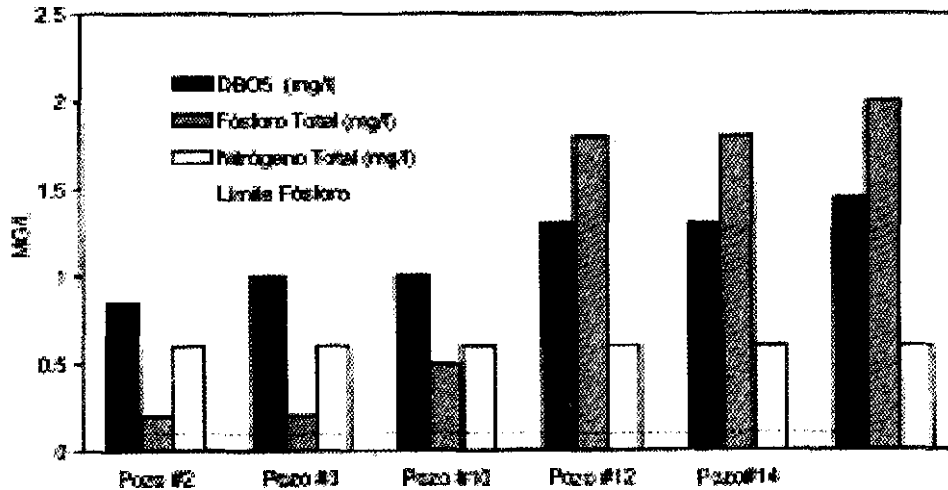


Figura 3. Contaminantes en Ins pozos Puenteillas (con límites para agua potable).

Parámetros Microbiológicos

En la Figura 4 se observa que los organismos coliformes totales y fecales se encuentran presentes en cantidades que sobrepasan los criterios para el agua residual que ha sido sometida a tratamiento, tanto en el agua de los puntos de confluencia de la presa con el río como en el agua del interior y orilla de la de la misma; mientras que los organismos coliformes fecales encuentran en mayor cantidad en los puntos de confluencia y con una tendencia a disminuir en el interior y orilla de la presa.

La Figura 5 nos muestra que los organismos coliformes totales están presentes en el agua de todos los pozos muestreados, aunque en mayor cantidad en aquellos que colindan con la presa (pozos #12 y #14); mientras que los organismos coliformes fecales no fueron detectados en ninguna de las muestras de agua provenientes de los pozos. Cabe señalar que en el cárcamo de bombeo no se detectaron ni organismos coliformes totales ni fecales, ya que en este punto el agua es sometida a un proceso de desinfección con cloro, para posteriormente ser distribuida a toda la red (datos no mostrados). En este punto se cumple con las normas microbiológicas para el agua potable, siendo éstas: menos de 2 NMP/100 ml de organismos coliformes totales y no detectable NMP/100 ml para organismos coliformes fecales.

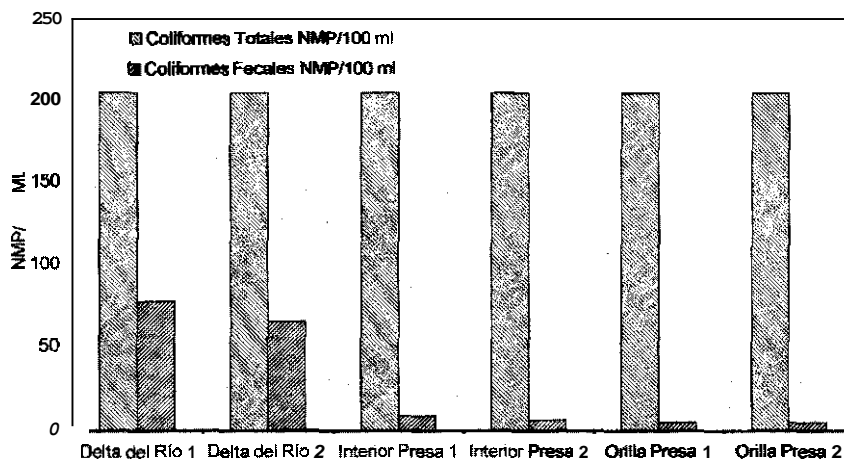


Figura 4. Bacterias en la presa La Purisima.

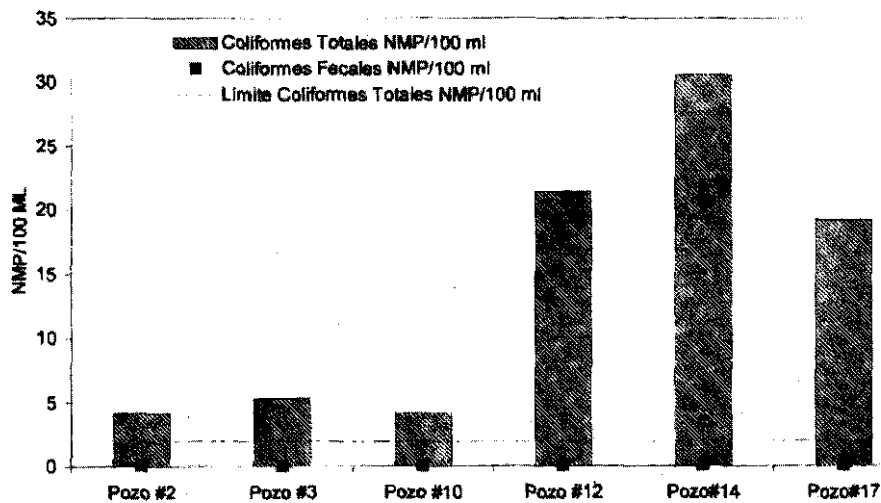
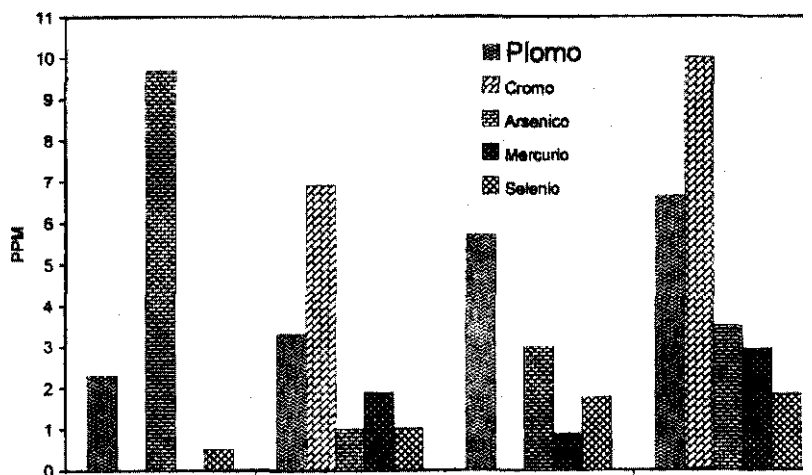


Figura 5. Bacterias en los pozos Puentecillas (con límites para agua potable).

Metales

En cuanto a la presencia de metales en agua y sedimento, tanto del delta del río como de la presa, la Figura 6 muestra que la cantidad de Plomo, Cromo, Arsénico, Mercurio y Selenio se encuentran en cantidades que sobrepasan los límites máximos permisibles, en muestras instantáneas, para que el agua sea utilizada en la protección de la vida acuática. También podemos observar que la cantidad de estos elementos es mayor en los sedimentos que en el agua. Cabe mencionar que no fue detectada la presencia de estos metales por encima de las normas establecidas en ninguno de las muestras de agua de los pozos en estudio (datos no mostrados). Los límites de metales máximos permisibles establecidos o recomendados tanto por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) como por la Organización Mundial de la Salud (OMS) se muestran en el Cuadro 2



Metal	Límite (ppm)
Plomo (Pb)	0.2
Cromo (Cr)	0.5
Arsénico (As)	0.1
Mercurio (Hg)	0.005
Selenio (Se)	0.01

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio, así como el nivel estático de los pozos muestreados, nos sugieren que la migración de las sustancias químicas altamente solubles y de poca afinidad a sedimentos, como los fosfatos, muestran una interacción encontrada con el acuífero correspondiente. Este transporte de contaminantes puede darse desde los sitios más profundos de la presa hacia el acuífero detectado a 57 m de profundidad, dado por el nivel estático y presión hidráulica del pozo #14.

Esto nos permiten inferir que se está llevando a cabo un proceso de contaminación en el sistema referido, promovido por la presencia de agua sin tratar vertida en el cuerpo receptor, la presa La Purísima, y que al mismo tiempo está impactando negativamente el acuífero con el que interactúa, el que a su vez abastece de agua por lo menos a los pozos Puente de las Cillas que colindan con dicha presa. Esto también explica de alguna manera la contaminación microbiológica detectada en los pozos.

En este escenario, la investigación y desarrollo de sistemas eficientes de tratamiento de aguas, juega un papel preponderante para la conservación de la salud humana y la protección de la vida acuática.

Agradecimientos

La realización de este proyecto se llevó a cabo gracias al apoyo brindado por la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad de Guanajuato, a través del programa de Fomento a la Investigación 1998-1999. Al apoyo brindado por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Guanajuato (SIMAPAG), Comisión Estatal del Agua y Saneamiento de Guanajuato (CEASG) y a los estudios preliminares del Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI) sobre la Simulación de la Calidad del Agua del Río Guanajuato.

Bibliografía

- APHA, AWWA, WPCF 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. USA.
- Martínez G, F. 1997. Estudios Geohidrológicos en el Estado de Guanajuato, *Aqua Forum*, Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Guanajuato. 7:9-12.
- Ortiz R., M.A. 1998. Programa Emergente para el Abastecimiento de Agua Potable a la Ciudad de Guanajuato, *Quanax Agua*, Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guanajuato. Año 2, No. 8.
- Patíño-Hernández, L.D. 1997. Tratamiento Biológico de Aguas Residuales: un Problema Biotecnológico. *Ciencia y Tecnología Guanajuato*, CONCYTEG, Gobierno del Estado. 3:17-22.
- Salomon, W. 1985. Sediments and Water Quality. *Environ. Technol. Letts.* 6:315-326.
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM-001-ECOL-1996 y NOM-092-SSA1-1994). *Diario Oficial de la Federación*. Gobierno de Mexico.
- SGM (Sociedad Geohidrológica Mexicana) 1990. Los Problemas Acuíferos en México. *Unión Mexicana de Asociaciones de Ingenieros*. Mexico.