

Propuesta de tratamiento al agua del pozo de extracción "Santa María Amajac" en San Salvador, Hidalgo

Contreras Contreras Ricardo*, Tapia Mota Doris Marlene, Chávez Argüello Oscar Roberto

Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Unidad Zacatenco. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Av. Miguel Bernard s/n. Edificio de Posgrado e Investigación, Zacatenco Ciudad de México, 07738.

*Autor para correspondencia: rcontreras@ipn.mx

Recibido:

04/junio/2016

Aceptado:

25/julio/2016

Palabras clave

Suelo, Ácidos Húmicos,
Extracción de AHs

Keywords

Soil, Humic Acids, HAS
extraction

RESUMEN

Objetivo, proponer un tratamiento adecuado y factible para resolver la contaminación del agua del Pozo de Santa María Amajac. Se analizaron los estudios de 3 pozos: Pacheco, Adelaido Azpeitia Gutiérrez y Santa María Amajac y el acuífero Actopan-Santiago de Anaya. Se definen los contaminantes que exceden los límites máximos permisibles. Con los resultados obtenidos, se determinan los contaminantes de mayor importancia y peligrosidad. Se definen los problemas que sufre la población y daños que podrían surgir. Metodología, Documental (referencias, estudios, resultados y distribución del agua) y de campo (zona de estudio, muestreo, caracterización y distribución del agua) y de campo (zona de estudio, muestreo, caracterización y distribución del agua, efectos en la salud, propuestas de tratamiento y diseño, resultados y conclusiones). Influencia del agua residual del riego, los contaminantes del pozo y definir los daños a la salud, son los resultados importantes. Se propone la ósmosis inversa para la potabilización.

ABSTRACT

Objective propose appropriate and feasible to solve water pollution of Santa Maria Amajac treatment. Pacheco, Adelaido Azpeitia and Santa Maria Gutierrez Amajac and the aquifer Actopan-Santiago de Anaya: Studies of 3 wells were analyzed. Contaminants that exceed the maximum permissible limits are defined. With the results, the most important pollutants and danger are determined. The problems facing the people and damages that could arise defined. Methodology. Documentary (rererences, studies, results and distribution of water) and field (study area, sampling, characterization and distribution of water, health effects, treatment proposals and design, results and conclusions). Influence of wastewater irrigation, contaminants and define well the damage to health are important results. Reverse osmosis for water treatment is proposed.



Introducción

México, país de grandes contrastes y carencias respecto al agua. La distribución del recurso es muy variable regionalmente, y se encuentra íntimamente ligada a la satisfacción de las necesidades sociales más básicas, la disponibilidad del agua en cantidad y calidad es una condición necesaria para hacer viable el desarrollo social, económico y ambiental de nuestro país.

Este desarrollo social se ha suscitado rápidamente, numerosas áreas urbanas y semiurbanas al expandirse traen consigo diversas problemáticas, el caso del crecimiento poblacional tiende a generar un cambio de vida, nuevos patrones y tradiciones, esto causa el cambio de uso de suelo, de la misma forma el abastecimiento de agua no previsto, trae consigo la escases de este recurso vital, incluyendo su distribución y el propio abastecimiento, provocando la sobreexplotación de la fuente que provee este recurso.

El municipio de San Salvador, Hidalgo, el agua suministrada a la población proviene mayormente de los acuíferos de la zona, el estado es conocido por su particularidad en el suelo, es decir; su alto contenido mineral, su principal actividad económica era la minería, esta actividad ha disminuido, el suelo contiene gravas calcáreas, rocas calizas, presencia de metales, entre otros, que son transmitidos al agua contenida en los acuíferos, en este caso en particular, en el acuífero "Actopan-Santiago de Anaya" (CONAGUA, 2014).

El agua que exceda los parámetros establecidos en cuanto a la calidad determinada para el consumo humano conlleva daños a la salud humana que pueden ir desde anemias, problemas gastrointestinales, trastornos nerviosos, lesiones cutáneas, entre otros, daños que no resultan notorios hasta pasado un tiempo determinado en el que los síntomas pueden presentarse, es por ello que inicialmente en diversas poblaciones no relacionan los daños que provocan a la salud con el agua que se consume.

Se establece la importancia del agua en México, principalmente la situación del agua subterránea en el país y en el municipio de estudio. Se describe la zona de estudio, su medio físico, social y económico, la ubicación de los pozos de extracción "Pacheco de Allende", "Adelaido Azpeitia" y "Santa María Amajac", y del acuífero que los abastece; Actopan-Santiago de Anaya. Se aborda la calidad del agua correspondiente a la zona en general y al mismo acuífero.

Se indican las condiciones actuales de cada uno de los pozos, anteriormente mencionados, en cuanto a la

calidad de agua y los sistemas de tratamiento que emplean. Se advierte los daños a la salud ocasionados por la contaminación existente en el acuífero y por el agua que es distribuida por el pozo de Santa María Amajac. Culminando en la propuesta de tratamiento para el estudio de caso; Pozo de extracción Santa María Amajac.

El estudio tiene como objetivo proponer un tratamiento adecuado para resolver la contaminación existente en el agua proveniente del Pozo de extracción de Santa María Amajac en el municipio de San Salvador, Hidalgo.

Problema

Falta de tratamiento del agua utilizada para el consumo humano y las consecuencias generadas a la población por el consumo del agua proveniente del pozo de extracción Santa María Amajac en el estado de Hidalgo.

Justificación

Hidalgo es uno de los estados que cuentan con una importante cantidad de agua subterránea y de muy buena calidad, sin embargo; la mayoría de esta es afectada por el suelo rico en minerales en que es contenida y más aún por la influencia del agua residual cruda proveniente del Valle de México en contribución con el agua residual del mismo municipio y que es utilizada para el riego agrícola en la zona.

Esta práctica se lleva a cabo desde hace más de 80 años y ha ocasionado una infiltración incidental (no intencionada) que en ocasiones asciende a 25 m³/s, adicionando diversos tipos de contaminantes presentes en las aguas residuales al agua subterránea de los acuíferos.

Esto afecta considerablemente su calidad y al ser consumida sin ser tratada previamente como es el caso, ocasiona daños a la salud en la población, enfermedades que figuran en las estadísticas del Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Hidalgo (IEGEH) denotando que las principales enfermedades del municipio de San Salvador y del estado de Hidalgo son las de tipo respiratorias y gastrointestinales (Infecciones Intestinales por otros organismos, gastritis, úlceras, amebiasis y por protozoarios) ocasionadas por el consumo de este tipo de agua.

Objetivo

Proponer un tratamiento adecuado al agua proveniente del pozo de extracción "Santa María Amajac" en San Salvador, Hgo.

Metodología

Para la realización de este estudio primero se realizó una visita a la Comisión de Agua y Alcantarillado del municipio de San Salvador en el estado de Hidalgo (CAAMSSH), en la cual nos brindaron todo su apoyo. En una segunda visita se formalizó esta cooperación mediante un oficio realizado para este fin. La metodología que se empleara para la realización y cumplimiento de los objetivos.

Investigación de campo: Se realizó un reconocimiento visual de la zona de estudio con un enfoque principal al pozo de extracción de agua ubicado Santa María Amajac, las parcelas aledañas se riegan con agua residual. Se realizó una toma de muestra del agua extraída del pozo y se midieron los parámetros físicos como la temperatura, olor, color, sabor, pH, sólidos sedimentables y conductividad eléctrica.

Investigación documental: Colección de datos estadísticos para la interpretación de la situación actual de la población, la distribución de agua proveniente del pozo en estudio. Se consultó el sistema de la Red de Monitoreo de la calidad del agua. Se obtuvo un primer criterio de la calidad del agua, se continuó con los antecedentes del estado de Hidalgo y del Valle del Mezquital al que pertenece el municipio de San Salvador.

Información de la recarga de acuífero Actopan-Santiago de Anaya para establecer la influencia del agua residual en la calidad del agua de este acuífero. Permisos de concesión de los pozos y su distribución. La Secretaría de Salud de Hidalgo nos informó los casos existentes por estas afectaciones en la población.

Se realizaron las determinaciones para los parámetros establecidos y tratamientos según la NOM-127-SSA1-1994.

Propuesta y diseño de: proceso de tratamiento de osmosis inversa y cloración.

Resultados y discusión

Pozo Santa María Amajac

El pozo de extracción Santa María Amajac, es un pozo de gran importancia, pues abastece a 11 localidades con el beneficio a más de 10,170 habitantes, en comparación con los pozos aledaños que distribuyen de 3 a 5 localidades máximo y con un beneficio entre 3000 y 4000 habitantes. (CONAGUA, 2014).

Distribuye a las poblaciones de Santa María Amajac, Casa Blanca, San Antonio Zaragoza, Poxindejhe, Bocaja, El Colorado, El Fresno, El Tablón, El Rincón, Tothie, y Puerto Tothie, por lo que es de entenderse que las repercusiones a causa de la ausencia de tratamiento alguno afectan sustancialmente el bienestar poblacional.

Contaminación en el acuífero Actopan-Santiago de Anaya

En el acuífero Actopan-Santiago de Anaya se han realizado diversos estudios hidrógeoquímicos para conocer la calidad del agua, por otra parte, los estudios realizados para determinar los efectos del uso de las aguas residuales de la Ciudad de México sobre el agua subterránea del Valle del Mezquital, determinando la influencia del agua residual utilizada para el riego sobre la recarga del acuífero y conocer los impactos que está generando a las fuentes de agua subterránea.

En este caso la práctica principal que afecta la calidad del agua del acuífero Actopan-Santiago de Anaya, es el riego agrícola con agua residual cruda, el riego por inundación que se lleva a cabo genera que el exceso de agua se infiltre al subsuelo desde la fuente de abastecimiento y por todo el sistema de distribución de canales no revestidos hasta llegar a la parcela contaminando los acuíferos, aun en sistemas de riego muy eficientes, favoreciendo la recarga artificial.

El acuífero tiene una aportación de recarga inducida directa de los excedentes de riego agrícola, de más del 30% sin considerar las infiltraciones que se tienen en los canales de conducción, por lo que se estima que cerca del 40% - 45% del agua residual cruda utilizada para el riego agrícola afecta directamente la calidad de agua del acuífero (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Aportaciones de recarga incidental al acuífero Actopan-Santiago de Anaya (SEMARNAT/CONAGUA).

Tipo de Recarga	hm ³ anuales	%
Excedentes del Riego Agrícola	48.6	31.6
Infiltración de los canales de distribución de agua superficial	96.9	63
Fugas en la red de agua potable y alcantarillado	8.1	5.4
Total	153.6	100

Tabla 2. Parámetros varios del acuífero (CONAGUA 2015).

Parámetro	Resultado	LMP NOM-127-SSA1-1994
SAAM	0.478 a 4.716	0.5 mg/l
STD	755 a 1326	1000 mg/l
Arsénico	0.034 mg/l ¹	0.025 mg/l
Sodio	397 mg/l ²	200 mg/l
Nitratos	30.4 mg/l	10 mg/l
Radioactividad	0.102 a 0.795	0.56 Bq/l
Coliformes	Presentes	No

Contaminación en los pozos y tratamientos

Los pozos de extracción Adelaido Azpeitia Gutiérrez, Pacheco de Allende, San Salvador y Santa María Amajac se encuentran localizados en el Municipio de San Salvador, Hgo.

Tabla 3. Parámetros físicos, químicos, inorgánicos y microbiológicos de los Pozos de Extracción (CONAGUA/CEAyAH 1994-2013).

Parámetro	Con- NOM 127	AdelaidoAzpeitia	Pozo Pacheca	San Salvador	Santa María
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	1000 mg/L	1300 mg/L	728 mg/L	1159 mg/L	1019 mg/L
Cloruros (Cl)	250 mg/L	275 mg/L	144.9 mg/L	327.42	205 mg/L
Bario (Ba)	0.7 mg/L	1.4 mg/L	-	0.1 mg/L	0.9 mg/L
Coliformes Fecales (CF/E)	1.1 NMP/100ml	<1 NMP/100ml	-	<30-88 NMP/100 mL	0
Coliformes Totales (CT)	ND	<1 NMP/100ml	-	<3-700 NMP/100 mL	1NMP/100 mL
Fierro (Fe)	0.3 g/L	0 mg/L	1.88 mg/L	<0.025-0.09 mg/L	0.12 mg/L
Plomo (Pb)	0.01 mg/L	0 mg/L	0.0559 mg/L	0.014-0.63mg/L	0 mg/L
Nitratos (N-NO ₃)	10 mg/L	0.8 mg/L	-	19 mg/L	2.5 mg/L
TRATAMIENTO EXISTENTE	-	CLORACIÓN	sistema de filtros con cloración	CLORACIÓN	SIN TRATAMIENTO

¹Valor máximo de arsénico obtenido de las muestras del agua subterránea.

²Valor máximo de sodio obtenido de las muestras del agua subterránea.

Todos estos cuentan con estudios de calidad del agua y con un sistema de cloración como único tratamiento en la mayoría de ellos, método de tratamiento que permite eliminar de forma sencilla y a poco costo la mayor parte de los microbios, las bacterias, los virus y los gérmenes responsables de enfermedades, pero es incapaz de destruir ciertos microorganismos patógenos y otros componentes, por lo que no es un tratamiento suficiente para disponer de ella como agua de consumo humano como los mostrados en la tabla 3.

Daños a la salud

La recarga incidental que afecta al agua proveniente del acuífero Actopan-Santiago de Anaya asciende a 25 m³/s, rebasando en ocasiones la recarga natural hasta por más de 13 veces, dominando el flujo subterráneo, afectando con ello los niveles piezométricos del agua que hoy en día conceden sitios donde el agua subterránea se encontraba a 50 m de profundidad y que hoy afloran como manantiales (British Geological Survey, 1998.)

Tal es el caso del Pozo AdelaidoAzpeitia Gutiérrez que ya es de tipo brotante, estos casos inducen al agua a encontrarse nuevamente expuesta a los contaminantes que permanecían retenidos en el suelo y subsuelo como: la materia orgánica (MO), fósforo (P), nitrógeno (N), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), metales pesados (MP) e incluso contaminantes emergente (fármacos y hormonas), presentando ya problemas de alta salinidad y elevada conductividad eléctrica que dañan la salud de los consumidores (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Efectos sobre la salud por la influencia del agua residual cruda.

Infección	Vía de Infección	Daño a la salud
Ascarislumbrioides	Inhalación o consumo de alimentos y agua contaminada.	Mortalidad por obstrucción intestinal, desnutrición, retardo en el crecimiento de niños y jóvenes, apendicitis, pancreatitis, abscesos y perforaciones intestinales, peritonitis.
Entamoebahistolitica	Consumo de agua y alimentos contaminados	Colitis, absceso hepático extraintestinal
Giardialambliia	Ingesta de alimentos y agua contaminada con materia fecal	Diarrea acuosa o pastosa, dolor epigástrico, anorexia, distensión abdominal, urticaria, pérdida de peso, y deficiencia en el crecimiento y desarrollo infantil.

Tabla 5. Compilación de los efectos sobre la salud por contaminante (EPA 2015).

Contaminante	Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC	Fuentes de contaminación comunes en agua potable
Arsénico	Lesiones en la piel, trastornos circulatorios, alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de petróleo, retardadores de fuego, cerámicas, productos electrónicos, soldaduras.
Bario	Aumento de presión arterial y parálisis.	Aguas con residuos de perforaciones, efluentes de refinerías de metales, erosión de depósitos naturales.
Plomo	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales e hipertensión	Corrosión de cañerías en el hogar, erosión de depósitos naturales.
Nitrato	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitratos que el LMP, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes, percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado, erosión de depósitos naturales.
Actividad bruta de partículas alfa	Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales de ciertos minerales que son radiactivos y pueden emitir radiación conocida como radiación alfa.
Coliformes totales (incluye coliformes fecales y E. coli)	Por sí mismos, los coliformes no constituyen una amenaza para la salud; su determinación se usa para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias, virus y parásitos nocivos.	Los coliformes se presentan naturalmente en el medio ambiente, los coliformes fecales y la E. coli provienen de heces fecales de humanos y de animales.

Tratamiento propuesto de Osmosis Inversa

En la Osmosis Inversa el agua es forzada a pasar a través de una membrana que permite el paso de las moléculas de agua, pero retiene los otros componentes contenidos en ella, por la aplicación de una presión ejercida sobre el agua que contiene la solución de mayor concentración y que depende del tipo de membrana y la concentración de los contaminantes hacia una solución más diluida hasta alcanzar un equilibrio entre soluciones dando lugar a la osmosis, pero si esta presión fuese mayor a la osmótica, la membrana actúa de barrera rechazando las sales y/o moléculas, obteniendo una corriente libre de sales y la otra concentrada en ellas, llamadas flujo permeado y flujo rechazo respectivamente. En este caso por el tipo de contaminantes presentes en el agua resulta el tratamiento más adecuado para el agua extraída del Pozo de Santa María Amajac y garantizar el suministro de agua verdaderamente potable, evitando repercusiones futuras a la salud de la población que consume de esta agua y reducir con ello las enfermedades gastrointestinales que causa su consumo por la influencia del agua residual ocupada para el riego agrícola en la zona. Como medida de seguridad se ha de establecer un tratamiento adicional por cloración, para eliminar la contaminación por agentes microbiológicos, principales causantes de las enfermedades gastrointestinales, y que afectan mayormente a la población de la región.

Conclusiones

Se cumplió con la propuesta del tratamiento adecuado al agua proveniente del pozo de extracción debido a su contenido de materia orgánica y otros contaminantes es necesario la aplicación del tratamiento "osmosis inversa" después de la extracción de agua y posteriormente llevar a cabo la cloración para garantizar la potabilización y así evitar afectaciones futuras a la salud de los consumidores.

-La influencia del agua residual cruda sobre el acuífero Actopan-Santiago de Anaya es de más del 30% o hasta 25 m³/s de agua residual cruda como recarga incidental, afectando considerablemente la calidad del agua subterránea.

-Existe contaminación en el agua suministrada por el pozo de extracción de Santa María Amajac a causa de la influencia del agua residual cruda y por fuentes naturales que la hacen no apta para el consumo humano según la NOM-127-SSA1-1994.

-Los parámetros presentes en el agua del acuífero más peligrosos para la salud son el plomo, el arsénico y los



nitratos además de los parámetros de tipo microbiológico, aunque también hay presencia de sólidos disueltos totales (SDT), cloruros, bario (Ba), fierro (Fe), sustancias activas al azul de metileno (SAAM), Sodio (Na), y alta conductividad eléctrica, que rebasan los límites máximos permisibles (NOM-127-SSA1-1994), para el agua de consumo humano.

-Las repercusiones a la salud de la población que ya persisten por el consumo del agua que no tiene ningún tratamiento antes de su distribución, son enfermedades gastrointestinales como la Amediasis, Ascariasis y Gardiasis entre las principales, no obstante, los contaminantes presentes también causan lesiones en la piel, afectaciones al sistema nervioso, enfermedades respiratorias, cáncer y retardo en el desarrollo físico y mental de los niños. Finalmente es sumamente necesario un tratamiento previo a la distribución del agua proveniente del pozo de extracción de Santa María Amajac.

Recomendaciones

-Monitorear continuamente el acuífero en cuanto a su calidad de agua, debido a que las concentraciones de los contaminantes pueden incrementarse en función de la relación; recarga natural e incidental (agua residual cruda) y explotación.

-Realizar campañas para promover el uso racional del agua residual en la agricultura de la zona y evitar con ello el deterioro progresivo del agua en el acuífero Actopan-Santiago de Anaya. Por último Cumpliendo lo propuesto en el título de esta tesis, el agua utilizada para el consumo humano proveniente del Pozo de Extracción de Santa María Amajac no debe ser solo clorada como en la mayoría de los Pozos de extracción en el municipio de San Salvador debido a su contenido de materia orgánica y otros contaminantes, por lo que se recomienda la aplicación del tratamiento "osmosis inversa" después de la extracción de agua y posteriormente llevar a cabo la cloración para garantizar la distribución de agua potable y evitar las afectaciones a la salud de los consumidores.

Referencias

Berrueta D.T. (2015). *UNAM (Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina)*. Recuperado el 2015, de <http://www.facmed.unam.mx/>

BGS, British Geological Survey, CAN, London School of hygiene and tropical Medicine and University of Birmingham. Department for International Development. (1998). *Impacto del Uso de las Aguas Residuales sobre el Agua Subterránea en el Valle del*

Mezquital/Impact of Wastewater Reuse on Groundwater in the Mezquital Valley, Hidalgo State, Mexico. Edo. Hidalgo.

CAAMSSH. (2005). *Informe Pozo Pacheco*. Pachuca Hgo.

CEAAH. (2008). *Informe Pozo Santa María Amajac*. Pachuca, Hgo.

CEAAH. (2008). *Informe Pozo AdelaidoAzpeitiaGutiérrez*. Pachuca, Hgo.

Comisión Nacional del Agua. (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Actopan-Santiago de Anaya (1313), Estado de Hidalgo*. México D.F.

Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. (1999). Norma oficial mexicana nom-127-SSA1-2000, agua para uso y consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua y requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, su control y vigilancia. . D.F., México.

CONAGUA. (2014).

Enrique Cifuentes, U. B.-P. (1994). *Salud Pública en México*. Recuperado el Febrero de 2015, de <http://bvs.insp.mx/rsp/informes/>

Environmental Protection Agency (EPA). (1999). *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales, Desinfección con cloro*. Washington, D.C., E.U.A.

Instituto de Información Estadística y Geográfica del estado de Hidalgo. (2014). *Información Básica Municipal San Salvador*. Hidalgo.

Instituto de Información Estadística y Geográfica del estado de Hidalgo. (2014). *Información Básica Regional Región VII Actopan*. Edo. Hidalgo.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. México D.F.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua. (2014). *Atlas del Agua en México*. México D.F.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua. (2014). *Estadísticas del Agua en México*. México D.F.

Secretaria de Salud. (2015). *Boletín Epidemiológico*. México.

SEMARNAT, GOBIERNO FEDERAL. (2008). *Diagnóstico del uso de las aguas residuales en la agricultura en México*. México.