

Metales pesados en agua de pozo para consumo humano

Félix Israel Lezama Ávila¹, Omar David Cruz González², Rubí Matilde Santos Hernández¹,
Mariela Jiménez González¹, Edmundo Zavala Ríos³, Socorro Méndez Martínez⁴,
Máximo Alejandro García Flores¹, Israel Aguilar Cozatl³

¹Centro de Estudios Superiores de Tepeaca.

²Hospital Militar Puebla.

³Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Salud en el Trabajo.

⁴Instituto Mexicano del Seguro Social OOAD, Coordinación de Planeación y Enlace Institucional, Puebla.

Resumen

INTRODUCCIÓN: Los metales pesados (plomo, mercurio y arsénico), son altamente tóxicos al ser humano, su presencia puede causar alteraciones en el organismo, además de, bioacumulación. En comunidades pequeñas aún usan agua de pozo; susceptibles a contaminarse. 90% de la población de Tochtepec utiliza agua de pozo, cercano al río Atoyac, altamente contaminado. **OBJETIVO:** Determinar los niveles de metales pesados en agua de pozo, dentro de lo permitido según normas establecidas en México. **MATERIAL Y MÉTODOS:** Estudio observacional, realizado en agua de pozo, midiendo los niveles de metales pesados mediante métodos analíticos NMX-AA-051-SCFI-2016, por espectrómetro de Laboratorio de Sistemas de Ingeniería Ambiental se midió arsénico, plomo y mercurio, El estado fisicoquímico se analizó por el método NMX-AA-072-SCFI-2001, con clave de inventario VOBM050-A-001 con número de serie 553, sin modelo. Otras variantes medidas fueron pH, cloruro, bicarbonatos y carbonatos, sólidos disueltos y sulfatos. En relación en el estudio microbiológico este se realizó por los métodos establecidos por la NOM-210-SSA1-2014. **RESULTADOS:** Un total de tres muestras analizadas colectadas del pozo de Tochtepec mostraron niveles de metales pesados dentro de la Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994. El estado fisicoquímico se encontró dentro de los parámetros de normalidad, el análisis microbiológico no encontró bacterias coliformes. **CONCLUSIÓN:** La evaluación de metales pesados, estudio bacteriológico, dureza total y pH no sobrepasaron los niveles referenciados por la NOM-127-SSA1-1994 para agua para uso y consumo humano. Se recomienda monitoreo del agua para consumo humano. Además de implementar un tratamiento de agua específico para eliminación completa de metales pesados.

Abstract

INTRODUCTION: Heavy metals (lead, mercury, arsenic) are highly toxic to human, can cause damage in body, as well as bioaccumulation. In small communities, they still use well water, susceptible to contamination. 90% of population of the Tochtepec uses well water, close to highly polluted Atoyac river. **OBJECTIVE:** To determinate, if levels of the heavy metals in well water are allowed what is according to standards established in Mexico. **MATERIALS AND METHODS:** Observational study, carried out in well water, measuring the levels of the heavy metals through analytical methods NMX-AA-051-SCFI-2016, by spectrometer of the environmental engineering systems laboratory, arsenic, lead and mercury were measured, the physicochemical state was analyzed by the method NMX-AA-072SCFI-2001, with inventory code VoMB050-A-001 with serial number 553, without model. Other variants of measurements were PH, chloride, bicarbonates and carbonates, dissolved solids and sulfates. In relation to the microbiological study, this was carried out by methods established by NOM-210-SSA1-2014. **RESULTS:** Three analyzed samples collected from de Tochtepec well water, showed levels of heavy metals within the official Mexican standard NOM-127-SSA1-1994. The physicochemical state was found within normal parameters; the microbiological analysis did not find coliform bacteria. **CONCLUSION:** The evaluation of: heavy metals, bacteriological study, total hardness and PH did not exceed to levels referenced by NOM127-SSA1-1994 for water for human use and consumption. Monitoring of water for human consumption are recommended. In addition to implementing a specific water treatment for the complete removal of heavy metals.

Palabras Clave: metales pesados; ambiente; prevención primaria; seguimiento de parámetros ecológicos; salud pública.

Keywords: heavy, metals; environment; primary prevention; ecological parameter monitoring; public health.

1. INTRODUCCIÓN

La comunidad de Tochtepec, es uno de los 217 municipios pertenecientes a Puebla, escrito en náhuatl “el cerro de los conejos”, se localiza en la parte central del estado. Sus coordenadas geográficas son paralelos 18°47’16” y 18°54’06” de latitud norte y los meridianos 97°48’06” y 97°53’18” de longitud occidental. Tiene un tipo de suelo regosol y cambisol, es decir que son pobres en nutrientes, por lo cual deben ser sometidos a fertilización, por ser suelo arcilloso. Su clima es subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 12 a 18 °C. Cuenta con 1 pozo el 80% del líquido es de uso para la población y el otro 20% para rancherías y empresas privadas, el pozo central del que se abastece la mayor parte de la población cuenta con una vena desembocada del río Atoyac, uno de los principales ríos con mayor contaminación, debido a que es en el río de descarga de desechos industriales, residuales y de actividades humanas [1-6].

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Protección ambiental de los Estados Unidos, se estima que existen alrededor de 1,400 millones de kilómetros cúbicos de agua en el planeta, y solo 2.5% corresponden a agua dulce. El crecimiento poblacional ha orillado a buscar más recursos ocasionando una sobre explotación de acuíferos, para poder solventar las necesidades industriales, creando más desechos tóxicos orgánicos e inorgánicos, y que producen depósitos en suelo, aire y agua, que al mezclarse con el agua generan nuevas sustancias que, de no darles un tratamiento óptimo se convertirán en pasivos ambientales generando problemas de salud pública. Se calcula que utilizamos alrededor de 4,000 y 8,000 sustancias que están bajo sospecha de toxicidad, y, hasta un 45% de los alimentos consumidos presentan residuos tóxicos [7-11].

Los metales pesados son aquellos que tienen una densidad de más de 5g/cm³, como el Plomo, Mercurio, Aluminio, Arsénico, Cadmio y Níquel, que, al ser absorbidos, estos se acumulan en el organismo causando daño orgánico, ya que no pueden ser degradados ni destruidos por el organismo. Su mecanismo de intoxicación aún es desconocido, pero se sabe que producen inhibición enzimática, afecta el metabolismo antioxidante y el estrés oxidativo. Generando daño a la salud, por la formación de radicales libres, dañando al DNA, peroxidación lipídica y depleción proteica [12,13].

Los análisis para cada uno de los metales pesados varían según la medición que se requiera; la guía de práctica clínica en diagnóstico y tratamiento de la Intoxicación por metales: Plomo, Mercurio, Arsénico y Talio, dice que la prueba diagnóstica más importante y confiable es la medición de las concentraciones de arsénico > 50 ug/l en orina de 24 horas, o bien: >1 mg/kg en pelo y uñas o en exposiciones en los últimos 6 a 12 >3 ug/dl en sangre en las primeras 24 a 48 horas [14]. Ahora, para un análisis de agua, se requiere que las mediciones estén dentro de la norma NMX-AA-051.SCFI-2001 [15]. Algunos metales son esenciales y otros afectan adversamente a los consumidores de este vital líquido y a sistemas de tratamiento de aguas residuales y cuerpos de agua Esta Norma Mexicana establece que el método de espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de metales disueltos, totales, suspendidos y recuperables en aguas naturales, potables, residuales y tratadas. Esta se basa en la generación de átomos en estado basal y en la medición de la cantidad de energía absorbida por los mismos. La cual es directamente proporcional a la concentración de la muestra analizada [16]. Otra prueba que se encuentra en la norma NMX-AA-072-1981 específica el procedimiento para determinación de dureza en agua por titulación, esta, se entiende como la capacidad de un agua para precipitar al jabón y esto está basado en la presencia de sales de los iones calcio y magnesio. La dureza es la responsable de la formación de incrustaciones en recipientes y tuberías lo que genera fallas y pérdidas de eficiencia en diferentes procesos industriales como las unidades de transferencia de calor. El término dureza se aplicó en principio por representar al agua en la que era difícil (duro) de lavar y se refiere al consumo de jabón para lavado, en la

mayoría de las aguas alcalinas esta necesidad de consumo de jabón está directamente relacionada con el contenido de calcio y magnesio [17]. Otra medición, como lo refiere el manual práctico de análisis de agua para la prueba bacteriológica del agua, es determinar la existencia de agentes coliformes totales, coliforme termo tolerantes y bacterias heterotróficas [18,19].

La espectrometría de emisión atómica de plasma acoplada inductivamente (ICP-AES) se puede utilizar para determinar oligoelementos en solución. Con la excepción de las muestras de agua subterránea, todas las matrices acuosas y sólidas requieren digestión ácida antes del análisis. Las muestras de agua subterránea que han sido prefiltradas y acidificadas no necesitarán ácida digestión. Las muestras que no se digieren requieren un patrón interno o deben emparejarse en matriz con los patrones. Si se emplea cualquiera de las opciones, se debe programar el software del instrumento [20].

2. METODOLOGÍA

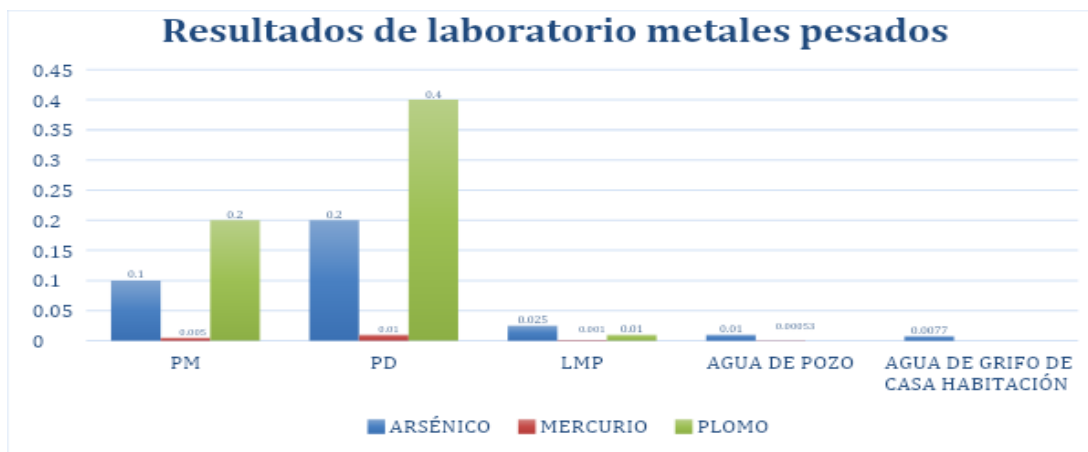
Estudio comparativo, observacional, transversal prospectivo, realizado en el agua del pozo al que se le evaluó, la presencia de metales pesados mediante métodos analíticos NMX-AA-051-SCFI-2016, EPA 6010 C-2007, además mediante el espectrómetro del Laboratorio de Sistemas de Ingeniería Ambiental se midió arsénico, plomo y mercurio, El estado fisicoquímico se analizó por el método NMX-AA-072-SCFI-2001 el cuál es un estudio volumétrico donde se utilizó una bureta automática identificada con clave de inventario VOBM050-A-001 con número de serie 553, sin modelo. Otras variantes que fueron medidas son el pH, el cloruro, los bicarbonatos y carbonatos, los sólidos disueltos y sulfatos. En relación en el estudio microbiológico este se realizó por los métodos establecidos por la NOM-210-SSA1-2014 con un mínimo de 500mL de muestra para metales genéricos, en un envase de polietileno o polipropileno. Para la determinación de mercurio, arsénico o plomo deberá ser una toma mínima de 250mL en envases separados con llenado al tope. Su tratamiento en metales disueltos o suspendido tanto la muestras, así como los blancos deben filtrarse a través de una membrana de poro de 0.45 micras previamente lavada con una disolución de ácido nítrico (1%) y enjuagando con agua. Para su preservación se añadirá ácido nítrico concentrado hasta obtener un pH <2. Todas las muestras deben refrigerarse a 4° C hasta su análisis. Para análisis de metales con respecto a trazas en aguas naturales deben preservarse con ácido nítrico 4 grados superior o equivalente. Las mediciones serán del pozo de agua obtenida directamente del pozo de Tochtepec y otra, obtenida de un grifo de agua de un grifo de casa, las cuales se compararán conforme los lineamientos de límites permisibles en estados físico químicos y bacteriológicos. En el periodo de agosto 2020 a enero 2021.

3. RESULTADOS

Los niveles de metales pesados en este estudio se encontraron dentro de los límites permitidos, respetando la Norma oficial mexicana 127, en la que establece los límites permitidos diarios, mensuales y máximos, en la muestra de pozo encontramos los niveles de: plomo: <0.005 mg/l, arsénico: 0.01 mg/l, mercurio: 0.0053 mg/l. Los niveles de metales pesados obtenido de agua de grifo de casa habitación fueron: plomo: < 0.005 mg/l, arsénico: 0.077 mg/l y mercurio: <0.0005, Gráfica 1.

La comparación de los resultados de nuestro estudio con la norma oficial mexicana 127, determina que los niveles se encuentran dentro de los parámetros normales en el estado físico químico, el pH se encontró dentro

de los límites permisibles, además de que no hubo presencia de agentes microbiológicos en ninguna de las dos muestras, Tabla 1.



Gráfica 1. Resultados de laboratorio en metales pesados.

Los niveles de metales pesados analizados se encuentran por debajo de los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana 127.

Tabla 1. Comparación de resultados analizados vs norma oficial mexicana 127.

Elementos	Niveles encontrados en agua de pozo	Niveles encontrados en agua del grifo de agua	Norma 127
Estudio microbiológico	No detectables	-No detectables	No detectables
Dureza total del suelo	-384	384	500.00 mg/l
pH	7.0	-7.0	6.5-8.5

Los resultados en guión analizados se realizaron mediante un laboratorio clínico, lo cual dio una variación en cuanto a la medición, sin embargo, se encontraron dentro de los límites permisibles.

4. DISCUSIÓN

Un estudio realizado en Puebla en el 2016, analizó los metales pesados en el río Atoyac, Alseseca y también la presa de Valsequillo, donde encontraron altos índices, principalmente de plomo en el río Atoyac, cobre, plomo y estroncio en la presa de Valsequillo, los autores concluyen que estos índices se deben principalmente a la proximidad con las rocas volcánicas del Popocatepetl, lo que hace aumentar los índices de metales pesados; sin embargo en nuestro estudio, a pesar de que hay una vena del río Atoyac cercana, el proceso de saneamiento en el municipio de Tochtepec disminuye los niveles de metales pesados, lo que no permite que haya efectos tóxicos en el organismo [21].

En este trabajo los metales pesados estuvieron dentro de la NOM, en contraste con lo mencionado por Anda y cols., quienes reportaron alto contenido de metales pesados, que puede afectar la biodiversidad, agricultura, ganadería y salud humana [22]. En este estudio el pH se reportó dentro de los límites permitidos a diferencia del presentado por Pérez Díaz-y cols., que fue alto, sin limitación para uso urbano y de riego. Por otro lado, nosotros en el estudio microbiológico no encontramos Coliformes fecales a diferencia de lo analizado por Guzmán y cols., en 17 pozos, de los cuales 2 presentaban contaminación de Coliformes fecales y se infiere contaminación por el fenómeno de subsidencia [24]. También Niparajá, reportó en 500 pozos rurales de Baja California que el 42% presentaron E. Coli lo que indica contaminación fecal [25].

5. CONCLUSIÓN

De acuerdo con el presente estudio, los niveles de MT se encuentran por debajo de los límites permitidos, además de ello, no se detectaron bacterias coliformes fecales o agentes biológicos nocivos para la salud y el pH dentro de los parámetros normales, la dureza del agua respetando los lineamientos establecidos en la norma. Esto permite prevenir la intoxicación a corto y largo plazo, así como las infecciones por agentes coliformes, a pesar de que no se puede detener la acumulación de MT en el organismo, si puede aumentar el tiempo de acumulación de éstos, realizando la monitorización constante, por medio de estudios que permitan determinar si el agua es de calidad para el consumo humano.

REFERENCIAS

- [1] Tochtepec, Puebla [Internet]. Guiaturisticamexico.com. [citado el 31 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.guiaturisticamexico.com/municipio.php?Id_e=21&id_Municipio=02418
- [2] Arenas González MF, Faustino González M, Morelos Galicia MDR. Centro de cultura e historia de Tochtepec Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2021.
- [3] Db-city.com. [citado el 31 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://es.db-city.com/M%C3%a9xico--Puebla--Tochtepec#contact>
- [4] Ign.es. [citado el 31 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.ign.es/espmap/mapas_bio_bach/pdf/Bio_Mapas_02_texto.pdf
- [5] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos, Tochtepec, Puebla [Internet] 2009 [consultado 19 de julio 2020] disponible en http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21189.pdf
- [6] Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Base referencial mundial del recurso suelo, un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. [Internet] 2008 [consultado 05 de agosto 2020] disponible en <https://www.fao.org/3/a0510s/a0510s.pdf>
- [7] Conagua, Semarnat. Agua, s/f [Internet] [consultado 9 de junio 2020] disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap6_agua.pdf Vargas F.
- [8] La contaminación Ambiental como factor determinante de la salud [Internet] 2005 [consultado 16 de junio de 2022] isponible en https://www.msrebs.gob.es/bibliopublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/vol79/vol79_2/RS792C_117.pdf
- [9] Valls J. M. La contaminación y la salud. Análisis de los determinantes ambientales de la salud: contaminación química interna, radiaciones no ionizantes, la contaminación del agua, la producción industrial de los alimentos y la salud, patologías emergentes y cáncer de mama [Internet] 2011 [consultado 18 de junio de 2020] disponible en https://www.caps.cat/images/stories/caps/LA_CONTAMINACION_Y_LA_SALUD.pdf
- [10] United States Environmental Protection Agency. (2000, noviembre). METHOD 6010C INDUCTIVELY COUPLE D PLASMA – ATOMIC EMISSION SPECTROM E T R Y. [C o n s u l t a d o 18 de Agosto de 2022] Disponible en: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/2000_national_water_quality_inventory_report_to_congress.pdf
- [11] Norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994, “salud ambiental, agua para uso y consumo humano - límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su POTABILIZACION”. (2000). C o n s u l t a d o 18

de Agosto de 2022, disponible en:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?Codigo=2063863&fecha=31/12/1969#gsc.tab=0

- [12] CENETEC. Guía de práctica clínica. Diagnóstico y tratamiento de la Intoxicación por metales: plomo, mercurio, arsénico y talio [Internet] 2013 [consultado 18 de junio de 2020] disponible en <http://www.cenetec-difusion.com/CMGPC/SS-598-13/ER.pdf>
- [13] Londoño L. F. Lo riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial [Internet] 2016 [consultado 19 de junio 2020] disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- [14] Consejo de salubridad general, Diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por metales: Plomo, Mercurio, Arsénico y Talio en el Primer, Segundo y Tercer Niveles de Atención. [Internet] 2013 [consultado 12 de septiembre 2020] disponible en <http://www.cenetec-difusion.com/CMGPC/SS-598-13/ER.pdf>
- [15] Análisis de agua - de terminación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa-051-1981) water analysis -determination of metals by atomic absorption in natural, drinking, wastewaters and wastewaters treated -test method. (s/f). G o b . M x . C o n s u l t a d o 1 5 a g o s t o d e 2 0 2 2 , d e <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166785/NMX-AA-051-SCFI-2001.pdf>
- [16] Secretaría de economía, Análisis de agua- Determinación de Metales por absorción atómica en agua naturales, potable, residuales y residuales tratadas. [Internet] 1980 [consultado 16 de Agosto 2020] disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166785/NMX-AA-051-SCFI-2001.pdf>
- [17] Secretaría de economía, análisis de agua- determinación de dureza total en agua naturales, residuales y residuales tratadas. [Internet] 2001 [consultado 12 de julio 2020] disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166788/NMX-AA-072-SCFI-2001.pdf>
- [18] Fundación nacional de salud, Manual práctico de análisis de agua [Internet] 2013 [consultado 18 de julio 2020] disponible en https://bvms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_practico_analisis_agua_4_ed.pdf
- [19] NORMA Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. (2015). Consultado 15 Agosto de 2022, disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?Codigo=5398468&fecha=26/06/2015#gsc.tab=0United States
- [20] Environmental Protection Agency, Method 6010C, Inductively coupled Plasma-Atomic emission spectrometry [Internet] 2000 [consultado 08 de septiembre 2020] disponible en <https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-6010c.pdf>
- [21] Metal concentrations in aquatic environments of Puebla River basin, Mexico: natural and industrial influences. Morales-García SS, Rodríguez-Espinosa PF, Shruti VC, Jonathan MP, Martínez-Tavera E
- [22] Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 2017. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-8004-3>
- [23] De Anda, J., Gradilla-Hernández, M. S., Díaz-Torres, O., de Jesús Díaz-Torres, J., & de la Torre-Castro, L. M. (2019). Assessment of heavy metals in the surface sediments and sediment-water interface of Lake Cajititlán, Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(6), 396. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7524-y>
- [24] Pérez Díaz, J. P., Cervantes, E. P., Cervantes, R. L., María, I., Torres, H., 2+, C., & 2+, M. (s/f). *Metales pesados y calidad agronómica del agua residual tratada*. Scielo.cl. Recuperado el 13 de enero de 2023, de <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v34n1/art03.pdf>
- [25] Guzmán-Colis, G., Ramírez-López, E. M., Thalasso, F., Rodríguez-Narciso, S., Guerrero-Barrera, A. L., & Avelar-González, F. J. (2011). Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río san pedro en el estado de aguascalientes. *Universidad y ciencia*, 27(1), 17–32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15419871002>
- [26] (S/f). Niparaja.org. Recuperado el 13 de enero de 2023, de https://www.niparaja.org/file/2015/06/ESTUDIO-DEL-ARSENICO-EN-BCS_2004-20051.pdf

Correo de autor de correspondencia: soco_6914@hotmail.com