# Calidad amebológica del agua de pozos utilizados para suministro de agua potable en el Estado de Hidalgo

**Ramírez Flores, E.[1], Robles Valderrama E., Ayala Patiño R., Martínez Rodríguez B.**

*Fecha de recepción 6 de octubre de 2012 – Fecha de aprobación 14 de diciembre de 2012*

**RESUMEN**
Los acuíferos constituyen una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable en México, por lo que se requiere que el recurso sea apto para el consumo. Sin embargo, en los últimos años se ha reportado que en el agua subterránea existen microorganismos, como las amebas de vida libre (AVL), de ellas algunas pueden causar enfermedades en el humano. El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de amebas de vida libre en agua de pozos del municipio de Tizayuca, Hidalgo. Se realizaron 6 muestreos durante un año, se colectaron 1000 mL de agua, las muestras se filtraron a través de membranas de 1.2 µm~~s~~ estériles, éstas se colocaron en placas Petri con medio Agar no nutritivo con la bacteria *Enterobacter aerogenes* (NNE), las placas se incubaron a 30ºC y se examinaron al microscopio invertido después de ocho días. Las amebas se identificaron morfológicamente. Se detectaron amebas en todos los pozos, se encontraron 13 especies de 9 géneros: *Acanthamoeba, Hartmannella, Mayorella, Platyamoeba, Rosculus, Thecamoeba, Vahlkampfia, Vannella* y *Vexillifera,* siendo *Hartmannella* la que se presentó con mayor frecuencia (44%). *Hartmannella, Vahlkampfia* y *Vannella* se han encontrado asociadas a casos de meningoencefalitis y queratitis, pero no se ha podido comprobar su papel como causantes de las enfermedades. *Acanthamoeba* es la única que se ha reportado como patógena, pero solamente se detectó en un muestreo con muy baja frecuencia. Por lo que se puede decir que no existe riesgo en consumir el agua, pero debe de ser desinfectada para evitar problemas de salud a los usuarios.

**Palabras clave:** pozos, agua subterránea, acuífero, amebas de vida libre, *Hartmannella*

# Amoebae based quality from well water used for human consumption in the State of Hidalgo

**ABSTRACT**
The aquifers are one of the main sources of drinking water supply in Mexico, therefore it is required that the resource is suitable for human consumption. However, in recent years it has reported there are microorganisms in groundwater such as free-living amoebae (FLA), of which some can cause diseases. The objective was to determine the presence of the free-living amoebae in wells of the municipality of Tizayuca, Hidalgo. Six samplings were carry out during a year, 1000 mL of water from the wells was collected, samples were filtered through sterile membranes of 1.2 µm, they were placed on plates of non-nutritive Agar medium with the bacterium Enterobacter aerogenes (NNE), the plates were incubated at 30 °C and were reviewed under the inverted microscope after eight days. The amoebae were identified morphologically. Free-living amoebae were detected in the six wells, there were found 13 species belonging to 9 genera: Acanthamoeba, Hartmannella, Mayorella, Platyamoeba, Rosculus, Thecamoeba, Vahlkampfia, Vannella and Vexillifera, being Hartmannella which occurred more frequently (44%). Amoebae of genera: Hartmannella, Vahlkampfia and Vannella have been found associated with meningoencephalitis and keratitis cases, but its role as the etiologic agent of disease could not be verified. Acanthamoeba is the only one that has been reported as pathogenic, but only was detected in a sample with very low frequency. So it can say that there is not risk to drink the well water, but water must be disinfected to avoid health problems to the consumers.

**Keywords:** wells, groundwater, aquifer, free-living amoebae, *Hartmannella*

---

[1] Proyecto de Conservación y Mejoramiento del Ambiente. FES Iztacala UNAM. Correo electrónico: erf@unam.mx
**Nota:** El período de discusión está abierto hasta el 1° de julio de 2013. Este artículo de divulgación es parte de Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 16, No.3, 2012, ISSN 1665-529-X.

**Introducción**

El agua utilizada para las actividades humanas procede tanto de fuentes superficiales como subterráneas, pero el crecimiento urbano y el desarrollo de la industria han causado su contaminación. El almacenamiento de agua subterránea se le conoce como acuífero, el cual actúa como depósito y reserva; generalmente su alimentación es por el aporte de aguas pluviales, corrientes superficiales y lagos que se infiltran en el subsuelo y la manera de aprovechar esta agua es a través de manantiales o por medio de pozos (Price 2007).

En el mundo el 97% del agua dulce no congelada se encuentra almacenada en los acuíferos, los cuales proporcionan agua potable al 32.5% de la población mundial. Sin embargo en las zonas Centro y Norte de México este recurso se está utilizando tan aceleradamente que impide que los acuíferos se recarguen, convirtiendo el agua subterránea en un recurso sobreexplotado. Por lo que es necesario conocer las características de los acuíferos, así como actualizar regularmente sus índices de recuperación y recarga para poder lograr una explotación sustentable de los mismos, así como una adecuada planeación del recurso, marcando las amenazas que pueden poner en riesgo su aprovechamiento (Galindo *et al*. 2010).

Los niveles de contaminación que presentan los acuíferos pueden ser preocupantes, esto ha propiciado que se limiten los usos del agua y se impacte la salud pública y el ambiente de muchas comunidades. Las fuentes de contaminación química y microbiológica son numerosas. Estas fuentes incluyen la práctica de disposición en el suelo de los efluentes de agua de desecho, lodos, desechos sólidos, efluentes de tanques sépticos y escurrimientos urbanos, uso inadecuado de fertilizantes agrícolas y plaguicidas para el control fitosanitario (Trauth y Xanthopoulos 1997; Ramírez *et al*. 2006, 2009; Robles *et al*. 2011).

Se conoce poco de los aspectos microbiológicos de la contaminación que ocurren en este ambiente en comparación con las aguas superficiales. El interés en las investigaciones en el área de la microbiología del agua subterránea se ha incrementado debido a la creciente demanda de esta fuente de abastecimiento, por lo que se requiere que no exista riesgo a la salud de los consumidores (Ramírez *et al*. 2009).

El agua subterránea puede contener contaminantes químicos y biológicos que causan diversas enfermedades. Los organismos patógenos tienen importancia en la calidad del agua, pues ésta es un vehículo para la transmisión de muchas enfermedades. Los principales mecanismos en la transmisión son la ingestión de agua contaminada, el contacto y la re-contaminación del agua por una mala higiene doméstica; la presencia de estos patógenos en el agua representa mayor importancia en cuanto a la calidad del agua para diversos usos. La calidad del agua depende tanto de la fuente de la que proviene como del uso al que se destine. El término calidad del agua potable expresa el conjunto de caracteres físicos, químicos y biológico que se deben satisfacer con el fin de que el agua que se suministra sea segura para las diversas actividades del hombre (Solarte *et al*. 2006).

Dentro de la contaminación por microorganismos patógenos, la contaminación bacteriana parece ser el problema más común; aunque también se han detectado problemas de salud por brotes de algunos virus como los de la hepatitis y la gastroenteritis, pero se sabe muy poco acerca de otros grupos microbianos como los protozoos (Novarino *et al*. 1997; Foppen y Schijven 2006; Ramírez *et al*. 2006, 2009; Espinosa *et al*. 2008; Schijven *et al*. 2010).

Entre los protozoos se encuentran el grupo de amebas de vida libre (AVL), algunas de las cuales pueden causar graves infecciones del sistema nervioso central y del ojo, la meningoencefalitis amebiana primaria (MAP), encefalitis mebiana granulomatosa (EAG) y la queratitis amebiana (Visvesvara *et al*. 2007; Bonilla y Ramírez 2008). Son pocos los estudios que se han realizado de estas amebas en el agua subterránea, entre los que están el de Novarino *et al*. (1997), Ramírez *et al*. (2006) en el acuífero del Valle del Mezquital, Hgo. y Ramírez *et al*. (2009, 2010) en los acuíferos del estado de Morelos. Por tal razón el objetivo de la investigación fue determinar la presencia de las amebas de vida libre en pozos del municipio de Tizayuca, Hidalgo.

**Metodología.**

Área de estudio.

Se estudiaron seis pozos que se localizan en el municipio de Tizayuca en el estado de Hidalgo (Figura 1) y se utilizan como suministro de agua potable para la población de la localidad. El municipio se encuentra a 52 kilómetros de la Ciudad de México por la carretera Federal No. 85 México-Laredo. Está situado a los 19° 50´ de latitud Norte y 98° 59´ de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 2260 msnm. El clima es semifrío, subhúmedo (Cb’ (W2) (W) con lluvias en verano. La temperatura media anual varía entre 12 y 18° C y la precipitación promedio anual es de 578.55 mm (Monografía del Estado de Hidalgo 1993).

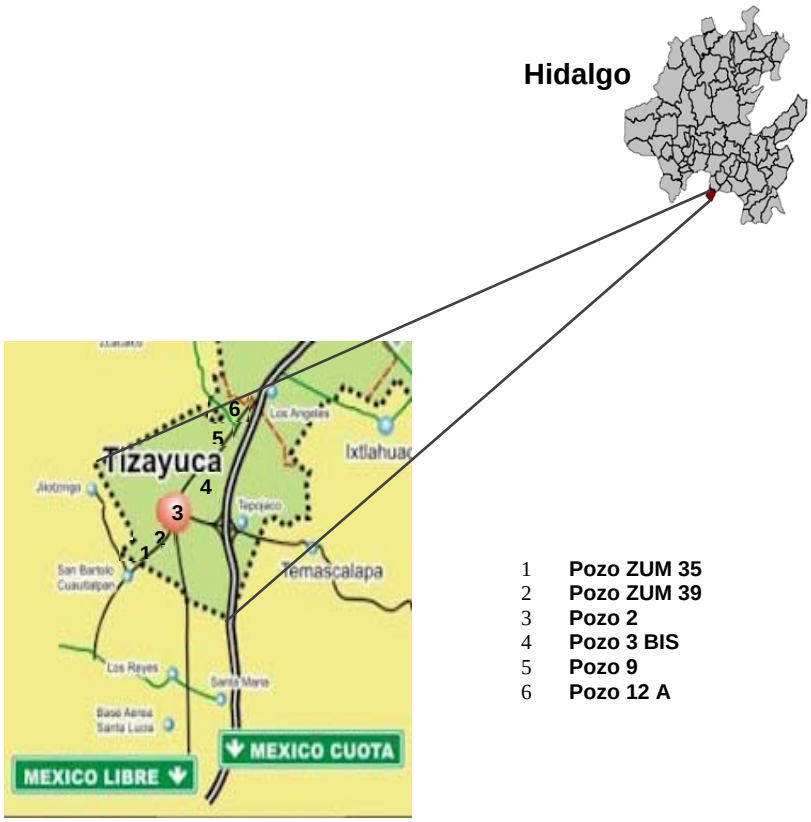


**Figura 1.** Localización de los pozos en el municipio de Tizayuca, Hgo.

Los pozos pertenecen al acuífero de Cuautitlán-Pachuca, que se localiza al norte de la Ciudad de México, en el límite sureste del Estado de Hidalgo y está localizado dentro de la Cuenca del Valle de México (Figura 2). El acuífero Cuautitlán-Pachuca es uno de los más importantes de esta región con una superficie aproximada de 2 850 km$^2$, representa el 23.6% de la Cuenca del Valle de México y es la principal fuente de abastecimiento de la zona norte de la Ciudad de México, la zona norte del Estado de México y el sur del estado de Hidalgo; provee de agua a los más de diez millones de habitantes, industrias y agricultores que se encuentran dentro de sus límites. Esto ha traído graves problemas ambientales ya que la deforestación, la erosión de suelos y la pérdida de zonas de recarga por el crecimiento urbano impiden la retención e infiltración del agua, provocando su escasez (CONAGUA 2002; Galindo *et al*. 2010).

Se considera que el acuífero se encuentra en un estado de juventud geomorfológica y queda comprendido dentro de la Provincia Geológica de Eje Neovolcánico (CONAGUA, 2002). Geológicamente el área está formada por depósitos aluviales y lacustres -principalmente gravas y arenas- con una alta permeabilidad, interrumpidas ocasionalmente por conos cineríticos y derrames de lavas de tipo vulcanitas básicas e intermedias (Mooser *et al*. 1992). De acuerdo a los materiales que conforman el valle, se considera que el acuífero de Cuautitlán-Pachuca es s de tipo semiconfinado (CONAGUA 2002).

El agua del subsuelo se desplaza del norte hacia el sur, las sierras que delimitan la cuenca actúan como zonas de recarga de los acuíferos alojados en el subsuelo del valle. Por otra parte se observa que, el bombeo de los pozos de los sistemas de Tizayuca y Téllez provocó un cono de abatimiento; otras zonas de abatimiento se encuentran en los alrededores de Tizayuca, donde la densidad de obras se encuentra bastante concentrada, en la zona se encuentran 42 pozos en operación. La única fuente de recarga del acuífero es el agua de lluvia. Este acuífero es un ejemplo de sobreexplotación irracional debido a que las descargas (243 393 762 m$^3$/año) del acuífero son mayores que las recargas (202900 000 m$^3$/año), por lo que no existe volumen disponible para nuevas concesiones (CONAGUA 2002).

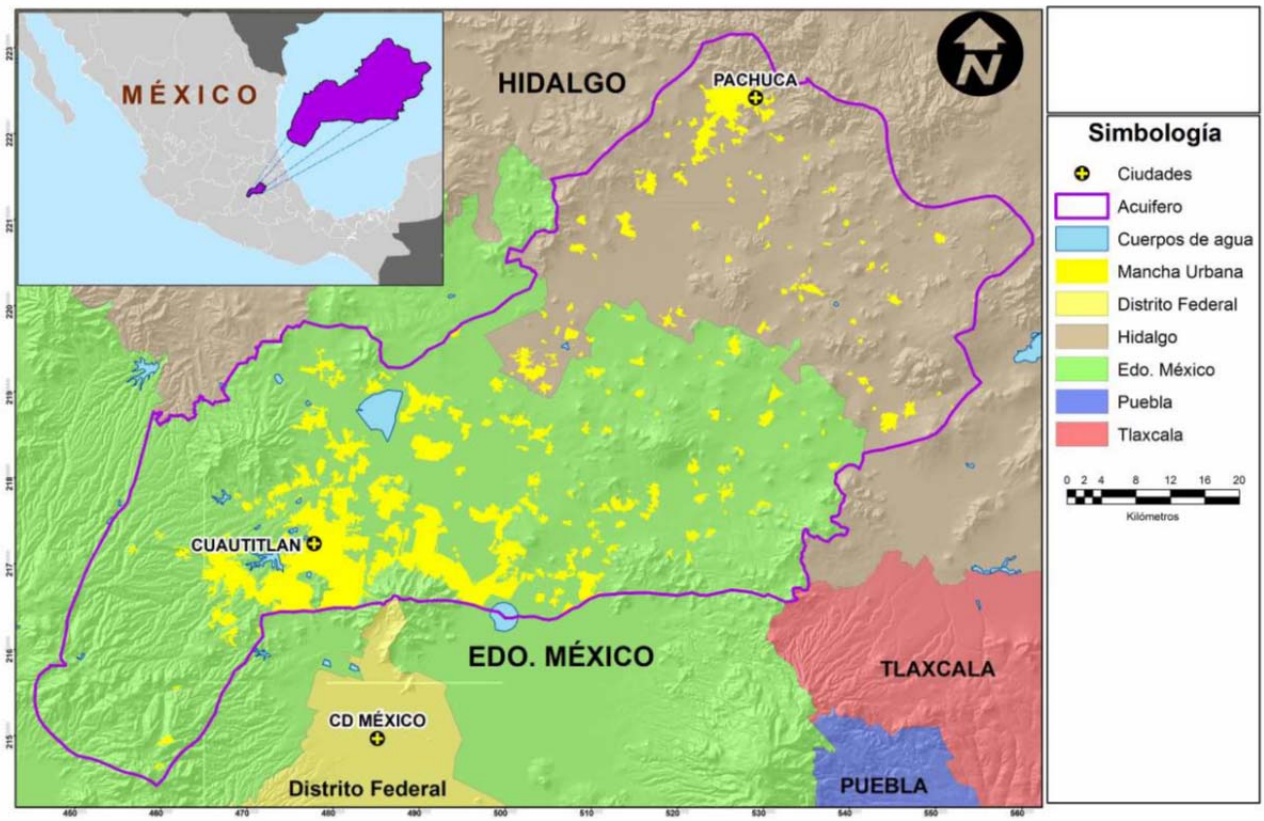


Figura 2. Localización del acuífero de Cuautitlán-Pachuca.

El municipio de Tizayuca es uno de los municipios que cuenta con más infraestructura agrícola del estado, se cultiva principalmente, maíz, cebada, frijol, avena y trigo. Es uno de los seis polos industriales que conforman el sistema metropolitano industrial del sur hidalguense. Se lleva a cabo la cría y engorda diverso ganado, también cuenta con actividad avícola y apícola. En lo que se refiere al comercio, el municipio cuenta con tiendas campesinas, urbanas y central de abastos (Anuario Estadístico Hidalgo 2000).

Muestreo.
Se realizaron seis muestreos durante un año en seis pozos del municipio de Tizayuca en el estado de Hidalgo, México. Para la determinación de las amebas de vida libre, se recolectaron 1000 mL de agua de los pozos en envases esterilizados y se transportaron al laboratorio a temperatura ambiente para evitar cambios en la estructura de las amebas. Los pozos muestreados son utilizados para suministrar agua potable, las muestras se tomaron antes de la cloración para conocer la calidad del agua lo más cercano a su estado natural.

En el sitio se midieron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH (potenciómetro HANNA Instruments HI 8314), Oxígeno disuelto y temperatura (Oxímetro YSI modelo 51-b)

Laboratorio.
Las muestras se filtraron a través de membranas Millipore de 1.2 µm de poro en condiciones estériles. Las membranas se colocaron hacia abajo en placas de medio agar no nutritivo cubierto con una suspensión de *Enterobacter aeogenes* (NNE) para el aislamiento de las amebas. Las placas se incubaron a 30°C y se revisaron después de siete días para detectar el crecimiento amebiano, usando un microscopio invertido marca Zeiss.

La identificación de las amebas se realizó tomando en cuenta las características morfológicas de la forma trófica y de la quística, las observaciones se realizaron con microscopio de contraste de fases marca Zeiss, a 400x y 1000x, con la ayuda de la clave taxonómica de Page (1988).

Resultados
Las amebas de vida libre se presentaron constantemente en los seis pozos muestreados durante el año de estudio (Tabla 1).

**Tabla 1.** Presencia de Amebas de Vida Libre en los pozos de Tizayuca, Hidalgo.

| POZOS | 1611/10 | 08/02/11 | 08/03/11 | 03/05/11 | 28/06/11 | 16/08/11 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pozo 2** | - | + | + | + | + | + |
| **Pozo 3BIS** | - | - | - | - | + | - |
| **Pozo 9** | + | + | + | + | + | + |
| **Pozo 12A** | + | + | + | + | + | + |
| **Pozo 35** | + | + | + | + | + | + |
| **Pozo 39** | + | - | + | - | + | + |

Tabla 2. Especies de amebas de vida libre aisladas en los pozos de Tizayuca, Hidalgo.

| GÉNERO | ESPECIE |
|---|---|
| *Acanthamoeba* | *polyphaga* |
| *Hartmannella* | *vermiformis* |
| *Mayorella* | *spatula* |
| *Platyamoeba* | *placida* |
| | *stenopodia* |
| *Rosculus* | *ithacus* |
| *Thecamoeba* | *similis* |
| | *striata* |
| *Vahlkampfia* | *avara* |
| | *ustiana* |
| *Vannella* | *miroides* |
| | *platypodia* |
| *Vexillifera* | *bacillipedes* |

Se encontraron 13 especies de amebas de vida libre pertenecientes a 9 géneros (Tabla 2), el cual es un número bajo en comparación con lo reportado en los acuíferos del estado de Morelos, donde se encontraron un promedio de 21 especies de 16 géneros (Ramírez et al. 2009, 2010).

De las especies encontradas, *Acanthamoeba polyphaga*, *Hartmannella vermiformis*, *Vahlkampfia avara*, *Vannella platypodia* y *Vexillifera bacillipedes* ya se habían reportado previamente en los acuíferos del estado de Morelos y el Valle del Mezquital en Hidalgo. De las amebas de vida libre reportadas como patógenas, solamente se aisló la especie *Acanthamoeba polyphaga*, pero con baja frecuencia ya que únicamente se presentó en un muestreo. El género amebiano que se presentó con mayor frecuencia fue *Hartmannella* con el 44% y el de menor frecuencia fue *Mayorella* con el 2% (Figura 3).

Se apreciaron dos picos, en noviembre y en agosto, en la presencia de las amebas a lo largo del periodo de estudio, Noviembre también ha sido reportado como el mes de mayor número de aislamientos en los acuíferos de Morelos y del Valle del Mezquital (Ramírez *et al*. 2006, 2009, 2010). Se aislaron amebas en todos los pozos estudiados, aunque en números bajos, especialmente en el Pozo 3Bis, donde solamente se aislaron en un mes (junio) y el Pozo 9 fue el que presentó el mayor número de amebas (Figuras 4 y 5).

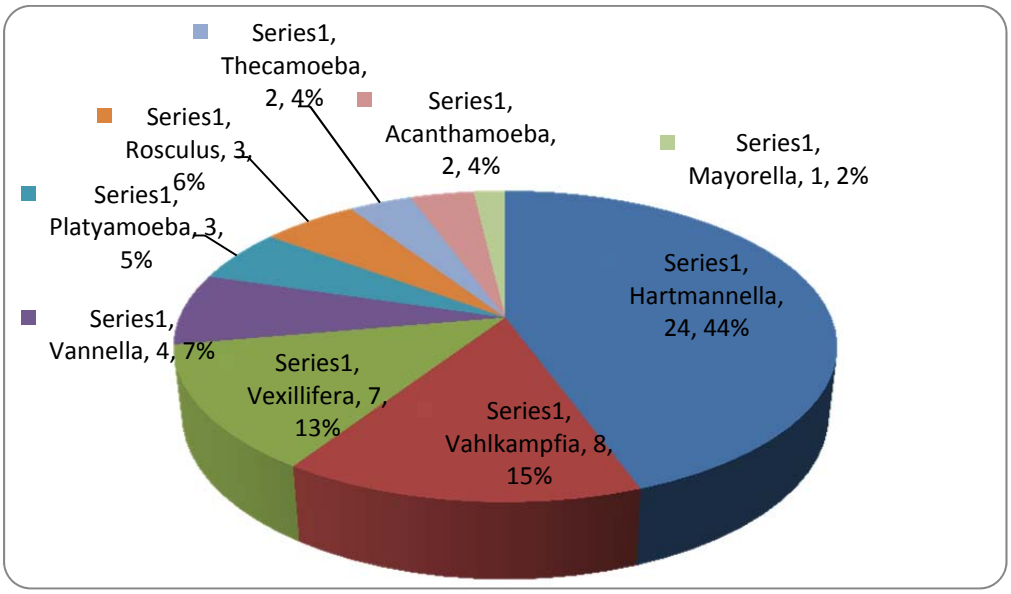


Figura 3. Frecuencia de aparición de las amebas de vida libre en los pozos de Tizayuca, Hidalgo.

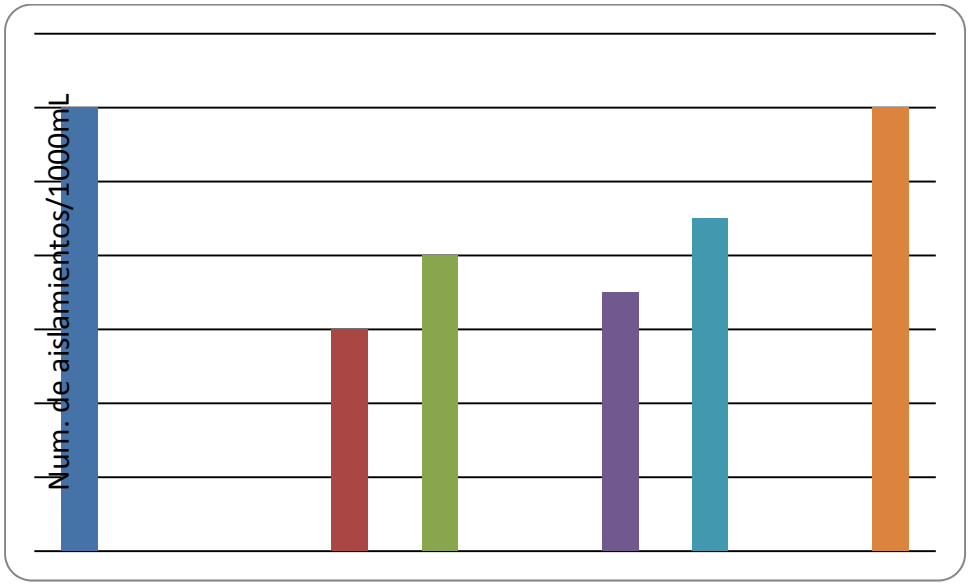


Figura 4. Distribución temporal de las amebas de vida libre.

**Tabla 3.** Valores promedios de los parámetros fisicoquímicos del agua de los pozos.

| Lugar | pH | Temperatura (°C) | Oxígeno Disuelto(mg/L) |
|---|---|---|---|
| Pozo 2 | 7.5 | 24.8 | 3.8 |
| Pozo 3BIS | 7.3 | 24.8 | 3.8 |
| Pozo 9 | 7.4 | 29.2 | 4.4 |
| Pozo 12A | 6.6 | 28.5 | 2.8 |
| Pozo 35 ZUM | 7.7 | 26.5 | 3.9 |
| Pozo 39 ZUM | 7.8 | 25.5 | 4.3 |

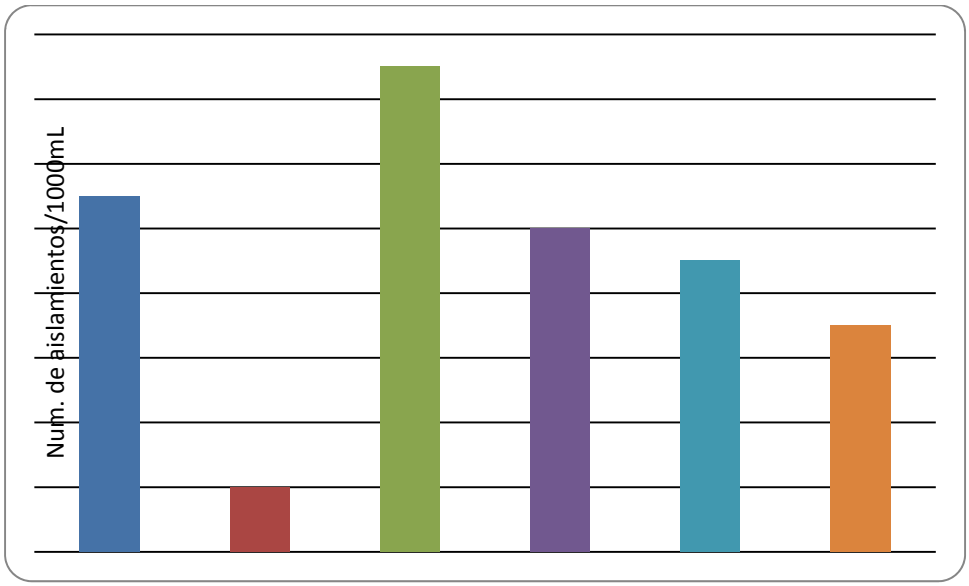


Figura 5. Distribución espacial de las amebas de vida libre en los pozos de Tizayuca, Hidalgo

El menor valor de pH fue de 6.37 y el mayor fue de 8.27, el pH se mantuvo prácticamente constante en los pozos durante el periodo de estudio, siendo el pozo 12A el que presentó los valores más bajos. La temperatura osciló entre 24 y 32°C, el valor mínimo se detectó en varios meses (noviembre, febrero, marzo y agosto) mientras que el valor máximo se registró únicamente en el mes de mayo. El valor más bajo de oxígeno disuelto fue de 0.8 mg/L, pero solamente se detectó una vez; exceptuando este valor, el oxígeno disuelto estuvo en un intervalo de 2.4 a 5.0 mg/L (Tabla 3).

**Discusión**

La presencia de amebas de vida libre en agua subterránea de nuestro país ya se había reportado con anterioridad en los acuíferos de Morelos y en el del Valle del Mezquital en Hidalgo (Ramírez *et al*. 2006, 2009, 2010), pero con un mayor número de especies, esto se debe a que el acuífero en donde están situados los pozos estudiados, es de tipo semiconfinado y no fracturado como lo son los de Morelos y el Valle del Mezquital, característica que permite una mayor filtración.

Los bajos número de amebas encontrados en el agua de los pozos, se puede deber a que el acuífero donde se localizan los pozos no presenta fracturas en su formación, por lo que a pesar de que algunos pozos (39 y 35) se encuentraban en zonas no pavimentadas, el agua de escurrimiento que se infiltra no alcanza al acuífero y no hay un aporte importante de contaminates al agua subterránea (CONAGUA, 2002; Ramírez *et al*. 2006). Esto concuerda con lo observado por Bitton y Gerba (1984), en el sentido de que en acuíferos con agua relativamente limpia, el número de protozoos es bajo o aún cero, mientras que en acuíferos contaminados orgánicamente su abundancia puede ser alta.

La mayoría de las amebas que se presentaron no han sido reportadas como patógenas, esto se puede deber a que predominaron temperaturas por debajo de los 30°C, lo que no favoreció la presencia de las amibas patógenas, las cuales son termófilas (Bonilla *et al*. 2004).

La presencia en el acuífero de las amebas de los géneros *Hartmannella, Vannella y Vahlkampfia* puede ser importante, porque se han reportado asociadas a infecciones en el humano; *Hartmannella* se encontró en un caso de encefalitis (Centeno *et al*. 2006) y los tres géneros se han reportado asociadas a casos de queratitis amebiana, aunque no se ha podido comprobar su papel como causantes de las enfermedades (Aitken *et al*. 1996; Dua *et al*. 1998; Inoue *et al*. 1998; Lorenzo *et al*. 2007).

La alta frecuencia con la que se presentaron las amebas del género *Hartmannella* en los pozos estudiados, coincide con lo reportado en los acuíferos de Morelos (Ramírez *et al*. 2009, 2010); pero contrasta con lo reportado por Ramírez *et al*. 2006 en el acuífero de Valle del Mezquital, Hidalgo, en donde *Hartmannella* se presentó con baja frecuencia y *Acanthamoeba* fue la que se presentó con mayor frecuencia (67.3%) (Ramírez *et al*. 2006). Esto se puede deber a que el quiste de *Acanthamoeba* es muy resistente y puede soportar condiciones de mayor contaminación orgánica que otras amebas, como la

que se presenta en el acuífero del Valle del Mezquital.

La presencia de las amebas durante todo el año llama la atención, porque se sabe que proliferan mejor en verano, cuando la temperatura ambiental es mayor; pero hay que recordar que el agua subterránea no esta influenciada por la temperatura ambiente por lo que las amebas se pueden presentar en cualquier temporada del año (Ramírez *et al*. 2009).

En general, los parámetros fisicoquímicos estuvieron en los valores reportados como adecuados para la presencia de las amebas de vida libre, pH cercanos a la neutralidad, oxígeno disuelto mayor de 2 mg/L y temperatura del agua entre 20 y 30 °C, pero esta temperatura no favoreció la presencia de las amebas patógenas que proliferan a temperaturas mayores de 30 °C (Bonilla *et al*. 2004).

**Conclusiones**

Se tenía la idea de que el agua subterránea era esencialmente limpia por la acción filtrante del medio poroso por el cual pasa el agua. Sin embargo, como lo mostraron los resultados de este estudio, microorganismos como las amebas de vida libre pueden estar presentes en el agua subterránea, aunque sea en números bajos.

La presencia de las amebas en el agua de los pozos se puede atribuir a las actividades antropogénicas, como la agricultura, la ganadería y el establecimiento de asentamientos humanos carentes de adecuados servicios sanitarios y las condiciones deficientes de las tuberías del sistema de drenaje, que da lugar a fugas de agua residual hacia el subsuelo, lo que convierte a los drenajes, en una fuente potencial de contaminación de los acuíferos.

La presencia de amibas de vida libre que no se han reportado como patógenas, no representa peligro para la salud, pero en el caso de la presencia de las amibas de los géneros Hartmannella, *Vahlkampfia* y *Vannella*, en donde existe sospecha que pueden causar enfermedades y sobre todo la de *Acanthamoeba polyphaga*, es una llamada de atención para tener precaución en el uso del agua y no descuidar su desinfección para evitar un riesgo a la salud de los usuarios.

**Reconocimientos.**

Al Programa PAPCA 2010-2011 de la FES Iztacala, UNAM, por el apoyo económico otorgado para la realización de esta investigación. A la Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Explotación y Monitoreo Geohidrológico por el apoyo y facilidades brindadas para la realización de este estudio.

**Referencias.**

Aitken D., Hay J., Kinnear F.B., Kirkness C.M., Lee W.R., Seal D.V. **(**1996). Amebic keratitis in a wearer of disposable contact lenses due to a mixed *Vahlkampfia* and *Hartmannella* infection. “Opthalmology”, 103,485-493.

Bitton G. Gerba Ch.P. (1984). Groundwater Pollution Microbiology: The emerging issue, Chapter 1. En “Groundwater Pollution Microbiology”, Bitton G., Gerba Ch.B. (eds.), 1-7. John Willy & Sons, New York.

Bonilla P., Ramírez E., Ortiz R., Eslava C. (2004). La ecología de las amibas patógenas de vida libre en ambientes acuáticos, Capítulo 5. En “Microbiología Ambiental”, Rosas I., Cravioto A., Ezcurra E. (eds.), 67- 81. INE-SEMARNAT. México.

Bonilla P., Ramírez E. (2008). Amibas de vida libre asociadas a patologías en seres humanos, Capítulo 3. En “Parasitología Médica”, Becerril M.A. (ed.), 22-29. Mc Graw Hill, México.

Centeno M., Rivera F., Cerva L., Tsutsimi V., Gallegos E., Calderon A., Ortiz R., Bonilla P., Ramírez E., Suarez G. (1996). *Hartmannella vermiformis* isolated from the cerebrospinal fluid of a young male patient with meningoencephalitis a bronchopneumonia. “Archives of Medical Research”, 27(4), 579-586.

Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. (2002). “Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca, Estado de México e Hidalgo”. México.

Dua H.S., Azuara-Blanco A., Hossain M., Lloyd J. (1998). Non-*Acanthamoeba* amebic keratitis. “Cornea”, 18, 499-501.

Espinosa A.C., Mazari-Hiriart M., Espinosa R., Maruri-Avidal L., Méndez E., Arias C.F. (2008). Infectivity and genome persistence of rotavirus and astrovirus in groundwater and surface water. “Water Research”, 42, 2618-2628.

Foppen J.W.A., Schijven J.F. (2006). Evaluation of data from the literature on the transport and survival of Escherichia coli and thermotolerant coliforms in aquifers under saturated conditions. “Water Research”, 40, 401-426.

Galindo C.E., Otazo S.E.M., Reyes G.L.R., Arellano I.S.M., Gordillo M. A., González R.C.A. (2010). Balance hídrico y afectaciones a la recarga para el año 2021 en el acuífero Cuautitlán Pachuca, “Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica. (Informes y comentarios)”, 10, 65-90.

Inoue T., Asari S., Tahara K., Hayashi K., Kiritoshi A., Shimomura Y. (1998). *Acanthamoeba* keratitis with symbiosis of *Hartmannella* ameba. “American Journal of Ophthalmology”, 125, 721-723.

Instituto Hidalguense de la Cultura. (1993). “Monografía del Estado de Hidalgo”, Gobierno del Estado de Hidalgo, México.

Lorenzo-Morales J., Martinez-Carretero E., Batista N., Alvarez-Marin J., Bahaya Y., Walochnik J., Valladares B. (2007). Early diagnosis of amoebic keratitis due to a mixed infection with *Acanthamoeba* and *Hartmannella*. “Parasitological Research”, 102, 167-169.

Mooser F., Montiel-Rosado A., Zúñiga-Arista A. “Experiencias geotécnicas en la zona poniente del Valle de México”, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. México.

Novarino G.A., Warren H., Butler G., Lambourne A., Boxshall J., Bateman N.E., Kineer R.W., Harvey R.A., Mosse B., Teltsch B. (1997). Protistan communities in aquifers: A review. “FEMS Microbiology Review”, 20, 261-275.

Page F.C. (1988). “A new key to freshwater and soil gymnamoeabe”, Culture Collection of Algae and Protozoa. Cumbria. England.

Price M. (2007). “Agua subterránea”, Limusa. México.

Ramírez E., Campoy E., Matuz D., Robles E. (2006). *Acanthamoeba* isolated from contaminated groundwater. “Journal of Eukaryotic Microbiology”, 53(S1), S10-S11.

Ramírez E., Robles E., Sainz M.G., Ayala R., Campoy E. (2009). Calidad Microbiológica del Acuífero de Zacatepec, Morelos, México. “Revista Internacional de Contaminación Ambiental”, 25(4), 247-255.

Ramírez E., Robles E., González M.E., Martínez M.E. (2010). Microbial and physicochemical quality of well water used as a source of public supply. “Air, Soil and Water Research”, 3,105-112.

Robles E., Ramírez E., Martínez B., Sainz M.G., González M.E. (2011). Comparison of the water quality of two aquifers established in different development zones of Mexico. “Universal Journal of Environmental Research and Technology”, 1(2), 203.211.

Schijven J.F., Hassanizadeh S.M., Husman A.M.R. (2010). Vulnerability of unconfined aquifers to virus contamination. “Water Research”, 44, 1170-1181.

Secretaría de Desarrollo Social-INEGI. (2008). “Anuario Estadístico de Hidalgo”, Gobierno del Estado de Hidalgo, México.

Solarte Y., Peña M., Madera C. (2006). Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. “Colombia Médica”, 37(1), 74-82.

Trauth R., Xanthopoulos. (1997). Non-point pollution of groundwater in urban areas. “Water Research”, 31(11), 2711-2718.

Visvesvara G.S., Moura H., Schuster F.L. (2007). Pathogenic and opportunistic free-living amoebae: *Acanthamoeba* spp., *Balamuthia mandrillaris*, *Naegleria fowleri*, and *Sappinia diploidea*. "FEMS Immunology and Medical Microbiology", 50, 1-26.

Este documento debe citarse como: Ramírez Flores, E., Robles Valderrama E., Ayala Patiño R., Martínez Rodríguez B., (2012). **Calidad amebológica del agua de pozos utilizados para suministro de agua potable en el Estado de Hidalgo**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 16-3, pp 219-228, ISSN 1665-529-X.