

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA PURIFICADA EN REYNOSA, TAMAULIPAS

MICROBIOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS OF PURIFIED WATER IN REYNOSA, TAMAULIPAS

Cristina Hernández Jiménez, Guadalupe Rodríguez Castillejos*, Rosa Issel Acosta González, Efrén Garza Cano

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán, Lago de Chapala SN, Aztlán, C.P. 88740. Reynosa, Tamps.

RESUMEN

El agua es un compuesto bien conocido por sus propiedades físicas y químicas, es esencial para la vida, todos los seres vivos necesitamos de agua. Sin embargo, para que esta sea apropiada para consumo humano debe cumplir con ciertos criterios, por ello se han diseñado diversos métodos para eliminar compuestos tóxicos y microorganismos potencialmente patógenos, que pueden estar presentes en el agua de consumo. En el presente estudio se evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica de agua purificada que se distribuye en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas. Se analizaron muestras tomadas de fuentes fijas de cinco empresas, así como de cuatro pipas móviles distribuidoras, esto para determinar si cumplen con la normatividad mexicana establecida para su consumo. Se analizaron los parámetros de: sólidos disueltos totales, turbidez, pH, conductividad eléctrica, cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+}), aniones (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}), dureza, alcalinidad, así como el recuento de mesófilos aerobios y coliformes. Los resultados obtenidos para todos los parámetros analizados se encontraron dentro de los límites permisibles de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, el recuento microbiano fue de cero para todas las muestras. Por lo tanto, las fuentes y pipas analizadas cumplen con los criterios de calidad de agua y son aptas para consumo humano.

Palabras clave: agua purificada, calidad de agua, microorganismos, Reynosa.

ABSTRACT

The physical and chemical properties of water are well known, it is essential for life and all living organisms need it. However, in order for it to be suitable for human consumption, it must comply with certain criteria, so various methods have been designed to eliminate harmful compounds and microorganisms, which may be present in drinking water. The present study evaluated the physicochemical and microbiological quality of purified water that is distributed in the city of Reynosa, Tamaulipas. Samples taken from purified water dispensers of five companies, and four mobile distribution pipes were analysed to determine if they comply with the regulations established for their consumption. The parameters of total dissolved solids, turbidity, pH, electrical conductivity, cations (Ca^{2+} , Mg^{2+}), anions (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}), hardness, alkalinity and counts of aerobic mesophiles and coliforms were analysed. The results obtained for all parameters were within the permissible limits of the Official Mexican Norm

NOM-041-SSA1-1993, the microbial count was zero for all samples. Therefore, the analysed water dispensers and mobile dispenser have a good quality and are suitable for human consumption.

Keywords: purified water, water quality, microorganisms, Reynosa.

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento esencial para muchas funciones ambientales asociadas a los ecosistemas del planeta Tierra, de esta depende en gran medida la salud humana y el desarrollo económico y el adecuado funcionamiento de los ecosistemas (Milly *et al.*, 2005). Solamente el 3% del agua de nuestro planeta es agua dulce, del cual un 2.997% no está en condiciones de ser usada para consumo humano, ya que se localiza en los casquetes polares y en los glaciares; por lo que solo el 0.003% del volumen total del agua de nuestro planeta está disponible para consumo humano (Wahlqvist y Kuo, 2009; Wimalawans, 2013). El agua potable es el agua de superficie tratada que proviene de manantiales naturales, subsuelo y otras fuentes por lo que contiene minerales que adquiere desde su origen o bien como resultado de tratamientos, almacenamiento o distribución (Soria *et al.*, 2011; Vega, 2007).

La calidad del agua es la expresión cuantitativa y cualitativa de una multiplicidad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Amado-Álvarez *et al.*, 2006; Rodier *et al.*, 2009) y su condición debe permitir su empleo sin causar daño al consumidor, para lo cual requiere reunir dos características: estar exenta de sustancias y microorganismos nocivos para la salud, y estar libre de residuos que afecten algunas de sus propiedades como color, turbiedad, olor, sabor; y que comunican sensaciones desagradables. El grado de importancia de cada uno de estos parámetros sobre la calidad debe ser determinado en cada ambiente si se desea definir un uso específico de las fuentes de agua (Samboni *et al.*, 2007; Rodier *et al.*, 2009).

Usualmente cuando se examina el agua, las primeras propiedades que se suelen considerar son las siguientes: color, sabor y olor. El agua de uso doméstico debe ser incolora e inodora; todo olor es signo de contaminación o de la presencia de materia orgánica. En cuanto al olor y el sabor pueden ser debidos a múltiples causas, desde contaminación bacteriológica, pasando por la contaminación química, como la presencia de hidrocarburos, hierro, ácido sulfhídrico u otras

*Autor para correspondencia: Guadalupe Rodríguez Castillejos
Correo electrónico: gcastillejos@uat.edu.mx

Recibido: 30 de mayo de 2017

Aceptado: 23 de octubre de 2017

sustancias; hasta la presencia de productos y subproductos de la desinfección, como hipoclorito sódico, cloro fenoles, cloraminas (Rodier *et al.*, 2009). Además es indispensable evaluar la presencia de microorganismos, principalmente bacterias (Hussain *et al.*, 2013).

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar enfermedades gastrointestinales; para esto se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas. Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano (NOM-127-SSA1-1994).

La purificación del agua es cada día más necesaria, dados los crecientes niveles de contaminación en el mundo actual; el aumento de la población, la escasez del agua, y la costumbre cada vez más frecuente de consumir agua embotellada; sin embargo, también se puede poner en duda la salubridad de beber siempre agua embotellada (Berdonces, 2008). Es tal la importancia del agua purificada que un estudio llevado a cabo por Yao *et al.*, (2011) sugirió que el cepillado dental dos veces al día con agua purificada redujo el uso de ventilador en pacientes internados por neumonía y mejoró su calidad bucal.

La población tiene una percepción negativa del agua de grifo y esto orilla a comprar agua embotellada, esto debido a que se perciben cambios de sabor y se tiene una mayor seguridad del producto; se menciona que el agua embotellada ocupa el segundo lugar en la categoría de bebidas más consumidas en EE.UU., después de las bebidas gaseosas (Huerta-Saenz *et al.*, 2012; Johnstone y Serret, 2012). Es importante mencionar que el costo de agua embotellada es alto; sin embargo, en algunas ciudades, como en Reynosa, se ofrece el autoservicio de relleno de garrafones o recipientes en fuentes fijas o mediante pipas móviles; estos ofrecen una alternativa más económica. Sin embargo, a pesar de que se realizan diferentes procesos de purificación no se garantiza que el producto final cumpla con los requisitos microbiológicos mínimos para su expendio para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades. Por ello el objetivo de este trabajo fue la evaluación de la calidad del agua purificada proveniente de fuentes fijas y de pipas móviles de la ciudad Reynosa, Tamaulipas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon fuentes fijas despachadoras (Figura 1) de cinco empresas distintas y cuatro pipas móviles distribuidoras de agua purificada, todas de diferentes compañías (Figura 2); las muestras fueron tomadas en distintas colonias en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, dando un total de 111 muestras; de las cuales 12 correspondieron a pipas (cuatro pipas con tres repeticiones) y 99 a fuentes fijas (33 fuentes, con tres repeticiones de cada una). Las muestras fueron recolectadas en frascos de vidrio estériles con tapa de rosca,



Figura 1. Fuentes fijas despachadoras de agua purificada.
Figure 1. Purified water dispenser.



Figura 2. Pipas móviles distribuidoras de agua purificada.
Figure 2. Mobile distributor of purified water "pipa".

con capacidad de 250 mL. El procedimiento fue realizado de acuerdo a la NOM-230-SSA1-2002 "Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo". Una vez activado el sistema de las fuentes o pipas se dejó correr agua por aproximadamente 30 segundos, los frascos fueron llenados a un 90% de capacidad y cerrados inmediatamente. Posteriormente, fueron almacenados en hieleras y transportados al laboratorio.

Los análisis fisicoquímicos realizados fueron sólidos disueltos totales (SDT), turbidez (UTN), pH, conductividad

eléctrica, alcalinidad, cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+}), aniones (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) y dureza; además de la determinación de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales y fecales. Todas las determinaciones fueron realizadas de acuerdo a la NOM-041-SSA1-1993 "Bienes y Servicios. Agua Purificada Envasada. Especificaciones Sanitarias". Para la determinación de las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) las muestras fueron sometidas a una valoración subjetiva por diversos consumidores.

El recuento de mesófilos aerobios se realizó de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994 "Bienes y Servicios, métodos para la cuenta de bacterias aerobia en placa". Primero se hicieron diluciones de 10^{-1} a 10^{-3} . Una vez hechas las diluciones se vaciaron en placas Petri con agar para método estándar, utilizando la técnica de siembra a profundidad. Se procedió a incubar a 35 ± 2 °C por un tiempo de 48 horas. La determinación de coliformes totales se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, por medio del cálculo del número más probable (NMP) después de la incubación de la muestra diluida en un medio líquido. El método se basa en que las bacterias coliformes, fermentan la lactosa incubadas a 35 ± 0.5 °C durante 24 a 48 h, resultando una producción de ácidos y gas el cual se manifiesta en las campanas de fermentación. Se preparon tubos con 10 mL de caldo lactosado, a los cuales se les colocó una campana de Durham; se agregó 1 mL de la dilución correspondiente, realizado esto por triplicado. Una vez inoculados, los tubos fueron incubados a $35 \pm$

2 °C por 24 ± 2 h, para observar crecimiento y presencia de gas. Para la prueba confirmativa, de cada tubo que mostro formación de gas, se tomó una azada y se sembró en un número igual de tubos con medio de confirmación (caldo lactosa lauril triptosa y bilis verde brillante); se incubaron a 35 ± 0.5 °C por 24 ± 2 h.

Todos los análisis se hicieron por triplicado obteniéndose un promedio de las repeticiones. Los resultados se analizaron mediante el programa estadístico StatAdvisor®; se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de una vía y para la comparación de medias se usó el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con una diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de las fuentes fijas despachadoras de agua purificada (Figura 1) y de las cuatro pipas móviles distribuidoras de agua purificada, tuvieron buena calidad en cuanto a olor, color y sabor; los consumidores reportaron que el agua era incolora sin turbidez aparente, sin olor y sabor característico. En lo referente a SDT se encontraron valores de 9.60 a 32 mg/L en el agua proveniente de las fuentes fijas (Tabla 1) y de 2.16 y 28.16 mg/L de las pipas móviles (Tabla 2). El total de sólidos disueltos se refiere al contenido de sales inorgánicas, incluyendo carbonato, bicarbonato, cloruro, fluoruro, sulfato, fosfato, nitrato, calcio, magnesio, sodio y potasio (Memon *et al.*, 2011). En el agua sin tratamiento ade-

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de fuentes fijas.

Table 1. Physicochemical and microbiological parameters of purified water dispenser.

	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5
STD (mg/L)	$32^a \pm 3$	$16^b \pm 1,2$	$11,52^c \pm 0,37$	$9,60^d \pm 0,4$	$12,16^e \pm 1,2$
Turbidez (UTN)	0	0	0	0	0
pH	$7,77^a \pm 0,54$	$7,54^a \pm 0,32$	$6,80^b \pm 0,08$	$6,82^b \pm 0,12$	$7,15^a \pm 0,21$
CE	$50^a \pm 5$	$26^b \pm 3$	$17^c \pm 5$	$16^c \pm 3$	$20^c \pm 4$
Alcalinidad	$18^b \pm 1$	$16^d \pm 0,5$	$15^e \pm 0,2$	$20^a \pm 0,8$	$17^c \pm 0,4$
Ca^{2+} (mg/L)	$1,60^a \pm 0,04$	$0,80^c \pm 0,02$	$1,20^b \pm 0,04$	$1,60^a \pm 0,07$	$1,20^b \pm 0,03$
Mg (mg/L)	$0,48^c \pm 0,01$	$0,96^d \pm 0,04$	$1,20^c \pm 0,04$	$1,44^b \pm 0,03$	$1,68^a \pm 0,02$
CO_3^{2-} (mg/L)	0	0	0	0	0
HCO_3^- (mg/L)	$21,96^b \pm 0,4$	$19,52^d \pm 0,5$	$18,30^c \pm 0,14$	$24,40^a \pm 1,6$	$20,74^c \pm 0,8$
Cl ⁻ (mg/L)	$14,20^a \pm 1,1$	$6,39^c \pm 0,9$	$4,97^d \pm 0,4$	$4,26^e \pm 0,1$	$9,23^b \pm 0,8$
SO_4^{2-} (mg/L)	0	0	0	0	0
Dureza total (mg/L)	$6^c \pm 0,5$	$6^c \pm 0,5$	$8^b \pm 0,4$	$10^a \pm 0,4$	$10^a \pm 0,3$
Dureza temporal (mg/L)	$2^d \pm 0,08$	$4^c \pm 0,04$	$5^b \pm 0,02$	$6^a \pm 0,07$	$7^a \pm 0,07$
Dureza permanente (mg/L)	$18^b \pm 1$	$16^c \pm 0,5$	$15^d \pm 0,7$	$20^a \pm 0,8$	$17^b \pm 0,7$
Mesófilos aerobios (UFC)	0	0	0	0	0
Coliformes totales (NMP/100 mL)	0	0	0	0	0
Coliformes fecales (NMP/10 mL)	0	0	0	0	0

^{a,b,c,d,e} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas entre las fuentes de distintas empresas

*Se muestra promedio de tres repeticiones \pm Desviación estándar (95%)

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable distribuida a través de pipas en la Cd de Reynosa, Tamaulipas.
Table 2. Physicochemical and microbiological parameters of mobile dispensers distributed in Reynosa, Tamaulipas.

	P1	P2	P3	P4
STD (mg/L)	16,0 ^b ± 0,9	12,58 ^c ± 0,4	12,16 ^d ± 0,7	28,16 ^a ± 1,1
Turbidez (UTN)	0	0	0	0
pH	6,61 ^a ± 0,07	6,51 ^b ± 0,07	6,55 ^c ± 0,6	6,63 ^a ± 0,08
CE	25,0 ^b ± 3,4	19,66 ^c ± 2,2	19,0 ^d ± 0,48	44 ^a ± 2,24
Alcalinidad	16,0 ^b ± 0,8	15,0 ^c ± 0,48	11,0 ^d ± 0,24	18,0 ^a ± 0,5
Ca ²⁺ (mg/L)	0,8 ^c ± 0,04	1,6 ^b ± 0,05	2,4 ^a ± 0,02	0,8 ^c ± 0,02
Mg (mg/L)	1,44 ^a ± 0,4	0,0 ^c	0,0 ^c	0,72 ^b ± 0,01
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	19,52 ^b ± 1,1	18,30 ^c ± 0,8	13,42 ^d ± 0,07	21,96 ^a ± 0,42
Cl ⁻ (mg/L)	6,39 ^b ± 0,12	5,68 ^c ± 0,39	5,68 ^c ± 0,04	11,36 ^a ± 0,87
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	0	0	0	0
Dureza total (mg/L)	8,0 ^b ± 0,81	10,0 ^a ± 0,23	6,0 ^c ± 0,47	5,0 ^d ± 0,07
Dureza temporal (mg/L)	2,0 ^c ± 0,07	10,0 ^a ± 0,07	6,0 ^b ± 0,04	2,0 ^c ± 0,03
Dureza permanente (mg/L)	6,0 ^a ± 0,03	0,0 ^c	0,0 ^c	3,0 ^b ± 0,06
Mesófilos aerobios (UFC)	0	0	0	0
Coliformes totales (NMP/100 mL)	0	0	0	0
Coliformes fecales (NMP/10 mL)	0	0	0	0

^{a,b,c,d,e} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas entre las fuentes de distintas empresas
*Se muestra promedio de tres repeticiones ± Desviación estándar (95%).

cuado, los sólidos disueltos totales afectan el sabor, provocan coloración y menos aceptación del consumidor; por ello, la desionización es el mejor método para su eliminación; los métodos de eliminación de sólidos disueltos son aplicados en las plantas potabilizadores municipales ya que no solo afectan la aceptabilidad estética, sino también interfieren en los procesos de desinfección con cloro (Pandey *et al.*, 2012).

Dado que el agua purificada no contiene sustancias añadidas es de suma importancia la eliminación de bacterias, levaduras y SDT ya que la menor concentración de sólidos disueltos totales corresponde a aguas de mejor calidad (Nagel *et al.*, 2001). Los valores obtenidos en este trabajo son inferiores a los reportados por Simanca *et al.*, (2010), en el análisis de aguas envasadas en Montería (Córdoba, Colombia); cuyos valores oscilaron en un rango de 58 – 78 mg/L. El valor de SDT es considerado un parámetro fundamental en el análisis del índice de calidad del agua en distintos países como Estados Unidos (metodología ICA NSF 1970), Brasil (IQA 1975) y Colombia (ICA Rojas 1991 e ICAUCA 2004); mientras que en las metodologías de otros países se les consideran como un parámetro de análisis complementario.

El valor de turbidez fue cero UTN en todas las muestras analizadas, tanto de fuentes como de pipas; es sabido que valores elevados en este parámetro evitan la desinfección adecuada del agua, provocando la proliferación de microorganismos (Marco *et al.*, 2004). El parámetro de turbiedad fue similar a los obtenidos por Simanca *et al.*, (2010) en agua envasada en Montería, Córdoba; Colombia (0.0 y 1.4 UTN).

En lo referente al pH, se encontró que fue ligeramente más básico en las fuentes (6.8 a 7.77), comparado con las pipas (6.5 a 6.64). El pH del agua es importante para el desarrollo óptimo de los organismos que la consumen, ya que el agua es factor elemental en muchas reacciones metabólicas y la regulación del equilibrio de ésta depende de mecanismos del hipotálamo que controlan la sed, de la hormona antidiurética (ADH), de la retención o excreción de agua por los riñones. Aunque cada organismo acuático tiene un pH ideal la mayoría prefieren un pH de 6.5 a 8.0 considerándose en el rango de la neutralidad. Los valores obtenidos en el pH de las pipas son similares a los reportados por Baccaro *et al.*, (2006) con valores de 6.44 – 7.48; mientras que en las fuentes son valores similares al reportado por Márquez *et al.*, (2015), con un rango de pH de 6.71 – 8.2.

Los valores de conductividad oscilaron entre los 15 a 50 microohms este parámetro es de gran importancia ya que está relacionado con la salinización o sodificación del suelo o el agua; por lo tanto es un indicador de la presencia de los iones (Olías *et al.*, 2005); un valor alto indica mayor concentración de dichos iones, siendo la conductividad la suma las conductividades de cada ión presente (Zamora, 2009). En los resultados obtenidos, se puede observar que las muestras de las fuentes FE1 tuvieron valores de CE de 50 tuvieron las concentraciones más altas de Ca²⁺, HCO₃⁻ y Cl⁻; mientras que las muestras de las fuentes FE4, con CE bajas mostraron valores bajos de Cl⁻. Los valores de calcio varían de 0.80 mg/L a 2.40 mg/L (Tabla 1).

Otro de los minerales importantes en el agua es el magnesio (Mg), este es el cuarto catión más abundante en el cuerpo humano, y es un co-factor de más de 300 enzimas celulares relacionadas con procesos como la glucólisis; además de éste es necesario para el correcto funcionamiento del músculo y la salud ósea (Maraver *et al.*, 2015). Las concentraciones de Mg fueron mayores en el agua de las fuentes (0.48-1.68 mg/L); en muestras de agua de pipas se encontró incluso 0 mg/L. La norma NOM-051-SCFI/SSA1-2010, marca un ingesta diaria sugerida de 248 mg; por lo que el contenido de este mineral en el agua analizada es bajo. Tanto los aniones como cationes se encontraron por debajo de los límites máximos establecidos en la Norma Oficial Mexicana (Tablas 1 y 2).

Todos estos minerales tienen gran importancia en la salud humana; por ejemplo el calcio, el cual está relacionado con la dureza del agua, es el elemento químico más abundante en el ser humano, aproximadamente el 99% se encuentra distribuido en las estructuras óseas y el 1% restante en los fluidos celulares, donde interviene en un gran número de transformaciones y mecanismos, como la coagulación de la sangre, contracción muscular, activación enzimática, transmisión de impulsos nerviosos, formación de huesos y dientes (Abbaspour *et al.*, 2014). Los valores obtenidos de calcio en las muestras de agua analizadas se encuentran por debajo de los valores obtenidos por Márquez *et al.*, (2015) en el agua envasada en Colombia; donde reportaron valores de 4 a 24 mg/L.

Otro valor importante a determinar es la concentración de cloro, las aguas analizadas presentaron valores bajos de este anión; Escobedo *et al.*, (2015) analizaron agua de fuentes de autoservicio en Cd. Juárez, Chihuahua, México; encontraron, al igual que en el presente estudio, una baja concentración de cloro (6.7 mg/L). Los resultados obtenidos también coinciden con lo reportado por Simanca *et al.*, (2010) en agua embotellada de Montería, Colombia, en la cual los valores oscilaron entre 8.7 a 238 mg/L. Para el caso de carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) se encontraron valores de 0 mg/L y 13-22 mg/L, respectivamente; esto coincide con los reportados por Roldán-Santiago y Gonzales-Veintimilla (2015) en Perú, en el que también reportan agua libre de carbonatos, mientras que para bicarbonatos el resultado fue de 98 mg/L. Baccaro *et al.*, (2006) tampoco encontraron la presencia de CO_3^{2-} en agua de consumo humano en Mar del Plata, Argentina.

Por otro lado, la dureza del agua no tiene efectos negativos para la salud humana y el medio ambiente, pero sí provoca otros inconvenientes como el peligro de obstrucción de tuberías, interfiere en la eficiencia de los procesos de desinfección de agua previa a ser envasada y altera sus características organolépticas; debido a esto se prefieren las aguas blandas para consumo (Zamora, 2009). El agua analizada se encuentra por debajo de los valores máximos señalados en la norma (200 mg/L dureza total), tanto la de fuentes despachadoras como la de las pipas, encontrándose valores de 5 a 10 mg/L (Tabla 1 y 2).

En cuanto a la calidad microbiológica, no se encontró presencia de mesófilos aerobios ni coliformes totales ni fecales, en ninguna de las muestras analizadas; contrario a lo encontrado en el presente estudio, Arriaza *et al.*, (2015) reportaron la presencia de *E. coli* en agua para consumo humano obtenida de filtros ubicados dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala por lo que concluyeron que esta no era apta para consumo humano. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, para no considerar el agua como un factor de riesgo de enfermedades, el conteo de coliformes debe ser 0/100 mL. Los resultados microbiológicos del agua analizada, tanto de las fuentes como de las pipas, muestran que esta es apta para el consumo humano, no representa un riesgo para la salud y que los procesos empleados son adecuados. Además el almacenamiento en los tanques de las fuentes y las pipas se realiza en un ambiente limpio. Por lo tanto, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua analizada, indican que cumple con los criterios de calidad para consumo humano.

CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en las fuentes fijas y pipas móviles distribuidoras de agua purificada, en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, durante el tiempo de estudio evidencian buena calidad de la misma, y los resultados obtenidos se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la normativa mexicana. En el caso del agua de las fuentes son ligeramente más ácidas que la de las pipas, y ambas tienen niveles bajos de iones. Esto sugiere que los métodos de purificación utilizados en las plantas purificadoras se realizan de manera adecuada; además en la forma de almacenamiento y distribución se mantienen las características fisicoquímicas y microbiológicas; por ello el agua analizada cumple con los estándares de calidad y es apta para consumo humano.

REFERENCIAS

- Abbaspour, N., Hurrell, R. y Kelishadi, R. 2014. Review on iron and its importance for human health. *Journal of Research in Medical Sciences*, 19:164-174.
- Amado, A.J., Rubiños, P.E., Gavi, R.F., Alarcón, C.J.J., Hernández, A.E., Ramírez, A.C., y Salazar, S.E. 2006. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción Phytón (Buenos Aires), 75: 71-83.
- Arriaza, A. E., Waight, S. E., Contreras, C. E., Ruano, A. B., López, A., Ortiz, D. 2015. Determinación bacteriológica de la calidad del agua para consumo humano obtenida de filtros ubicados dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. *Revista Científica*, (28):21-29.
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., y Andreoli, Y. 2006. Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. *Argentina, INTA. RIA 35 (3): 95-110.*
- Berdonces, J.L. 2008. La problemática del tratamiento del agua potable. *Medicina naturista 2(2): 22-28.*
- Escobedo, M. T., Plata, J. A. S., y Muñoz, G. E. 2015. Evaluación de

- los procesos de purificación de una despachadora de agua potable en Ciudad Juárez. CULCYT, (13): 17-25.
- Huerta-Saenz, L., Irigoyen, M., Benavides, J., y Mendoza, M. 2012. Tap or bottled water: drinking preferences among urban minority children and adolescents. *Journal of community health*, 37(1), 54-58.
- Hussain, T., Roohi, A., Munir, S., Ahmed, I., Khan, J., Edel-Hermann, V. y Anees, M. (2013). Biochemical characterization and identification of bacterial strains isolated from drinking water sources of Kohat, Pakistan. *African Journal of Microbiology Research*, 7(16), 1579-1590.
- Johnstone, N., y Serret, Y. 2012. Determinants of bottled and purified water consumption: results based on an OECD survey. *Water Policy*, 14(4), 668-679.
- Maraver, F., Vitoria, I., Ferreira-Pêgo, C., Armijo, F., y Salas-Salvado, J. 2015. Magnesium in tap and bottled mineral water in Spain and its contribution to nutritional recommendations. *Nutr Hosp*, 31(5), 2297-2312.
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., y García, M. D. C. 2004. Turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Revista de Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72-82.
- Márquez, L.V., González, M.R., Bayter, Y.O., y Sarabia, A.B.C. 2015. Caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San Diego, Cesar, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)* 3(2): 27-35.
- Memon, M., Soomro, M. S., Akhtar, M. S., y Memon, K. S. 2011. Drinking water quality assessment in Southern Sindh (Pakistan). *Environmental Monitoring and Assessment*, 177(1-4), 39-50.
- Milly, P. C., Dunne, K. A., y Vecchia, A. V. 2005. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, 438(7066), 347-350.
- Nagels, J.W., Davies, R.C., y Smith, D.G. 2001. A water quality index for contact recreation in New Zealand. *Water Science and Technology* 43 (5): 285-292.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones Generales De Etiquetado Para Alimentos Y Bebidas No Alcohólicas Preenvasados-Información Comercial y Sanitaria.
- 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 potabilización.
- Olías, M., Cerón, J.C., y Fernández, I. 2005. Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del US Laboratory Salinity (USLS). *Geogaceta* 37: 111-113.
- Pandey, S. R., Jegatheesan, V., Baskaran, K., y Shu, L. 2012. Fouling in reverse osmosis (RO) membrane in water recovery from secondary effluent: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11(2), 125-145.
- Rodier, J., Legube, B. y Merlet, N. 2009. *Análisis del agua*. Barcelona. 9ª. Edición. Omega S.A.
- Roldán-Santiago, A., y Gonzales-Ventimilla, F. 2016. Propuesta de optimización del uso del agua potable en la IE 80824 "José Carlos Mariátegui" El Porvenir-Trujillo-2014. *Revista Ciencia y Tecnología*, 11(4), 157-173.
- Samboni, R.N.E., Carvajal, E.Y., y Escobar, J.C. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación* 27:3172-181.
- Simanca, M. M., Álvarez, B. E., y Paternina, R. 2010. Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de Montería. *Temas Agrarios*, 15(1):71-83.
- Soria, E.G.N., García, S.J.A., Rebollar, R.S., y Hernández, M.J. 2011. Determinantes del consumo de agua por los sectores urbano e industrial en Guanajuato, México. *Análisis Económico* 26(63): 199-213.
- Vega, K.J.C. 2007. *Química del Medio Ambiente*. 2ª Edición; editorial Alfa omega S.A. de C.V. 19p.
- Wahlqvist, M.L. y K.N. Kuo, Securing health through food systems: an initiative of the nutrition consortium of the National Health Research Institutes in Taiwan and Asia Pacific regional partners as a network. *Asia Pac J Clin Nutr*, 2009. 18(4): p. 472-9.
- Wimalawansa, S. J. 2013. Purification of contaminated water with reverse osmosis: effective solution of providing clean water for human needs in developing countries. *J Emerg Technol Adv Eng*, 3(12), 75-89.
- Yao, L. Y., Chang, C. K., Maa, S. H., Wang, C., y Chen, C. C. H. 2011. Brushing teeth with purified water to reduce ventilator-associated pneumonia. *Journal of Nursing Research*, 19(4), 289-297.
- Zamora, J.R. 2009. Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual* 9:12-13.