

ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE AGUA PURIFICADA DISTRIBUIDA POR PIPAS MÓVILES EN LA CIUDAD DE REYNOSA, TAMAULIPAS; MÉXICO

S.R. Paz-Delgado^a, G.C. Rodríguez-Castillejos^{a*}, L.M. Isidro-Requejo^b, M.C. Hernández Jimenez^a

^a Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Tamaulipas, UAM Reynosa-Aztlán.

^b Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Forestales. Campo Experimental La Laguna.

*gcastillejos@uat.edu.mx

RESUMEN:

El agua es un compuesto ampliamente estudiado y se conocen sus propiedades físicas y químicas, es un elemento esencial para la vida; 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 y microorganismos dañinos, que pudieran estar presentes en ella. En el presente estudio se tuvo como objetivo analizar la calidad fisicoquímica y microbiológica de agua purificada que se distribuye en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas. Se analizaron cuatro pipas móviles distribuidoras de agua purificada; para poder determinar si cumplen con la normatividad establecida para su consumo. Durante el estudio se realizaron tres muestreos, para realizar una evaluación de aspectos físicos, químicos y microbiológicos en base a la NOM-041-SSA1-1993. 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. Los resultados obtenidos para todos los parámetros físicos y químicos analizados se encuentran dentro de los límites permisibles en base a la NOM-041-SSA1-1993. Las pipas móviles distribuidoras de agua purificada analizadas cumplen con los criterios de calidad de agua y son aptas para consumo humano.

ABSTRACT:

Water is a compound widely studied and their physical and chemical properties are known, it is an essential element for life; however, that this is appropriate for human consumption must meet certain criteria, so various methods have been designed to remove harmful compounds and microorganisms that may be present in it. In the present study aimed to analyze the physicochemical quality of purified water distributed in the city of Reynosa, Tamaulipas. Four mobile distribution pipes purified water were analyzed; to determine if they meet the standards established for consumption. During the study, three samples were taken, for an evaluation of physical and chemical aspects based on NOM-041-SSA1-1993. total dissolved solids, turbidity, pH, electrical conductivity, cations (Ca^{2+} , Mg^{2+}), anions (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}), hardness, alkalinity: parameters were analyzed. The results obtained for all physical and chemical parameters analyzed are within the permissible limits based on NOM-041-SSA1-1993. Mobile distribution of purified water pipes meet the criteria analyzed water quality and are suitable for human consumption.

Palabras clave: agua purificada, pipas, propiedades físicas y químicas

Keywords: Pipes, purified water, physical and chemical properties

Área: Microbiología y Biotecnología

INTRODUCCIÓN

Las primeras propiedades del agua que suelen considerarse son el color, sabor y olor, características inherentes a ella. Considerando el color, el agua de uso doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación el ser incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentra colorida y se tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración (Rodier *et al.*, 2009). Todos los seres vivos necesitan agua para su supervivencia, con una adecuada calidad (Larrea-Murrell *et al.*, 2013). Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento hasta la entrega al consumidor (Bueno *et al.*, 2014; Marroquín *et al.*, 2014), la misma debe ser sometida a tratamientos de potabilización.

La calidad del agua es la expresión cuantitativa y cualitativa de una multiplicidad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de un cuerpo de agua (Amado-Álvarez *et al.*, 2006; Rodier *et al.*, 2009); este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual requiere reunir dos características: estar exenta de sustancias y microorganismos nocivos para los consumidores y, estar libre de residuos que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo como son color, turbiedad, olor, sabor. Una sola muestra de agua puede contener cientos de constituyentes: elementos químicos en forma iónica o neutra, compuestos orgánicos, patógenos, elementos radioactivos y otros. El grado de importancia de cada uno de estos parámetros sobre la calidad del agua 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; León y Neira, 2013).

La definición de la calidad del agua implica también el conocimiento del tipo de uso que ha de darse a la fuente de agua en estudio. Una cierta fuente de agua puede ser de buena calidad para propósitos de riego agrícola, pero puede ser inadecuada para consumo humano; de esta manera, se han desarrollado diferentes estándares de calidad del agua en función del uso a que se destina un cuerpo de agua. Dichos estándares difieren en su esquema de clasificación y en los parámetros seleccionados como indicadores. Adicionalmente, debe considerarse que el criterio de “buena calidad del agua” varía en tiempo y espacio, dependiendo de las condiciones medioambientales y la influencia antrópica sobre las fuentes de agua (Rodier *et al.*, 2009; Soria *et al.*, 2011). La purificación del agua es cada día más necesaria, dados los crecientes niveles de contaminación en el mundo actual. Este nuevo siglo trae consigo el aumento de la población mundial, la escasez del agua, y cada día más común, la costumbre de consumir agua embotellada. Hay muchas razones para esta tendencia, aparte del sabor a cloro (u otros productos que se añaden).

Sin embargo, también se puede poner en duda la salubridad de beber siempre agua embotellada. (Berdonces, 2008). En la sociedad en que vivimos se hace indispensable el tratar el agua para potabilizarla ya que el agua limpia es un requisito fundamental para la reducción de enfermedades transmitidas por el agua (Berdonces, 2008). De allí la importancia de cada uno de los tratamientos aplicados para la potabilización del agua que en conjunto eliminan los patógenos, presentes

en el suministro del agua y previenen que crezcan de nuevo en los sistemas de distribución (Amado- Álvarez *et al.*, 2006). Sin embargo, a pesar de que se realizan diferentes procesos de purificación del agua no se garantiza que el producto final cumpla con los requisitos microbiológicos mínimos para su expendio, para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades en el agua para uso y consumo humano es necesario que cuente con la calidad adecuada y para lograr este propósito es necesario establecer límites permisibles para las características del agua. Por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de agua purificada proveniente de fuentes fijas y pipas móviles de la ciudad Reynosa, Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron un total de 36 muestras de pipas móviles de cuatro distintas empresas de agua purificada, las cuales distribuyen agua en distintas colonias en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas; durante los meses de junio y julio del 2014 y enero del 2015. Los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de agua fueron: sólidos disueltos totales (STD), turbidez, pH, conductividad eléctrica, cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+}), aniones (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}), dureza total, dureza temporal, dureza permanente y alcalinidad en base a la norma NOM-041-SSA1-1993, estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Todos los análisis se hicieron por triplicado obteniéndose un promedio de las repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) 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

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla I. Los sólidos disueltos totales son considerados la suma de todos los materiales disueltos en el agua, poseen muchas fuentes minerales (Kemmer & McCallion, 1989). Los valores obtenidos en este trabajo son más altos que los reportados por Amado-Álvarez *et al.*, (2006) en el índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México; los cuales dieron como valor mínimo de 6.93 y como máximo 8.35 mg/L; pero inferiores por 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 parámetro de turbiedad concuerda con los valores entre 0.0 y 1.4 UTN, reportados en el estudio de aguas envasadas en Montería, Córdoba, Colombia; (Simanca *et al.*, 2010).

La turbiedad del agua se elimina mediante la aplicación de la filtración y utilizando carbón activado (NOM-127-SSA1-1994). El pH del agua es importante para el desarrollo óptimo de los organismos, ya que el agua es un reactivo o producto en muchas reacciones metabólicas, y la regulación del equilibrio de esta 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. El pH del agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. (Addy *et al.*, 2004; Murray *et al.*,

2007). 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.

Como lo describen Olías *et al.*, (2005) la conductividad eléctrica (CE) en el agua es de gran importancia debido a que está relacionada con la salinización o sodificación del suelo o el agua, por lo cual se puede decir que está estrechamente relacionada con la presencia de los iones Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ ; por lo tanto con el valor de la conductividad eléctrica podemos darnos una idea de la cantidad de sales presentes, ya que esta aumenta según la concentración de iones (Zamora, 2009).

Tabla I. Características físicas y químicas del las medias de cuadrados mínimos de las cuatro pipas móviles distribuidoras de agua en la ciudad de Reynosa; Tamaulipas.					
	P1	P2	P3	P4	e.e. ¹
STD	16.0 ^b	12.58 ^c	12.16 ^d	28.16 ^a	0.10
Turbidez	0	0	0	0	0
pH	6.61 ^a	6.51 ^b	6.55 ^c	6.63 ^a	0.09
CE	25.0 ^b	19.66 ^c	19.0 ^d	44 ^a	0.16
Alcalinidad	16.0 ^b	15.0 ^c	11.0 ^d	18.0 ^a	0.42
Cationes					
Ca²⁺	0.8 ^c	1.6 ^b	2.4 ^a	0.8 ^c	0.60
Mg	1.44 ^a	0.0 ^c	0.0 ^c	0.72 ^b	0.78
Aniones					
CO₃⁻	0	0	0	0	0
HCO₃⁻	19.52 ^b	18.30 ^c	13.42 ^d	21.96 ^a	0.52
Cl⁻	6.39 ^b	5.68 ^c	5.68 ^c	11.36 ^a	0.25
SO₄²⁻	0	0	0	0	0
Dureza					
Total	8.0 ^b	10.0 ^a	6.0 ^c	5.0 ^d	0.03
Temporal	2.0 ^c	10.0 ^a	6.0 ^b	2.0 ^c	0.01
Permanente	6.0 ^a	0.0 ^c	0.0 ^c	3.0 ^b	0.05

¹ Error estándar más conservador es indicado para cada variable de respuesta de las pipas móviles distribuidoras de agua purificada muestreadas.

² Diferente literal dentro de variable de respuesta a través de las pipas móviles distribuidoras de agua purificada, muestran diferencias significativas (P<0.05).

Es considerado un parámetro fundamental en el análisis del índice de calidad del agua en la metodología Dinius (1987) en Idaho en Estados Unidos, en México en la metodología propuesta por Montoya (2012) y en España en la metodología ICG Calidad General y Simplificado (ISQA) (Samboni *et al.*, 2007). En un estudio realizado por Simanca *et al.*, (2010) reportó valores de alcalinidad oscilados entre 15.6 y 66.6 mg/L, siendo estos similares a los obtenidos en las muestras de las fuentes fijas y pipas móviles. No se considera que la alcalinidad cause daño al hombre, pero se encuentra asociada al pH, la dureza y los sólidos disueltos que si pueden producir efectos letales en altas concentraciones. (León & Neira, 2013). Los valores obtenidos de calcio en las muestras de agua de las pipas se encuentran por debajo de los valores obtenidos por Márquez *et al.*, (2010) en el agua envasada en el municipio de Montería, Córdoba, Colombia; donde reportaron valores de 4- 24 mg/L

de Calcio. Baccaro *et al.*, (2006) reportaron valores de 4.8 – 145.8 mg/L en la calidad del agua para Consumo humano y riego, en muestras del cinturón hortícola de mar del plata, siendo estos valores más altos que los obtenidos en las muestras analizadas en este estudio. Mientras que en el análisis del agua envasada en el municipio de Montería, Córdoba, Colombia; realizado por Márquez *et al.*, (2015) los valores oscilaron entre 0 y 33.12 mg/L, encontrándose en el rango de los valores obtenidos en este estudio y por lo tanto, están dentro de los límites máximo permisible establecido por la NOM-041-SSA1-1993. En el estudio realizado por Baccaro *et al.*, (2006) no se encontró la presencia de CO_3^- , lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el análisis del agua en las pipas móviles. El ion bicarbonato es el componente alcalino principal de casi todas las fuentes de agua, generalmente se introduce en el agua como disolvente del CO_2 , producido por acción bacteriana. Está relacionado con la alcalinidad del agua. En los seres vivos mantiene el pH extracelular normalmente entre 7.35 y 7.45 (Kemmer & McCallion, 1989).

Ya que todas las sales de cloruros son muy solubles en el agua es muy común encontrar la presencia de cloruros (Kemmer & McCallion, 1989). El cloro en conjunto con el sodio forma parte del plasma sanguíneo y del líquido extracelular que rodea las células, donde ayudan a mantener la presión osmótica, la acidez y la carga eléctrica; el cloro se utiliza para la síntesis del ácido clorhídrico estomacal. Son eliminados mediante la aplicación de la destilación y la osmosis inversa (NOM-127-SSA1-1994). El límite máximo permisible está basado por completo en el sabor que estos pueden producir en el agua, y no en algún daño fisiológico (Kemmer & McCallion, 1989; NOM-041-SSA1-1993). Los valores obtenidos se encuentran cercanos a los reportados en Colombia por Simanca *et al.*, (2010) los cuales oscilaron entre 8.7 y 23.8 mg/L, siendo estos de aguas subterráneas de los municipios de La Paz y San Diego. Cuando un agua es referida como agua “dura” esto simplemente significa que contiene más minerales que un agua normal. Hay especialmente minerales de calcio y magnesio. La presencia de calcio y magnesio en proporciones muy altas en el agua, genera entonces lo que se conoce como aguas duras. Mientras que la dureza del agua no tiene efectos negativos para la salud y el medio ambiente, 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 su consumo (Zamora, 2009).

La dureza temporal se produce por carbonatos y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de cal (hidróxido de calcio).



El bicarbonato de calcio es menos soluble en agua caliente que en agua fría, así que al hervir (que contribuye a la formación de carbonato) el agua se precipitará el carbonato de calcio fuera de la solución, dejando el agua menos dura (Zamora, 2009). La dureza permanente es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio o cloruros en el agua, los cuales son más solubles mientras sube la temperatura. También es llamada “dureza de no carbonato”. No puede eliminarse

con solo hervir el agua. Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60 ppm de carbonato de calcio (CaCO_3), medianamente dura entre 61 y 120 ppm de CaCO_3 , dura entre 121 y 180 ppm de CaCO_3 , y muy dura aquella con valores superiores a 180 ppm CaCO_3 . Mientras que la dureza del agua no tiene efectos negativos para la salud y el medio ambiente, 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 su consumo (Zamora, 2009).

BIBLIOGRAFÍA

- Addy, K., Green, L. & Herron, E. 2004. pH and alkalinity. Rhode Island, Estados Unidos. Consultado 27 sep. 2011. 4 p.
- Amado, A.J., Rubiños, P.E., Gavi, R.F., Alarcón, C.J.J, Hernández, A.E., Ramírez, A.C. & Salazar, S.E. 2006. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Phyton* (Buenos Aires) 75: 71-83.
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E. & 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.
- Bueno, K.Z.A., Vidal, A.P. & Lozada, P.T. 2014. Identificación de peligros químicos en cuencas de abastecimiento de agua como instrumento para la evaluación del riesgo. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, 13(24), 2.
- Kemmer, F.N. & McCallion, J. 1989. Manual de agua su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Nalco Chemical Company. McGraw-Hill. Tomo I.
- León, B.H.G. & Neira, S.J.R. 2013. Control microbiológico en etapas de purificación y producto terminado del agua de bidones. Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Químicas. Carrera de Bioquímica y Farmacia.
- Márquez, L.V., González, M.R., Bayter, Y.O & 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.
- Marroquín, C. P. A., Vidal, A. P., & Lozada, P. T. 2014. Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. *Revista EIA*, 11(21), 157-169.
- Montoya, C., Cruz, CH., Torres, P., Laín, S., & Escobar, J. 2012. Evaluación de las condiciones de mezcla y su influencia sobre el cloro residual en tanques de compensación de un sistema de distribución de agua potable. *Ingeniería y Ciencia* 8(15): 9-30.
- Larrea-Murrell, J.A., Rojas-Badía, M.M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N.M. & Heydrich-Pérez, M. 2013. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44 (3) pp. 24-34

- Norma Oficial Mexicana. NOM-041-SSA1-1993. Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.
- 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. & Fernández, I. 2005. Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del US Laboratory Salinity (USLS).GEOGACETA 37: 111-113.
- Rodier, J., Legube, B. & Merlet, N. 2009. Análisis del agua. Barcelona. 9ª. Edición. Omega S.A.
- Samboni, R.N.E, Carvajal, E.Y. & Escobar, J.C. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e Investigación 27:3 172-181.
- Simanca, M., Álvarez, B.E. & 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 & Hernández, M.J. 2011. Determinantes del consumo de agua por los sectores urbano e industrial en Guanajuato, México. Análisis Económico 26(63): 199-213.
- 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.