

Higiene y Sanidad Ambiental, **16** (1): 1375-1379 (2016)

Análisis físico-químico de aguas para el consumo humano de Centros Laborales en La Habana (Cuba)

PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF DRINKING WATERS IN WORK CENTRES OF LA HABANA (CUBA)

Alina Ester MEZQUIA VALERA, Daniel PALACIO ESTRADA, Nadiecha COTARELO GÓNGORA, Marta FERNÁNDEZ NOVO, Ricardo CANGAS RANCAÑO

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Infanta 1158 e/Llinás y Clavel. Ciudad de La Habana, Cuba.

Correspondencia: Alina Ester Mezquia Valera. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Infanta 1158 e/Llinás y Clavel. La Habana, Cuba. Correo-e: alinamv@infomed.sld.cu / alina@inhem.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud, debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible. *Objetivo:* Determinar el análisis físico-químico de las aguas para el consumo humano de centros laborales. *Material y métodos:* Se analizaron 89 muestras de agua potable de 52 Centros Laborales situados en La Habana, las cuales fueron recibidas en el Laboratorio de Química del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Año 2014 - Primer semestre 2015. El estudio fue realizado conforme a métodos estandarizados. Los datos primarios fueron introducidos mediante MS EXCEL 2000 y posteriormente procesados mediante el programa SPSS 20. El análisis estadístico incluyó el cálculo de los valores de tendencia central (media aritmética y mediana) y el porcentaje de transgresión con respecto de la norma. *Resultados:* Se muestra una asociación lineal fuerte entre la conductividad (CE) y los sólidos totales disueltos (STD), los cloruros, sulfatos y nitratos. *Conclusiones:* Los parámetros físico-químicos seleccionados muestran la calidad de las aguas de Centros Laborales para la prevención y control adecuado en la seguridad del agua potable.

Palabras clave: Agua potable, parámetros físico-químicos, Centros Laborales.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud.

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo

sea la mayor posible. Resulta importante en el Informe del Programa Conjunto (OMS, 2015). La Organización Mundial de la Salud y la Organización Mundial de la Infancia OMS /UNICEF plantea que el seguimiento del acceso al agua, el saneamiento y la higiene debe prestarse una mayor atención a la calidad, no solo al acceso, también deben incluirse las escuelas, los centros de atención de salud y los lugares de trabajo, además de las familias. (UNESCO, 2006; OMS, 2008; Prieto Díaz et al., 2004) La gran mayoría de los problemas de salud relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación por microorganismos (bacterias,

virus, protozoos u otros organismos). No obstante, existe un número considerable de problemas graves de salud que pueden producirse como consecuencia de la contaminación química del agua de consumo. Desde ese punto de vista los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible por su gusto, olor o aspecto inaceptables.

En situaciones en las que no es probable que una exposición de corta duración perjudique la salud, suele ser más eficaz concentrar los recursos disponibles para medidas correctoras en la detección y eliminación de la fuente de contaminación que en instalar un sistema caro de tratamiento del agua de consumo para la eliminación del componente químico. Sin embargo puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; pero sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. De este modo, los cambios en el aspecto, olor y sabor del agua de consumo de un sistema de abastecimiento con respecto a sus características organolépticas normales pueden señalar cambios en la calidad del agua bruta o cruda (sin tratar) de la fuente o deficiencias en las operaciones de tratamiento, y deben investigarse. Tales como la exposición a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, que puede generar manchas en los dientes y, en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. De modo similar, el agua de consumo puede contener arsénico de origen natural y una exposición excesiva al mismo puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y lesiones cutáneas. Otras sustancias de origen natural, como el uranio y el selenio, pueden también ocasionar problemas de salud cuando su concentración es excesiva.

La presencia de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas. Sobre todo en zonas con aguas corrosivas o ácidas, la utilización de cañerías y accesorios o soldaduras de plomo puede generar concentraciones altas de plomo en el agua de consumo, que ocasionan efectos neurológicos adversos (Díaz-Barriga et al, 2014; González González, 2013). Es por eso que el consumo de agua de mala calidad, no solo causa problemas de salud

sino también afecta la economía, el medio ambiente, las estructuras de abastecimiento y la calidad de vida de la población. La deficiencia de la calidad del agua repercute en los costos que ocasiona al sector salud, el aumento de horas médicas de consulta externa, el aumento de las tasas de hospitalización, gastos de rehabilitación, suministro de medicamentos, y tratamiento de las enfermedades asociadas a la calidad del agua, sin contar además que el país pierde días laborables remunerados por la ausencia de los enfermos al lugar de trabajo (Aguar Prieto, 2008; Marcó, 2004; Rojas, 2002).

El objetivo de este estudio fue determinar la composición físico-química de las aguas de consumo de Centros Laborales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 89 muestras de agua potable de 52 Centros Laborales situados en diferentes municipios de La Habana (Cuba), zona urbana, las cuales fueron recibidas en el Laboratorio de Química del Agua del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) en el periodo comprendido entre los años 2014 y primer semestre del 2015. Se procedió a la toma de muestras según métodos normalizados, con el fin de que sea representativa de la fuente de abasto de la red de distribución, teniendo en cuenta los puntos clave tales como entrada de la red de distribución del agua, tanques de tratamientos, neveras en plantas de producción, bebederos localizados en los comedores y oficinas, todas catalogadas como aguas de consumo o potable. Las muestras de agua fueron preservadas y conservadas de acuerdo con los procedimientos normalizados toma de muestras de agua y líquidos residuales (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012). El empleo de este método garantizó la no degradación de las muestras de agua extraídas, su apropiada conservación y un análisis de las mismas dentro del período de tiempo establecido.

Métodos de análisis

El análisis físico-químico de las muestras de agua fue realizado en el Laboratorio de Química del Agua del INHEM, conforme al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (21th ed., 2012), y al Manual de Métodos de Análisis para la Determinación de Parámetros Físico-Químicos (INHEM, 2014).

Los datos primarios fueron introducidos en MS EXCEL 2000 y posteriormente procesados mediante el SPSS 20. El análisis estadístico incluyó el cálculo de los valores de tendencia central (media aritmética y mediana), y el porcentaje de transgresión de la norma. Se tomó como límites máximos admisibles (LMA), lo establecido en la Norma Cubana NC:827:2012: Agua Potable, Requisitos Sanitarios. Esta norma establece los LMA siguientes: Sulfatos: 400 mg/L; sólidos totales disueltos: 1000 mg/L;

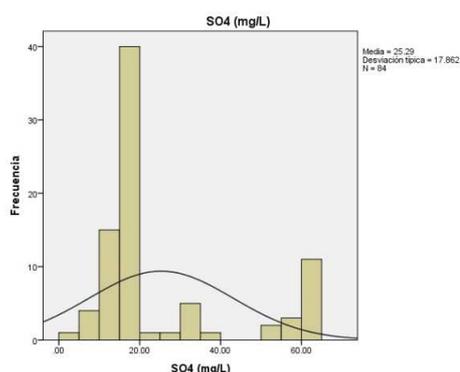


Figura 1

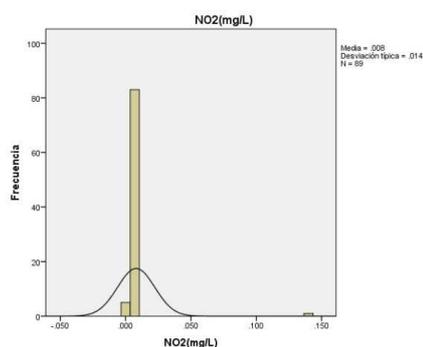


Figura 2

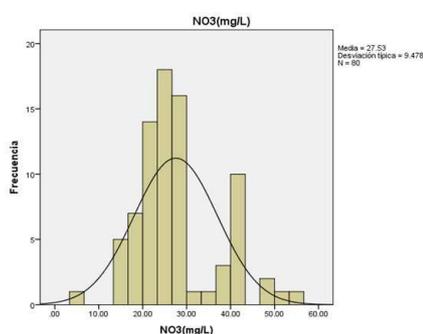


Figura 3

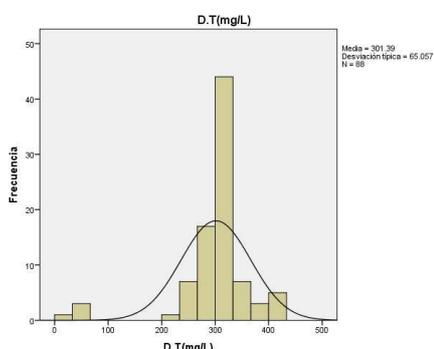


Figura 4

cloruros: 250 mg/L; pH: 6.5-8.5; dureza total como CaCO₃: 400 mg/L; turbiedad: < 5 UT; cloro libre: 2,0 mg/L; en el caso de la conductividad la norma no establece LMA, pero tomamos como referencia la

Comunidad Europea, que establece un valor guía en agua potable de 400 μ S/cm.

En el laboratorio con antelación se había realizado la validación de los métodos de análisis. En el caso de que al analizar las muestras, estas dieran una señal no significativa en el rango lineal de la curva de calibración, se reportaba como < LCM y para realizar el análisis estadístico, se asumió el valor del LCM de cada parámetro, como se expresa a continuación:

Sulfatos: >3.121mg/L para el método A (el cual se utiliza cuando la concentración de sulfato en la muestras sea mayor de 10 mg/L) y para el método B > 0.129 mg/L (se utiliza cuando la concentración de sulfato en la muestras sea menor de 10 mg/L), pH: >0.04, turbiedad: >1.71UT, conductividad: >2.94 μ S/cm, sólidos totales disueltos: >3,02mg/L., nitrato: >2.18, nitrito: >0.007, y amoniaco: >0.09 mg/L.

Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para evaluar la normalidad de la distribución de los resultados de los parámetros estudiados y para la relación entre estos se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman, debido a la distribución no normal que mostraron los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se observa que de las 89 muestras analizadas, un 68.5 % superaron los LMA para la conductividad, tomando como referencia los valores de 400 μ S/cm de la Comunidad Europea. En el caso de los parámetros correspondientes al ciclo del nitrógeno, los valores de porcentaje que supera los LMA son bajos pero se pudiera referir a que la presencia de nitrógeno en el agua es un indicador de una posible contaminación por bacterias, aguas residuales o desechos de origen animal, y de su estado de oxidación. Un exceso de nitrógeno orgánico y/o amoniacal puede poner en peligro la eficacia de la desinfección, dar lugar a la formación de nitritos y nitratos en los sistemas de distribución, deteriorar los filtros para la eliminación de manganeso y crear problemas de sabor y de olor (Martínez Varona, 2014). Al respecto, los nitritos representan la forma intermedia, metaestable y tóxica del nitrógeno inorgánico en el agua. La actividad de ciertos microorganismos y procesos enzimáticos puede provocar la reducción de los nitratos a nitritos. Por eso el contenido en nitratos permite una valoración de la calidad del agua y proporciona información sobre problemas medioambientales como la eutrofización o carencia de oxígeno en el agua. La norma establece una concentración máxima de nitratos y nitritos de 45 y 0,01 mg/L, respectivamente (Silguera Capella et al., 2014; Sneider Walther, 2012).

Se procedió a determinar la bondad de ajuste de cada parámetro evaluado, al analizar la significación se apreció que en la mayoría de ellos la $p < 0.05$, tales como conductividad, sulfato, turbiedad, nitrito, nitrato, dureza total, amoniaco; es decir que no

Tabla 1. Valores resúmenes de los parámetros físico-químicos.

Parámetros	Mín.	Media	Máx.	Porcentaje que supera los LMA (%)
pH	6.42	7.489	8.26	0.0
Cond.($\mu\text{s/cm}$)	142	639.29	866	68.5
SO_4^{2-} (mg/L)	3.60	25.291	64.81	0.0
S.T.D(mg/L)	91.0	385.0	634	0.0
Turbiedad. (UT)	0.20	0.00	1.89	0.0
D.T(mg/L)	30	301.39	400	0.0
Cl^- (mg/L)	9.50	44.325	63.98	0.0
Cl. Libre (mg/L)	0	0.542	2.0	0.0
NO_3 (mg/L)	6.00	25.527	55.90	4.5
NO_2 (mg/L)	0.007	0.008	0.140	1.1
NH_3 (mg/L)	0.09	0.1090	0.53	5.6

poseen una distribución normal y se rechazó la hipótesis nula, lo que se corroboró con la prueba de Kolmogorov – Smirnov (figuras 1-4).

Se analizó la matriz de correlación entre los parámetros estudiados, mediante el empleo del coeficiente de correlación (ρ) de Spearman, debido a que los contaminantes mostraron una distribución no normal.

En la tabla 2 se muestra el coeficiente correlación del Spearman y su nivel de significación, aprecián-

dose que existe una asociación lineal fuerte entre la conductividad (CE) y los STD, entre los sulfatos y cloruros. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad. En el agua, algunos iones son directamente responsables de los valores de conductividad entre los que están el calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, sulfatos y cloratos. Se observó una moderada a fuerte

correlación lineal entre los sulfatos, (STD) y los cloruros para lo cual los resultados coinciden con otros autores (Palacio Estrada et al., 2014; Silguera Capella et al., 2014; Sneider Walther, 2012).

CONCLUSIONES

Se obtuvieron valores máximos de conductividad por encima de los referidos al valor guía de la

Tabla 2. Coeficiente de correlación (ρ) de Spearman entre los parámetros.

Parámetro	Cond ($\mu\text{s/cm}$)	SO_4^{2-} (mg/L)	S.T.D (mg/L)	D.T (mg/L)	Cl^- (mg/L)	Turb (UT)	NO_3 (mg/L)	Cl ₂ . Libre (mg/L)
pH	C= -.159 p=.201	C=-.341(*) p=.002	C=-.076 p=.565	C=358(*) p=.001	C=.222(*) p=.040	C=-.249 p=.070	C=.056 p=.624	C=.232(*) p=.043
Cond.($\mu\text{s/cm}$)	-----	C=.738(**) p=.000	C=.958(**) p=.000	C=.488(*) p=.000	C=.719(**) p=.000	C=-.358 p=.023	C=.824(**) p=.000	C=.490(*) p=.000
SO_4^{2-} (mg/L)	-----	-----	C=.701(**) p=.000	C=.294(*) p=.007	C=.657(**) p=.000	C=.018 p=.898	C=.573(*) p=.000	C=.521(*) p=.000
S.T.D(mg/L)	-----	-----	-----	C=.389(*) p=.002	C=.659(**) p=.000	C=.326(*) p=.043	C=.792(**) p=.000	C=.487(*) p=.000
D.T(mg/L)	-----	-----	-----	-----	C=.218(*) p=.044	C=-.015 p=.910	C=.074 p=.516	C=.246(*) p=.032
Cl^- (mg/L)	-----	-----	-----	-----	-----	C=.073 p=.600	C=.075 p=.494	C=.348(*) p=.002
Turb (UT)	C=.358(*) p=.023	C=.018 p=.898	-----	C=.015 p=.910	C=.073 p=.600	-----	C=-.111 P=.437	-----

Comunidad Europea, ya que la NC:827:2012 no la contempla.

Se obtuvieron valores de nitratos (NO_3^-) que superan los Límites Máximos Admisibles según la NC:827:2012, lo que se consideró no apta para el consumo.

Se observó una fuerte asociación lineal entre conductividad y STD, y entre los sulfatos, cloruros y nitratos.

Se observó una moderada a fuerte correlación lineal entre los sulfatos, STD y cloruros.

Los parámetros físico químico seleccionados muestran la calidad de las aguas de Centros Laborales para la prevención y control adecuado en la seguridad del agua potable.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar Prieto P, Aguiar Acosta M, Martí Pérez M. ABC de la Higiene. La Habana: MINSAP; 2008. Pág. 146-148. [Citado en 12 Mayo 2012].
- Díaz-Barriga F, Monroy MM, Medellín MP, López VA, Nieto CL. [Sitio en Internet]. [Citado 9 noviembre del 2014]. La contaminación por metales en el suelo y el agua del área de Villa de la Paz. (Matheuala,SLP).
- González González MI. Un futuro a favor de la protección del agua. *Rev. Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 2013;51(2):10-15 [citado 15 noviembre del 2014].
- Martínez Varona M, Palacio Estrada D, Cangas Rancaño R, Fernández Novo M, Cotarelo Góngora N. Determinación del ciclo del nitrógeno en diferentes aguas utilizadas para el consumo humano. *Hig. Sanid. Ambient.* 2014;14(3):1213-1217.
- Marcó L, Azario R, Metzler C, García M del C. La 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). *Hig. Sanid. Ambient.* 2004; 4:72-82.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Informe marca el 25 aniversario del Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo (PCM). 2015.
- Organización Mundial de la Salud. Guía para la calidad del agua potable [Internet]. 3ª ed. Ginebra: OMS; 2008.
- Prieto Díaz VI, González MI., García Melián M, Cepero Martín JA. Terry. Water Supply Division. Drinking Water Standards: Governing Drinking Water Quality and Reporting Requirements for Public Water Systems 30 TAC Chapter 290 Subchapter F. Texas, 2004.
- Palacio Estrada D, Martínez VM, Pérez C A, et al. Comportamiento de parámetros físico-químicos en diferentes aguas utilizadas para el consumo humano *Hig. Sanid. Ambient* [Internet]. 2014; 14(2):1207-1211.
- Rojas R. Guidelines for the Surveillance and Control of Drinking Water Quality. OPS/CEPIS/PUB/02.80. Lima 2002.
- Sneider Walther LL. Análisis físico-químico y bacteriológico de aguas. COD: 1044 [Internet]. In Slide Share. Mountain View, CA: LinkedIn Corporation; c2015.
- Silguera Capella JF, Benítez Cortes I, Ramos Sánchez LB, González Sáez I, O. Farrill Pie ME, De León Benítez JB. Evaluación físico química del agua de consumo de los pozos del municipio San José de Guanipa, Estado Anzoátegui, Venezuela. [Internet]. *Hig. Sanid. Ambient.* 2014 [citado 2 de nov.2015]; 14(3): 1219-1222.