

24. Agua

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de consumo en la zona aledaña al cementerio de Minga Guazú, Paraguay, 2018.

Amarilla Espínola José Ariel¹; Manera Vuyk Alessandra Alicia¹; Meza Arce Fabián de Jesús¹; Portillo Orué Liliana Carolina¹; Quiñonez Bernal Rocio María del Carmen¹; Silva Falabella Cristel Concepción¹; Rolón Garcete Carmen Elena¹; Mereles Aranda Eva Fabiana²; Sosa Benegas Gabriela Rocio³; Galeano Sunilda⁴; Samudio Legal Lisa⁴; Giménez Ayala Andrea Elizabeth^{1, 2}

1-Cátedra de Metodología de la investigación. Facultad de Ciencias de la Salud-FACISA. Universidad Nacional del Este.

2- Laboratorio de Aguas y Alimentos-Centro de Investigaciones Médicas CIM-FACISA, Minga Guazú, Paraguay.

3- Laboratorio ecológico ITAIPU Binacional, Margen Derecha.

4- Laboratorio de Aguas. Facultad de Ingeniería Agronómica-FIA. Universidad Nacional del Este.

jose.espinola.jun95@Gmail.com

Universidad Nacional del Este.

Resumen

Los parques cementerios pueden ocasionar problemas de salud pública debido a la contaminación por lixiviados que libera el proceso de descomposición de los cadáveres, éstas sustancias pueden infiltrarse a través del suelo y llegar a los depósitos de agua subterránea de las zonas aledañas. El objetivo de este estudio fue determinar el grado de contaminación microbiológica de las muestras de agua de consumo de viviendas de la zona aledaña al cementerio del Km 16 Minga Guazú a través del análisis de concentración de coliformes fecales y totales, aerobios mesófilos, hongos y levaduras, sulfitos reductores, además de estudios fisicoquímicos. Se aplicó un cuestionario a los pobladores de tales viviendas para obtener los datos de la población y determinar las fuentes de consumo de agua. Las muestras fueron recogidas durante los meses de marzo y abril de 2018. Fueron censadas 44 viviendas alrededor del cementerio, de los cuales 13 contaban con pozo común, la mayoría de éstas viviendas también contaban con agua de una red de distribución pública, del cual se estudió una muestra. Los análisis fisicoquímicos fueron realizados por medio de las técnicas de: medición de pH (con potenciómetro), turbidez (con nefelómetro), conductividad y sólidos disueltos (con conductímetro), alcalinidad total, dureza total, dureza de calcio y magnesio (con

titulómetro) y oxígeno disuelto (con electrómetro). Los análisis microbiológicos fueron realizados por medio de las técnicas de filtración por membrana y de cultivos en placas Petrifilm® para la determinación de coliformes totales y fecales, aerobios mesófilos, hongos, levaduras y sulfitos reductores. Las 13 muestras de pozo común presentaron coliformes totales y fecales en cantidades que superan el límite establecido para ser considerada agua potable, pero 1 muestra de la red de distribución estaba libre de coliformes fecales. 9 muestras presentaron un recuento de aerobios mesófilos fuera del rango de valores establecido y 9 presentó sulfitos reductores y una sola muestra presentó valores fuera de lo establecido para hongos y levaduras. Con respecto a los análisis fisicoquímicos, las 14 muestras presentaron valores dentro del rango para pH, sólidos disueltos totales, alcalinidad total, dureza total, Calcio y Magnesio; sin embargo, los 14 presentaron la conductividad fuera de lo establecido. La elevada cantidad de microorganismos encontrados podría deberse a la contaminación por lixiviados lo que podría afectar a la salud de la población si ella utiliza estas aguas para consumo sin tomar las debidas medidas de seguridad.

Palabras claves: Análisis fisicoquímicos de agua, Análisis microbiológico de agua, contaminación por cementerios, Minga Guazú, Paraguay.

Introducción

La actividad de los parques cementerios puede ocasionar problemas de salud pública por epidemias y bacterias que se alojan en el suelo debido a la contaminación por lixiviados que libera el proceso de descomposición de los cadáveres, sustancias que pueden infiltrarse a través del suelo y llegar a los depósitos de aguas subterráneas en las zonas aledañas. (Velasco Rivera, Aurora; Minota Zea, 2012)

El suelo sirve como sumidero de diversas sustancias que el hombre acumula en él, entre ellas los lixiviados que generan las basuras o la sepultura de cadáveres. El lixiviado contiene sustancias peligrosas, como putrescina y cadaverina, microorganismos patógenos, metales pesados, isotopos radiactivos y dioxinas que pueden pasar a través del suelo y llegar a las aguas subterráneas específicamente 200 metros a la redonda, por ser la zona de riesgo de diseminación de lixiviados. (Espinoza Eche, n.d.; Velasco Rivera, Aurora; Minota Zea, 2012)

Las aguas superficiales son más susceptibles de contaminación que las subterráneas. La construcción, localización y operación inadecuada de infraestructuras, como en el caso de los cementerios en medios urbanos, puede

provocar la contaminación de manantiales hídricos por microorganismos que proliferan en el proceso de descomposición de los cuerpos, sobre todo en aquellos cuya causa de muerte fue una enfermedad contagiosa. (M & M, 2010)

No se ha encontrado legislación actual para la ubicación, uso y conservación de cementerios en la zona de Minga Guazú, pero sí se menciona en el documento de ordenanza municipal de la ciudad de San Lorenzo en la cual no se menciona la reglamentación de colocación de cadáveres en el suelo, solo la profundidad de 2.20 por 1 metro de tamaño. (Ordenanza N° 23/2012, 2012)

En Perú, se menciona a la Ley N° 26298 de Cementerios y Servicios Funerarios (22/03/1994) y Reglamento de Cementerios y Servicios Funerarios (DS. N° 03-94-SA) (06/10/1994).

El artículo más destacado es el artículo 15, inciso c-iii): *“el área destinada a sepulturas en un cementerio no puede estar situada a menos de 10 metros de un río, manantial o canal de riego abierto”*. Artículo 15, inciso a-ii): *“la distancia mínima entre el fondo de las sepulturas bajo suelo y la napa freática debe ser de 2.5 metros”*. (Espinoza Eche, n.d.).

Para determinar la contaminación microbiológica del agua, se realiza la búsqueda de microorganismos indicadores como *Escherichia coli*, coliformes totales, coliformes fecales, aerobios mesófilos, microorganismos sulfitos reductores, entre otros.

Estos parámetros son de elección debido a que son indicadores de alteraciones en la calidad del agua y la presencia de los mismos en concentraciones elevadas puede representar un riesgo para la salud humana. (APHA et al., 2005)

Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan lactosa a temperatura de 35 a 37 °C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h, son aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. (Murrell, Rojas, Romeu, Rojas, & Heydrich, 2013)

Las bacterias coliformes de origen fecal son aquellas comprendidas en el grupo anterior (coliformes totales), que además son capaces de fermentar la lactosa, con producción de ácido y de gas a 44°C, en un tiempo máximo de 24h. (Obón de Castro, José Maria, 2006)

Las bacterias aerobias son todas las bacterias heterótrofas, aerobias o anaerobias facultativas, mesófilas y psicotróficas capaces de crecer en un medio de agar nutritivo. Este recuento de colonias es útil para evaluar el estado de los recursos de agua en su origen y la eficacia del proceso de tratamiento de las aguas destinadas al consumo humano e indica la limpieza y el estado de los sistemas de distribución. (Obón de Castro, José Maria, 2006)

Los anaerobios sulfito-reductores constituyen un grupo asociado a los *Clostridium*. Son deteriorantes, ya que producen malos olores. Estos microorganismos tienen la capacidad de reducir los sulfitos a sulfuros a partir de aminoácidos y compuestos azufrados. Debido a las características que poseen los anaerobios sulfito-reductores es que se han propuesto como indicadores de contaminación de alto riesgo del agua. (Gesche, E; Vallejos, A; Saez, M, 2003)

Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos

investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Samboni Ruiz, Natalia Eugenia; Carvajal Escobar, Yesid; Escobar, Juan Carlos, 2007)

El Ph es el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno. La escala de pH se extiende desde el 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25°C. (Rodríguez Zamora, Johel, 2000)

La conductividad es la habilidad de una solución para conducir electricidad. Pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua. Estos iones provienen principalmente de los ácidos y sales de la solución de fuente. Entre más concentrado de solución de fuente sea añadido al agua, el número de iones se incrementa, junto con la conductividad. En el agua y en fluidos iónicos puede generarse el movimiento de una red de iones cargados, por lo cual este proceso produce corriente eléctrica y se denomina conducción iónica (Rodríguez Zamora, Johel, 2000)

La turbidez es una medida importante en aguas potables, pues las pequeñas partículas coloidales, pueden portar gérmenes patógenos. En cursos

naturales de agua la turbidez produce una falta de penetración de la luz natural y por tanto modifica la flora y fauna subacuática (Aznar Jiménez, 2000). El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Es una medida indirecta de la cantidad de sólidos disueltos estando relacionados ambos mediante la expresión empírica. (Aznar Jiménez, 2000)

Objetivo

Determinar la concentración de contaminantes microbiológicos y determinar los parámetros fisicoquímicos de las aguas de consumo de la zona aledaña al cementerio de Minga Guazú, Paraguay, 2018.

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio descriptivo, prospectivo y de corte transversal. Se tuvo en cuenta la ubicación de las fuentes de abastecimiento de aguas subterráneas provenientes de pozos comunes en la zona cercana al cementerio de Minga Guazú.

El cementerio de Minga Guazú se encuentra en el km 16 de la ruta VII, a 100 metros de la avenida principal y a 4 metros de distancia de las tres manzanas

de viviendas que lo rodean. Alrededor del cementerio se contabilizó 44 viviendas de las cuales 13 poseen pozo común y son las que conforman la población enfocada de este estudio.

La población enfocada estuvo conformada por 13 viviendas que tenían pozo común y una de ellas también tenía pozo artesiano, como fuente de consumo de agua. La unidad de análisis consistió en cada una de las 14 muestras de aguas subterráneas obtenidas de los pozos de tales viviendas.

Las muestras de agua fueron extraídas haciendo uso de cubetas y cuerdas. Se siguieron los procedimientos establecidos en la Norma Paraguaya (INTN, 1981). Se utilizó envases de plástico con tapa hermética, para las pruebas fisicoquímicas y bolsas estériles de polietileno Whirlpack® de Tomas Scientific, para las pruebas microbiológicas. Se garantizó la conservación de las muestras a la temperatura requerida (menor a 6 °C), durante todo el tiempo de transporte y almacenamiento, según la norma paraguaya (NP 24 001 80, 2011) (APHA, AWWA, & WPCF, 2005)

Se realizó la determinación de presencia de bacterias coliformes fecales y totales por medio de las técnicas de filtración por membrana y de cultivo en placas

Petrifilm®, a 45°C y 37°C respectivamente durante 48 horas. Para la determinación de sulfitos reductores se utilizó el medio de cultivo PathoScreen™, a 25°C, durante 48 horas.

La determinación de aerobios mesófilos se realizó por medio de la técnica de cultivo en placas Petrifilm®, a 37°C, durante 48 horas. Para la determinación de hongos y levaduras se utilizó el medio de cultivo agar-saboraud-glucosa en placas Petrifilm®. Todos los análisis citados anteriormente se realizaron en el laboratorio ecológico margen derecha de la ITAIPU Binacional.

En el laboratorio de Aguas de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la UNE, se realizó el estudio fisicoquímico de las aguas. Se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: turbidez utilizando el método nefelométrico y medido con un turbidímetro previamente calibrado y testado de la marca Instrutherm modelo TD-300. Conductividad medida con el conductímetro de la marca Boeco, modelo CT-470. Sólidos disueltos totales, utilizando el conductímetro de la marca

Boeco modelo CT-470. Ph, medido por el método potenciométrico con un phmetro digital, Oxígeno disuelto por el método electrométrico utilizando un oxímetro. Alcalinidad total, dureza total, dureza de

calcio, dureza de magnesio, calcio y magnesio por el método titulométrico. (Aznar Jiménez, 2000)

Todos los procedimientos se realizaron con el consentimiento de los dueños de las viviendas. En cuanto a los resultados, los mismos fueron entregados, de manera

confidencial, a los dueños de las viviendas de las que se obtuvieron las muestras. En ningún momento se divulgaron los resultados asociados a nombre propios de personas y/o instituciones, o con un fin diferente al estrictamente científico.

Resultados y discusión

Tabla 1. Distribución de resultados microbiológicos de n=14 muestras de agua.

Análisis microbiológicos	Apto	No apto	Valores permitidos*
Coliformes totales	0	14	0*
Coliformes fecales	1	13	0*
Recuento de aerobios mesófilos	5	9	500 UFC*
Hongos y levaduras	13	1	100 UFC
Sulfitos reductores	5	9	Negativo

*Según la Norma Paraguaya 24 001 80, 2011.

El 100% de las aguas estudiadas presentaron valores de coliformes totales y el 93% para coliformes fecales fuera de la norma.

El recuento de microorganismos aerobios mesófilos estuvo fuera del rango en el 64,3% de las muestras (n=9), lo que indica la presencia de microorganismos que podrían ser patógenos. El 64,3% de las muestras presentó sulfitos reductores y el 7,1% presentó hongos y levaduras.

La presencia de coliformes en las muestras provenientes del pozo se debe, posiblemente, a que este se encuentra

próximo a una gran cantidad de bóvedas en las que se albergan cuerpos que producen sustancias en los primeros años de descomposición, lo que ayuda a la migración de los microorganismos y su filtración a través de los espacios presentes en estas estructuras y permite su paso al agua del pozo. Dentro de este grupo se encontró *Escherichia coli*, la cual se relaciona con la presencia de enfermedades entéricas, que son causantes de serios daños en la salud humana. (M & M, 2010)

Tabla 2. Resultados de análisis fisicoquímicos de n=14 muestras de agua.

Análisis fisicoquímicos	Apto	No apto	Valores permitidos*
ph	14	0	4-9
Turbidez	12	2	≤5UTN
Conductividad	0	14	12,5
Sólidos disueltos totales	14	0	≤600
Alcalinidad total	14	0	≤250
Dureza total	14	0	≤400
Calcio	14	0	≤200
Magnesio	14	0	≤50
Olor	Aceptable		Aceptable

*Según la Norma Paraguaya 24 001 80, 2011.

Con respecto a los análisis fisicoquímicos, el 100% de las muestras presentó pH, sólidos disueltos totales, alcalinidad total, dureza total, cantidades de Calcio y Magnesio dentro de los rangos establecidos por la Norma Paraguaya y el 14,3% presentó turbidez fuera de los valores permitidos.

El 100% de la conductividad de las aguas estudiadas estaban fuera de los valores permitidos por la Norma Paraguaya.

Conclusión

El 92.8% (n=14) de las muestras analizadas no son aptas para consumo. Las aguas analizadas de los pozos comunes en la zona cercana al

cementerio de Minga Guazú poseen contaminantes microbiológicos y no cumplen con los parámetros fisicoquímicos de conductividad y turbidez haciendo que estas aguas no cumplan con lo establecido por la norma.

Estos resultados serán complementados con el análisis de putrescina y cadaverina para confirmar que los contaminantes provienen de la descomposición de los cadáveres del cementerio de Minga Guazú.

Bibliografía

APHA, AWWA, & WPCF. (2005). *Métodos Estándar para el examen de aguas y aguas de desecho* (Vol. 1912).

- Arteaga, D. A., & Narvárez, S. P. C. (2013). Determinación de cadaverina en muestras de suelos, con reactivo de Nessler, 7, 27–33.
- Aznar Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2(23), 12–19. Retrieved from <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Espinoza Eche, J. J. (n.d.). Contaminación de aguas subterráneas por lixiviados provenientes de sepulturas bajo suelo en el camposanto “Parques del Paraiso” Lurin – Lima. Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/373>
- Gesche, E., Vallejos, A., Saez, M. (2003). Eficacia de Anaerobios sulfito-reductores como indicadores de calidad sanitaria de agua. *Archivo de Medicina Veterinaria* 35 (1),
- INTN. Norma Paraguaya 24001.80,2011 (1981).
- M, Y. M., & M, F. C. (2010). Evaluación de las aguas subterráneas contaminadas con putrescina y cadaverina en las zonas aledañas a los cementerios del norte de Bogotá y el campus de la Universidad Santo Tomás, (13), 151–163.
- Mereles E., Chilavert B., Guillen A., Gimenez Ayala A., S. G. (n.d.). Contaminantes microbiológicos en aguas de escuelas del Km 16, Minga Guazú, Paraguay.
- Murrell, J. A. L., Rojas, M. M., Romeu, B., Rojas, N. M., & Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3). Retrieved from <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/bacterias-indicadoras-de-contaminación-fecal-en-la-evaluación-de-la-calidad-de-las-aguas>
- Obón de Castro, José Maria.2006.upct: Análiss Microbiológico del Agua. https://www.upct.es/~minaeees/analisis_microbiologico_aguas.pdf
- Ordenanza Municipal N° 23/2012, Artículo 52 inciso i. Reglamento General de Cementerio, San Lorenzo, Paraguay, 6 de junio de 2012.
- Rodríguez Zamora, Johel. (2009). Parámetros físicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras de Acueductos, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre 2008. *Revista pensamiento Actual*, 9 (12-13), 125-134.

Samboni Ruiz, Natalia Eugenia; Carvajal Escobar, Yesid; Escobar, Juan Carlos. (2007). Revisión de Parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista ingeniería e investigación*, 27 (3), 172-181.

Velasco Rivera, Aurora; Minota Zea, Y. M. (2012). Evaluación por contaminación en suelos aledaños a los cementerios Jardines del Recuerdo e Inmaculada. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1), 165–175.