

Volumen 6 - Número 4 - Octubre/Diciembre 2019

REVISTA INCLUSIONES

REVISTA DE HUMANIDADES
Y CIENCIAS SOCIALES

ISSN 0719-4706

Homenaje a

Oscar Ortega Arango

MIEMBRO DE HONOR COMITÉ INTERNACIONAL

REVISTA INCLUSIONES

CUADERNOS DE SOFÍA
EDITORIAL

CUERPO DIRECTIVO

Directores

Dr. Juan Guillermo Mansilla Sepúlveda

Universidad Católica de Temuco, Chile

Dr. Francisco Ganga Contreras

Universidad de Los Lagos, Chile

Subdirectores

Mg © Carolina Cabezas Cáceres

Universidad de Las Américas, Chile

Dr. Andrea Mutolo

Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México

Editor

Drdo. Juan Guillermo Estay Sepúlveda

Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Editor Científico

Dr. Luiz Alberto David Araujo

Pontificia Universidade Católica de Sao Paulo, Brasil

Editor Brasil

Drdo. Maicon Herverton Lino Ferreira da Silva

Universidade da Pernambuco, Brasil

Editor Ruropa del Este

Dr. Alekzandar Ivanov Katrandhiev

Universidad Suroeste "Neofit Rilski", Bulgaria

Cuerpo Asistente

Traductora: Inglés

Lic. Pauline Corthorn Escudero

Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Traductora: Portugués

Lic. Elaine Cristina Pereira Menegón

Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Portada

Sr. Felipe Maximiliano Estay Guerrero

Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Carolina Aroca Toloza

Universidad de Chile, Chile

Dr. Jaime Bassa Mercado

Universidad de Valparaíso, Chile

Dra. Heloísa Bellotto

Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dra. Nidia Burgos

Universidad Nacional del Sur, Argentina

Mg. María Eugenia Campos

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Francisco José Francisco Carrera

Universidad de Valladolid, España

Mg. Keri González

Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México

Dr. Pablo Guadarrama González

Universidad Central de Las Villas, Cuba

Mg. Amelia Herrera Lavanchy

Universidad de La Serena, Chile

Mg. Cecilia Jofré Muñoz

Universidad San Sebastián, Chile

Mg. Mario Lagomarsino Montoya

Universidad Adventista de Chile, Chile

Dr. Claudio Llanos Reyes

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Dr. Werner Mackenbach

Universidad de Potsdam, Alemania

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Mg. Rocío del Pilar Martínez Marín

Universidad de Santander, Colombia

Ph. D. Natalia Milanesio

Universidad de Houston, Estados Unidos

Dra. Patricia Virginia Moggia Münchmeyer

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Ph. D. Maritza Montero

Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Dra. Eleonora Pencheva

Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Dra. Rosa María Regueiro Ferreira

Universidad de La Coruña, España

Mg. David Ruete Zúñiga

Universidad Nacional Andrés Bello, Chile

Dr. Andrés Saavedra Barahona

Universidad San Clemente de Ojrid de Sofía, Bulgaria

Dr. Efraín Sánchez Cabra
Academia Colombiana de Historia, Colombia

Dra. Mirka Seitz
Universidad del Salvador, Argentina

Ph. D. Stefan Todorov Kapralov
South West University, Bulgaria

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

Comité Científico Internacional de Honor

Dr. Adolfo A. Abadía
Universidad ICESI, Colombia

Dr. Carlos Antonio Aguirre Rojas
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Martino Contu
Universidad de Sassari, Italia

Dr. Luiz Alberto David Araujo
Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil

Dra. Patricia Brogna
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Horacio Capel Sáez
Universidad de Barcelona, España

Dr. Javier Carreón Guillén
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Lancelot Cowie
Universidad West Indies, Trinidad y Tobago

Dra. Isabel Cruz Ovalle de Amenabar
Universidad de Los Andes, Chile

Dr. Rodolfo Cruz Vadillo
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México

Dr. Adolfo Omar Cueto
Universidad Nacional de Cuyo, Argentina

Dr. Miguel Ángel de Marco
Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Emma de Ramón Acevedo
Universidad de Chile, Chile

Dr. Gerardo Echeita Sarrionandia
Universidad Autónoma de Madrid, España

Dr. Antonio Hermosa Andújar
Universidad de Sevilla, España

Dra. Patricia Galeana
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dra. Manuela Garau
Centro Studi Sea, Italia

Dr. Carlo Ginzburg Ginzburg
Scuola Normale Superiore de Pisa, Italia
Universidad de California Los Ángeles, Estados Unidos

Dr. Francisco Luis Girardo Gutiérrez
Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

José Manuel González Freire
Universidad de Colima, México

Dra. Antonia Heredia Herrera
Universidad Internacional de Andalucía, España

Dr. Eduardo Gomes Onofre
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

Dr. Miguel León-Portilla
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Miguel Ángel Mateo Saura
Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel", España

Dr. Carlos Tulio da Silva Medeiros
Diálogos em MERCOSUR, Brasil

+ Dr. Álvaro Márquez-Fernández
Universidad del Zulia, Venezuela

Dr. Oscar Ortega Arango
Universidad Autónoma de Yucatán, México

Dr. Antonio-Carlos Pereira Menaut
Universidad Santiago de Compostela, España

Dr. José Sergio Puig Espinosa
Dilemas Contemporáneos, México

Dra. Francesca Randazzo
Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras

Dra. Yolando Ricardo

Universidad de La Habana, Cuba

Dr. Manuel Alves da Rocha

Universidade Católica de Angola Angola

Mg. Arnaldo Rodríguez Espinoza

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

Dr. Miguel Rojas Mix

*Coordinador la Cumbre de Rectores Universidades
Estatales América Latina y el Caribe*

Dr. Luis Alberto Romero

CONICET / Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Maura de la Caridad Salabarría Roig

Dilemas Contemporáneos, México

Dr. Adalberto Santana Hernández

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Juan Antonio Seda

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dr. Saulo Cesar Paulino e Silva

Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Miguel Ángel Verdugo Alonso

Universidad de Salamanca, España

Dr. Josep Vives Rego

Universidad de Barcelona, España

Dr. Eugenio Raúl Zaffaroni

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Blanca Estela Zardel Jacobo

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Comité Científico Internacional

Mg. Paola Aceituno

Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile

Ph. D. María José Aguilar Idañez

Universidad Castilla-La Mancha, España

Dra. Elian Araujo

Universidad de Mackenzie, Brasil

Mg. Romyana Atanasova Popova

Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Dra. Ana Bénard da Costa

Instituto Universitario de Lisboa, Portugal

Centro de Estudos Africanos, Portugal

Dra. Alina Bestard Revilla

*Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el
Deporte, Cuba*

Dra. Noemí Brenta

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Rosario Castro López

Universidad de Córdoba, España

Ph. D. Juan R. Coca

Universidad de Valladolid, España

Dr. Antonio Colomer Vialdel

Universidad Politécnica de Valencia, España

Dr. Christian Daniel Cwik

Universidad de Colonia, Alemania

Dr. Eric de Léséulec

INS HEA, Francia

Dr. Andrés Di Masso Tarditti

Universidad de Barcelona, España

Ph. D. Mauricio Dimant

Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel

Dr. Jorge Enrique Elías Caro

Universidad de Magdalena, Colombia

Dra. Claudia Lorena Fonseca

Universidad Federal de Pelotas, Brasil

Dra. Ada Gallegos Ruiz Conejo

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Dra. Carmen González y González de Mesa

Universidad de Oviedo, España

Ph. D. Valentin Kitanov

Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Mg. Luis Oporto Ordóñez

Universidad Mayor San Andrés, Bolivia

Dr. Patricio Quiroga

Universidad de Valparaíso, Chile

**REVISTA
INCLUSIONES**
REVISTA DE HUMANIDADES
Y CIENCIAS SOCIALES

Dr. Gino Ríos Patio

Universidad de San Martín de Porres, Per

Dr. Carlos Manuel Rodríguez Arrechavaleta

Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México

Dra. Vivian Romeu

Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México

Dra. María Laura Salinas

Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

Dr. Stefano Santasilia

Universidad della Calabria, Italia

Mg. Silvia Laura Vargas López

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

**CUADERNOS DE SOFÍA
EDITORIAL**

Dra. Jaqueline Vassallo

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Dr. Evandro Viera Ouriques

Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil

Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez

Universidad de Jaén, España

Dra. Maja Zawierzeniec

Universidad Wszechnica Polska, Polonia

Editorial Cuadernos de Sofía

Santiago – Chile

Representante Legal

Juan Guillermo Estay Sepúlveda Editorial

Indización, Repositorios y Bases de Datos Académicas

Revista Inclusiones, se encuentra indizada en:





REX



UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN



Universidad de Concepción



BIBLIOTECA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

CALIDAD DEL AGUA EN DOS REPRESAS DE AREQUIPA, PERÚ

WATER QUALITY IN TWO DAMS IN AREQUIPA, PERU

Dra. Agueda Muñoz del Carpio-Toia

Universidad Católica de Santa María, Perú
amunozde@ucsm.edu.pe

Mg. Josmel Pacheco Mendoza

Universidad San Ignacio de Loyola, Perú
josmel@gmail.com

Mg. Carlos Toro Huamanchumo

Universidad San Ignacio de Loyola, Perú
toro2993@hotmail.com

Dra. Zuliet Paredes-Vilca

Universidad Católica de Santa María, Perú
zulietparedes@gmail.com

Bach. Tiffany Trujillo-Lozano

Universidad Católica de Santa María, Perú
trujillo.tiffannylynn@gmail.com

Psic. Milena Toia-Larsen

Universidad Católica de Santa María, Perú
mtoialarsen@gmail.com

Dr. Dante Hanco-Monrroy

Universidad Nacional del Altiplano, Perú
biosaludperu@gmail.com

Fecha de Recepción: 10 de abril de 2019 – **Fecha Revisión:** 15 de mayo de 2019

Fecha de Aceptación: 20 de junio de 2019 – **Fecha de Publicación:** 08 de septiembre de 2019

Resumen

Objetivo: Analizar la calidad del agua de dos represas en Arequipa, Perú. Materiales y Métodos: Se realizó un estudio transversal en el que se evaluó las muestras de agua de "El Pañe" y "Aguada Blanca", dos represas ubicadas en el sur del Perú. Se buscó la presencia de crecimiento bacteriano y metales. También se recolectó muestras de algas para su caracterización. Se procesaron las muestras en el laboratorio siguiendo las pautas nacionales (MINSA, MINAM y SUNASS) e internacionales (OPS/OMS, APHA, AWWA y WEF). Resultados: Once muestras de agua fueron positivas para el crecimiento bacteriano. Después de la prueba IMViC, se encontró que nueve muestras fueron positivas para coliformes. Además, se detectó la presencia de arsénico tanto en "Aguada Blanca" como en "El Pañe", (0.027 mg / L y 0.024 mg / L, respectivamente). Finalmente, se encontró y caracterizó Euglenophyta sp, Bacillariophyta sp y Clorofita sp. Conclusión: las muestras de agua de ambas represas estaban contaminadas por coliformes fecales y arsénico. Se encontraron diferentes especies de algas, las que no fueron tóxicas.

Palabras Claves

Calidad del agua – Bacterias – Represas – Contaminación del agua – Microbiología ambiental

Abstract

Objective: Analyze the water quality of two dams in Arequipa, Peru. Materials and Methods: A cross-sectional study was conducted in which the water samples of "El Pañe" and "Aguada Blanca" were evaluated, two dams located in southern Peru. The presence of bacterial growth and metals was sought. Algae samples were also collected for characterization. Samples were processed in the laboratory following national (MINSA, MINAM and SUNASS) and international (PAHO / WHO, APHA, AWWA and WEF) guidelines. Results: Eleven water samples were positive for bacterial growth. After the IMViC test, nine samples were found to be positive for coliforms. In addition, the presence of arsenic was detected in both "Aguada Blanca" and "El Pañe", (0.027 mg / L and 0.024 mg / L, respectively). Finally, Euglenophyta sp, Bacillariophyta sp and Chlorophyte sp. Conclusion: water samples from both dams were contaminated by fecal and arsenic coliforms. Different species of algae were found, which were not toxic.

Keywords

Water quality – Bacteria – Dams – Water pollution – Environmental microbiology

Para Citar este Artículo:

Muñoz del Carpio-Toia; Agueda; Pacheco Mendoza, Josmel; Toro Huamanchumo, Carlos; Paredes-Vilca, Zuliet; Trujillo-Lozano, Tiffany; Toia-Larse, Milena y Hancco-Monrroy, Dante. Calidad del agua en dos represas de Arequipa, Perú. Revista Inclusiones Vol: 6 num 4 (2019): 264-279.

Introducción

El agua es esencial para la vida, y un suministro adecuado, de buena calidad y seguro, debe estar disponible para todos¹. Sin embargo, existen muchos agentes que pueden actuar como contaminantes de los recursos hídricos naturales, lo que afecta gravemente a la salud pública en todo el mundo². En este sentido, el agua contaminada con bacterias o metales es uno de los problemas más frecuentes, que puede causar graves efectos nocivos para la salud humana³. En el caso de la contaminación por bacterias, las que están más frecuentemente presentes son *Vibrio cholerae*, *Campylobacter*, *E. coli*, *E. coli* enterohemorrágica, *Salmonella* entérica, *Salmonella Typhi* y *Shigella sp*⁴. Las características clínicas causadas por estos patógenos son variables. Estos van desde síntomas clásicos como diarrea, dolor de estómago, náuseas, vómitos y deshidratación, hasta condiciones graves como el síndrome urémico hemolítico (SUH) y la muerte⁵.

Por otro lado, la exposición crónica no ocupacional al arsénico (As) se ha convertido en una seria amenaza para la salud humana. Es un metal que se encuentra en gran medida en el medio ambiente y su exposición a los humanos se produce principalmente por la ingestión de alimentos y agua contaminados⁶. Los efectos en la salud causados por la exposición crónica a través del agua potable van desde la letalidad aguda hasta las condiciones crónicas⁷. Afecta a varios sistemas orgánicos diferentes y está relacionado con varios tipos de lesiones cutáneas y cáncer⁸.

Dentro de los esfuerzos globales para garantizar la calidad de las fuentes de agua potable se encuentra la implementación de medidas de control para proteger las aguas

¹ World Health Organization. Guidelines for drinking water quality. 4th ed. (Geneva: WHO, 2011) y World Health Organization. Protecting surface water for health: Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchments (Geneva: WHO, 2016).

² R. Bain; R. Cronk; J. Wright; H. Yang; T. Slaymaker y J. Bartram, "Fecal contamination of drinking-water in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis", PLoS Med. Vol: 11 num 5 (2014): e1001644 y R. Bain; R. Cronk; R. Hossain; S. Bonjour; K. Onda; J. Wright et al., "Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review", Trop Med Int Health Vol: 19 num 8 (2014): 917-927.

³ R. Bain; R. Cronk; R. Hossain; S. Bonjour; K. Onda; J. Wright et al., "Global assessment of exposure to faecal..."

⁴ World Health Organization. Guidelines for drinking ...

⁵ World Health Organization. Guidelines for drinking ...; R. Bain; R. Cronk; R. Hossain; S. Bonjour; K. Onda; J. Wright et al., "Global assessment of exposure to faecal y N. Morales-Duran; A. de la Torre-Gonzales; V. Garcia-Sanchez y C. Chavez, "Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023", Tecnol cienc agua Vol: 9 num 1 (2018): 53-67.

⁶ M. Medina-Pizzali; P. Robles; M. Mendoza y C. Torres, "Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana", Rev Peru Med Exp Salud Pública num 35 (2018): 93-102 y M. M. Rahman; J. C. Ng y R. Naidu, "Chronic exposure of arsenic via drinking water and its adverse health impacts on humans", Environ Geochem Health Vol: 31 num 1 (2009): 189-200.

⁷ World Health Organization. United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking-Water (Geneva: Switzerland, 2001).

⁸ V. D. Martinez; E. A. Vucic; D. D. Becker-Santos; L. Gil y W. L. Lam, "Arsenic exposure and the induction of human cancers", J Toxicol (2011): 431287 y D. Rocha-Amador; M. E. Navarro; L. Carrizales; R. Morales y J. Calderón, "Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water", Cad Saúde Pública Vol: 23 Sup. 5 (2007): 79-87.

DRA. AGUEDA MUÑOZ DEL CARPIO-TOIA / MG. JOSMEL PACHECO MENDOZA / MG. CARLOS TORO HUAMANCHUMO /

DRA. ZULIET PAREDES-VILCA / BCH. TAFFANNY TRUJILLO-LOZANO / LIC. MILENA TOIA-LARSEN

DR. DANTE HANCCO-MONRROY

superficiales (por ejemplo, obtenidas de represas). Según la OMS, esto incluye procedimientos de tratamiento de agua, con el objetivo de prevenir la entrada y contaminación por patógenos u otros agentes⁹. Sin embargo, existe evidencia de que a veces estos procedimientos no se llevan a cabo correctamente, lo que afecta la seguridad del agua suministrada para fines domésticos¹⁰. Arequipa es uno de los departamentos en el sur de Perú con el mayor número de represas (37 en total)¹¹. En los últimos años, esta región ha presentado serios problemas relacionados con la cantidad y calidad del agua para consumo humano. En 2014, el Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) analizó muestras de agua obtenidas de una Planta de Tratamiento de Agua en Arequipa, encontrando que los parámetros hidrobiológicos (es decir, organismos de vida libre) excedían los límites permisibles¹². No obstante, a la fecha no se ha realizado ningún estudio que analice el agua directamente de las represas, que es una de las fuentes principales de suministro de agua en el departamento. Esto se debe a la falta de equipo de laboratorio adecuado y al acceso limitado a las represas. Por este motivo, el objetivo de este estudio fue analizar la calidad del agua de dos represas en Arequipa, Perú.

Métodos

Lugar de estudio

Se realizó un estudio para analizar la calidad del agua de las represas "El Pañe" y "Aguada Blanca", ubicadas en el sur del Perú. Ambas son las represas más importantes de Arequipa¹³, regulan y distribuyen el agua para diferentes propósitos, tales como agricultura, hidroelectricidad, consumo humano y para uso industrial.

Procedimientos y recojo de datos

Se obtuvo las aprobaciones oficiales del Gobierno Regional de Arequipa, la Autoridad Autónoma de Majes (AUTODEMA) y la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental y Saneamiento Básico (DESA) para el acceso a ambas represas para la recolección de muestras. Inicialmente, se recolectaron al azar 40 muestras de agua de diferentes áreas de ambas represas (20 de cada una). Sin embargo, ocho ($n = 8$) muestras no se consideraron adecuadas (muestras insuficientes) para el análisis en el laboratorio y se descartaron. También recolectamos muestras de algas, ya que estudios previos han reportado casos de floraciones de algas dañinas en los ecosistemas de agua dulce y diferentes ecosistemas marinos¹⁴. La recolección, conservación y transferencia de

⁹ World Health Organization. Guidelines for drinking... y World Health Organization. Protecting surface water...

¹⁰ World Health Organization. Protecting surface water... y N. Morales-Duran; A. de la Torre Gonzales; V. Garcia-Sanchez y C. Chavez, Estudio de la...

¹¹ Ministerio de Agricultura y Riego, Inventario de presas en el Perú (Lima: MINAGRI, 2015).

¹² Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Interpretación de resultados del análisis de las muestras de agua obtenidas durante el monitoreo realizado a la planta de tratamiento La Tomilla de la EPS SEDAPAR S.A., captación y sistema de distribución de agua para consumo humano de Arequipa. Informe N°002904-2014/DSB/DIGESA (Lima: MINSA, 2014).

¹³ Ministerio de Agricultura y Riego, Inventario de presas ...

¹⁴ G. C. Hernández; Ulloa; J. Antonio; T. R. Espejo y C. F. Cabello, "Infecciones por Vibrio parahaemolyticus e intoxicaciones por algas: problemas emergentes de salud pública en Chile",

DRA. AGUEDA MUÑOZ DEL CARPIO-TOIA / MG. JOSMEL PACHECO MENDOZA / MG. CARLOS TORO HUAMANCHUMO /

DRA. ZULIET PAREDES-VILCA / BCH. TAFFANNY TRUJILLO-LOZANO / LIC. MILENA TOIA-LARSEN

DR. DANTE HANCCO-MONRROY

muestras al laboratorio siguió las especificaciones técnicas de los diferentes protocolos y directrices nacionales¹⁵ e internacionales¹⁶.

Procesamiento de muestras

La evaluación del agua y los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ensayos y Control de Calidad de la Universidad Católica de Santa María y en el Instituto Científico "Michael Owen Dillon", Arequipa, Perú.

Análisis bacteriológico

Los procedimientos para el análisis bacteriológico siguieron un marco de tres pasos:

Primero, se prepararon los agares de MacConkey y Mueller Hinton para la detección y el recuento de colonias bacterianas. Se utilizó MacConkey, ya que se considera un medio selectivo para el aislamiento de bacterias gramnegativas, y Mueller Hinton porque es un medio no selectivo y no diferencial (permite que todos los organismos crezcan)¹⁷.

Este paso se llevó a cabo para todas las 32 muestras de agua. Las placas se leyeron después de 24 horas de incubación a 37°C.

En segundo lugar, se recogieron muestras de colonias de las placas petri usando un asa bacteriológica de platino. Para la preparación de los frotis, colocamos una gota de agua estéril en los portaobjetos del microscopio, después de la fijación por calor,

Rev Médica Chile Vol: 133 num 9 (2005): 1081-1088 y J. M. O'Neil; T. W. Davis; M. A. Burford y C. J. "The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change", Harmful Algae num 14 (2012): 313-334.

¹⁵ Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano. RD N° 160-2015/DIGESA/SA. Lima: MINSAL; 2015; Ministerio de Salud. Dirección General de Salud (DIGESA), Listado de requisitos para recepción de muestras de aguas naturales, aguas residuales, agua para uso y consumo humano, aguas salinas y agua de proceso. DIGESA-MINSAL: Lima. 2017; Ministerio del Ambiente, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. MINAM: Lima. 2017 y Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Guía sobre el control de calidad del agua. SUNASS: Lima. 1999.

¹⁶ World Health Organization. Guidelines for drinking...; Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Manual de capacitación para operadores. OPS/CEPIS: Lima. 2002; J. Bartram y R. Balance, Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. United Nations Environment Program and the World Health Organization. 1996 y American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for Examination of Water & Wastewater (Washington DC: APHA, AWWA, WEF, 2017).

¹⁷ A. Wanger; V. Chavez; R. S. P. Huang; A. Wahed; J. K. Actor y A. Dasgupta, Microbiology and Molecular Diagnosis in Pathology: A Comprehensive Review for Board Preparation, Certification and Clinical Practice (USA: Elsevier, 2017).

realizamos la tinción de gram utilizando los métodos estándar internacionales¹⁸ y la observación directa en el microscopio.

En tercer lugar, se completó el método con la prueba IMViC (indol, rojo de metilo, Voges-Proskauer y citrato) para confirmar el crecimiento bacteriano¹⁹.

Presencia de metales en agua

Se llevo a cabo un proceso de identificación y cuantificación (en mg / L) de diez metales en las muestras de agua recolectadas: Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro (B), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn).

El método utilizado para la determinación de metales en agua fue la espectrometría de emisión óptica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES), que permite determinar de forma cuantitativa estos metales, partiendo de muestras en disolución acuosa.

Caracterización de algas

Se realizó un estudio morfológico de las especies de algas a través de la observación directa en el microscopio.

Aspectos éticos

Este estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Ética de Investigación de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

Resultados

Inicialmente, el crecimiento bacteriano se evidenció en 16 muestras de agua (Tabla 1). Sin embargo, cuando estas muestras se llevaron al microscopio después de la tinción de Gram, cinco (n = 5) no pudieron visualizarse bien.

Por este motivo, se repitió el segundo paso para todas las 16 muestras de agua, obteniendo resultados similares.

¹⁸ G. J. Hucker y H. J. Conn, "Methods of Gram staining", N Y Agric Exp Stn Tech Bull. 1923; G. J. Hucker y H. J. Conn, "Further studies on the methods of Gram staining", N Y Agric Exp Stn Tech Bull. 1927 y D. Claus, "A standardized Gram staining procedure", World J Microbiol Biotechnol. Vol: 8 num 4 (1992): 451-452.

¹⁹ A. Camacho; M. Giles; A. Ortégón; M. Palao; B. Serrano y O. Velázquez, Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química (México: UNAM, 2009); Food and Drug Administration (FDA), Enumeration of Escherichia coli and the coliform bacteria. Bacteriological analytical Manual (BAM). 2002 y E. M. Powers y T. G. Latt, "Simplified 48-hour IMViC test: an agar plate method", Appl Env Microbiol Vol: 34 num 3 (1977): 274-279.

Agar	Muestra (#)	Colonias (n)	Agar	Muestra (#)	Colonias (n)
Mac Conkey	1	0	Mueller Hinton	1	0
	2	0		2	0
	3	0		3	0
	4	0		4	1
	5	0		5	0
	6	0		6	1
	7	0		7	0
	8	0		8	0
	9	0		9	1
	10	27		10	11
	11	0		11	0
	12	3		12	0
	13	0		13	0
	14	0		14	11
	15	0		15	19
	16	0		16	0
	17	0		17	0
	18	0		18	1
	19	0		19	1
	20	1		20	7
	21	0		21	1
	22	0		22	1
	23	0		23	3
	24	0		24	0
	25	0		25	0
	26	0		26	0
	27	0		27	0
	28	0		28	1
	29	0		29	0
	30	0		30	0
	31	0		31	0
	32	0		32	0

Tabla 1
Crecimiento De colonias bacterianas en las muestras recolectadas (n= 32)

Al final, se obtuvo 11 muestras positivas (# 4, # 6, # 9, # 10, # 12, # 14, # 15, # 19, # 20, # 21, # 28) (Tabla 2).

Agar	Muestra (#)	Colonias (n)	Hallazgo
MacConkey	10	27	Bacilos Gram -
	12	3	Levaduras Gram +
	20	1	No se visualiza bien
Mueller Hinton	4	1	Cocos Gram +
	6	1	Bacilos Gram +
	9	1	Bacilos Gram + Esporulados
	10	11	Bacilos Gram +
	14	11	Levaduras Gram +
	15	19	Levaduras Gram +
	18	1	Cocos Gram +
	19	1	No se visualiza bien
	20	7	Bacilos Gram +
	21	1	No se visualiza bien
	22	1	No se visualiza bien
23	3	Bacilos Gram +	
28	1	No se visualiza bien	

Tabla 2
Resultados de la observación directa (microscopio) de las muestras positivas, después de la tinción Gram

El análisis de estas muestras se completó con la prueba IMViC (Tabla 3).

	Muestra (#)										
	04	06	09	10	12	14	15	19	20	21	28
Indol	+/-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+
Citrato	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
Rojo de metilo	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Voges-Proskauer	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-

Tabla 3
Test IMViC para las 11 muestras positivas

Por otro lado, en las muestras de agua de cada represa encontramos la presencia de Al, As y B (Tabla 4).

		A. Blanca (mg/L)	El Pañe (mg/L)
Al 308.215	mg/L	0.282	0.331
As 193.696	mg/L	0.027	0.024
B 249.677	mg/L	0.268	0.291
Cd 228.802	mg/L	No detectable	No detectable
Cr 267.716	mg/L	No detectable	No detectable
Cu 324.752	mg/L	No detectable	No detectable
Mn 257.610	mg/L	No detectable	No detectable
Ni 231.604	mg/L	No detectable	No detectable
Pb 220.353	mg/L	No detectable	No detectable
Zn 206.200	mg/L	No detectable	No detectable

Tabla 4
Presencia de metales en las muestras de agua de "Aguada Blanca" y "El Pañe"

De manera similar, después de la caracterización de las algas, encontramos diferentes tipos de diatomeas, que es un grupo importante de microalgas (Tabla 5).

Phylum	Especie
Euglenophyta	Peranema Dujardin
Bacillariophyta	Stephanodiscus Ehr., Melosira Agardh, Synedra Erh. (2 spp.)
	Staurosira M, Asterionella Hassall, Rhoicosphenia Grunow, Navicula Bory, Pinnularia Ehr. (3spp.),
	Cymbella Agardh (2 spp.), Encyonema Kutzing, Gomphonema Ehr., Nitzschia Hassall (3 spp.),
	Hantzschia Grunow (2 spp.),
Chlorophyta	Pediastrum Meyen

Tabla 5

Resultados del estudio morfológico de las especies de algas (diatomeas)

Discusión

Resultados principales

El problema de la calidad del agua en Arequipa es multifactorial, principalmente debido al escaso nivel de este recurso debido a la falta de lluvia, el mantenimiento inadecuado de las represas y el agua superficial contaminada. En términos generales, en nuestro estudio encontramos parámetros hidrobiológicos más altos de lo normal. Este hallazgo es consistente con el informe anterior de DIGESA-Arequipa en 2014, que indica que encontraron *Escherichia coli*, arsénico y aluminio en niveles altos en muestras de agua obtenidas de una Planta de tratamiento de agua²⁰.

Resultados Bacteriológicos

Tras el análisis bacteriológico, detectamos la presencia de crecimiento bacteriano. Estudios similares han informado la presencia de coliformes fecales no solo en aguas superficiales, sino también en otras fuentes de agua²¹. Es importante señalar que la contaminación de los recursos hídricos por coliformes (principalmente *E. coli*) es

²⁰ Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Interpretación de resultados...

²¹ M. L. Partyka; R. F. Bond; J. A. Chase y E. R. Atwill, "Spatial and temporal variability of bacterial indicators and pathogens in six California reservoirs during extreme drought", *Water Res* num 129 (2018):436-446; V. N. Chigor; V. J. Umoh; C. A. Okuofu; J. B. Ameh; E. O. Igbinosa y A. I. Okoh, "Water quality assessment: surface water sources used for drinking and irrigation in Zaria, Nigeria are a public health hazard", *Environ Monit Assess* Vol: 184 num 5 (2012): 3389-3400; Y. A. Pachepsky y D. R. Shelton, "Escherichia Coli and Fecal Coliforms in Freshwater and Estuarine Sediments", *Crit Rev Environ Sci Technol* Vol: 41 num 12 (2011): 1067-1110; M. N. B. Momba; V. K. Malakate y J. Theron, "Abundance of pathogenic Escherichia coli, Salmonella typhimurium and Vibrio cholerae in Nkonkobe drinking water sources", *J Water Health*. Vol: 4 num 3 (2006): 289-296; A. Hörman; R. Rimhanen-Finne; L. Maunula; C.-H. von Bonsdorff; N. Torvela; A. Heikinheimo, et al., "Campylobacter spp., Giardia spp., Cryptosporidium spp., noroviruses, and indicator organisms in surface water in southwestern Finland, 2000-2001", *Appl Environ Microbiol*. Vol: 70 num 1 (2004): 87-95 y J. M. Kayembe; F. Thevenon; A. Laffite; P. Sivalingam; P. Ngelinkoto; C. K. Mulaji, et al., "High levels of faecal contamination in drinking groundwater and recreational water due to poor sanitation, in the sub-rural neighbourhoods of Kinshasa, Democratic Republic of the Congo", *Int J Hyg Environ Health* Vol: 221 num 3 (2018): 400-408.

DRA. AGUEDA MUÑOZ DEL CARPIO-TOIA / MG. JOSMEL PACHECO MENDOZA / MG. CARLOS TORO HUAMANCHUMO /

DRA. ZULIET PAREDES-VILCA / BCH. TAFFANNY TRUJILLO-LOZANO / LIC. MILENA TOIA-LARSEN

DR. DANTE HANCCO-MONRROY

potencialmente peligrosa para la salud pública y es un problema frecuente en todo el mundo²².

Las enfermedades relacionadas con el agua son frecuentes en América Latina y este problema está estrechamente relacionado con las malas condiciones de saneamiento²³. En este sentido, nuestros hallazgos sugieren la necesidad de mejorar las condiciones de saneamiento de las represas, ya que se sabe que la contaminación del agua juega un papel importante en la contribución a la alta morbilidad y mortalidad, especialmente en los países en desarrollo²⁴.

Presencia de metales

El límite actual recomendado por la OMS de arsénico en el agua potable es de 10 µg/L (0.01 mg/L) y en Latinoamérica, países como Chile, México y Argentina consideran 0,05 mg/L como nivel de contaminación máximo²⁵. En nuestro estudio, encontramos valores más altos que los recomendados y los informados en los Estados Unidos y en varios países de Europa²⁶. Sin embargo, no superan los valores encontrados en algunos países asiáticos, como China²⁷, India²⁸ y Bangladesh²⁹.

Es importante tener en cuenta que los valores de arsénico que exceden el límite recomendado pueden ser potencialmente peligrosos para la salud. La evidencia actual sugiere que la exposición crónica al arsénico del agua potable tiene efectos neurotóxicos³⁰ y cardiotoxicos³¹. Además, está relacionado con diferentes tipos de letalidad aguda³² y otras afecciones crónicas³³.

²² P. K. Pandey; P. H. Kass; M. L. Soupir; S. Biswas y V. P. Singh, "Contamination of water resources by pathogenic bacteria", *AMB Express* Vol: 4 num 1 (2014): 51 y P. R. Hunter, "Drinking water and diarrhoeal disease due to *Escherichia coli*", *J Water Health*. Vol: 1 num 2 (2003): 65-72.

²³ M. Onestini, "Water Quality and Health in Poor Urban Areas of Latin America", *Int J Water Resour Dev*. Vol: 27 num 1 (2011): 219-226.

²⁴ N. J. Ashbolt, "Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions", *Toxicology*. Vol: 198 num 1-3 (2004): 229-238.

²⁵ Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for arsenic. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2007 y P. Ravenscroft; H. Brammer y K. Richards, *Arsenic Pollution: A Global Synthesis*. Volume 28 (Oxford: John Wiley & Sons, 2009).

²⁶ Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for...

²⁷ L. Rodríguez-Lado; G. Sun; M. Berg; Q. Zhang; H. Xue; Q. Zheng, et al., "Groundwater arsenic contamination throughout China", *Science*. Vol: 341 num 6148 (2013): 866-868.

²⁸ D. N. G. Mazumder ; R. Haque; N. Ghosh; B. K. De BK; A. Santra; D. Chakraborty, et al., "Arsenic levels in drinking water and the prevalence of skin lesions in West Bengal, India", *Int J Epidemiol*. Vol: 27 num 5 (1998): 871-877.

²⁹ P. Ravenscroft; H. Brammer y K. Richards, "Arsenic Pollution: A Global Synthesis ... y A. H. Smith; E. O. Lingas y M. Rahman, "Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency", *Bull World Health Organ* num 78 (2000): 1093-1103.

³⁰ D. Rocha-Amador; M. E. Navarro; L. Carrizale; R. Morales y J. Calderón, "Decreased intelligence in... y A. H. Smith; E. O. Lingas y M. Rahman, "Contamination of drinking....

³¹ K. A. James; T. Byers; J. E. Hokanson; J. R. Meliker; G. O. Zerbe y J. A. Marshall, "Association between lifetime exposure to inorganic arsenic in drinking water and coronary heart disease in Colorado residents", *Environ Health Perspect*. Vol: 123 num 2 (2015): 128-134 y Y. Chen; F. Wu; M. Liu; F. Parvez; V. Slavkovich; M. Eunos, et al., "A prospective study of arsenic exposure, arsenic

DRA. AGUEDA MUÑOZ DEL CARPIO-TOIA / MG. JOSMEL PACHECO MENDOZA / MG. CARLOS TORO HUAMANCHUMO /

DRA. ZULIET PAREDES-VILCA / BCH. TAFFANNY TRUJILLO-LOZANO / LIC. MILENA TOIA-LARSEN

DR. DANTE HANCCO-MONRROY

Caracterización de las algas

Como se mencionó anteriormente, un informe en el año 2014, mostró que los parámetros hidrobiológicos en muestras de una planta de tratamiento de agua en Arequipa excedían los límites permisibles, los organismos de vida libre detectados incluían cianobacterias y euglenofitos³⁴. En nuestro estudio, encontramos diferentes especies de diatomeas, que son un grupo importante de algas y se consideran uno de los tipos más comunes de fitoplancton, no siendo dañinas como las cianobacterias³⁵.

Estudios anteriores han reportado casos de proliferación de algas nocivas en agua dulce y en diferentes ecosistemas marinos³⁶. En este sentido, se necesitan evaluaciones periódicas de la calidad del agua, centradas principalmente en la búsqueda de cianobacterias. Las toxinas cianobacterianas (también conocidas como cianotoxinas) representan un grave problema ecológico y de salud humana en todo el mundo³⁷ y pueden causar efectos neurológicos, hepáticos y tóxicos para la piel³⁸. Por este motivo, actualmente existen pautas para mejorar los procedimientos de tratamiento del agua y evitar la presencia de cianobacterias³⁹.

methylation capacity, and risk of cardiovascular disease in Bangladesh”, *Environ Health Perspect*. Vol: 121 num 7 (2013): 832-838.

³² World Health Organization. United Nations Synthesis...

³³ M. Medina-Pizzali; P. Robles; M. Mendoza y C. Torres, “Ingesta de arsénico...”; M. M. Rahman; J. C. Ng. y R. Naidu, “Chronic exposure of... y V. D. Martinez; E. A. Vucic; D. D. Becker-Santos; L. Gil y W. L. “Arsenic exposure and...”

³⁴ Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Interpretación de Resultados...

³⁵ P. J. Garcia Nieto; F. Sánchez Lasheras; F. J. de Cos Juez y J. R. Alonso Fernández, “Study of cyanotoxins presence from experimental cyanobacteria concentrations using a new data mining methodology based on multivariate adaptive regression splines in Trasona reservoir (Northern Spain)”, *J Hazard Mater* num 195 (2011): 414-421.

³⁶ G. C. Hernández; P. J. Ulloa; J. Antonio; T. R. Espejo y C. F. Cabello, “Infecciones por *Vibrio*... y J. M. O’Neil; T. W. Davis; M. A.; Burford y C. J. Gobler, “The rise of ...”

³⁷ L. Bláha; P. Babica y B. Maršálek, “Toxins produced in cyanobacterial water blooms - toxicity and risks”, *Interdiscip Toxicol*. Vol: 2 num 2 (2009): 36-41; S. A. Wood; P. T. Holland; D. J. Stirling; L. R. Briggs; J. Sprosen; J. G. Ruck, et al., “Survey of cyanotoxins in New Zealand water bodies between 2001 and 2004”, *N Z J Mar Freshw Res*. Vol: 40 num 4 (2006): 585-597; L. Giannuzzi; D. Sedan; R. Echenique y D. Andrinolo, “An acute case of intoxication with cyanobacteria and cyanotoxins in recreational water in Salto Grande Dam, Argentina”, *Mar Drugs*. Vol: 9 num 11 (2011): 2164-2175; A. D. Chatziefthimiou; J. S. Metcalf; W. B. Glover; S. A. Banack; S. R. Dargham y R. A. Richer, “Cyanobacteria and cyanotoxins are present in drinking water impoundments and groundwater wells in desert environments”, *Toxicon* num 114 (2016): 75-84; D. Pantelić; Z. Svirčev; J. Simeunović; M. Vidović y I. Trajković, “Cyanotoxins: Characteristics, production and degradation routes in drinking water treatment with reference to the situation in Serbia”, *Chemosphere*. Vol: 91 num 4 (2013): 421-441 y F. J. Muyodi; R. E. Hecky; J. M. Kitamirike y R. Odong, “Trends in health risks from water-related diseases and cyanotoxins in Ugandan portion of Lake Victoria basin. Lakes Reserv”, *Sci Policy Manag Sustain Use*. Vol: 14 num 3 (2009): 247-257.

³⁸ L. Bláha; P. Babica y B. Maršálek, “Toxins produced in...”

³⁹ World Health Organization. Guidelines for drinking... y B. C. Hitzfeld; S. J. Höger y D. R. Dietrich “Cyanobacterial toxins: removal during drinking water treatment, and human risk assessment”, *Environ Health Perspect*. Vol: 108 Suppl 1 (2000):113-122

DRA. AGUEDA MUÑOZ DEL CARPIO-TOIA / MG. JOSMEL PACHECO MENDOZA / MG. CARLOS TORO HUAMANCHUMO /

DRA. ZULIET PAREDES-VILCA / BCH. TAFFANNY TRUJILLO-LOZANO / LIC. MILENA TOIA-LARSEN

DR. DANTE HANCCO-MONRROY

Limitaciones

Algunas limitaciones deben ser resaltadas.

Primero, solo incluimos dos represas de Arequipa, por lo tanto, nuestros resultados no se pueden extrapolar a toda el agua superficial de esta región; sin embargo, "El Pañe" y "Aguada Blanca" son las represas más importantes, lo que nos da una buena aproximación a la realidad en esta región.

En segundo lugar, a pesar de que seleccionamos al azar las áreas de ambas represas para la recolección de muestras de agua, es posible que no se han encontrado algunas bacterias, metales u organismos de vida libre porque se encuentran en otras áreas. Tercero, dado que el objetivo del estudio fue detectar la presencia de crecimiento bacteriano, no se realizó la caracterización bacteriana.

Conclusión

El agua de ambas represas estaba contaminada por coliformes fecales y arsénico. Se encontraron diferentes especies de algas, pero no fueron tóxicas. Las autoridades deben mejorar las condiciones de las diferentes fuentes de agua de agua de superficie para evitar efectos perjudiciales para la salud humana.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Zacarías Madariaga, Director Ejecutivo de Salud Ambiental de Arequipa, por los permisos para acceder a las represas.

Fuentes de financiamiento

Este estudio fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, a través de fondos concursables internos. El título del proyecto de investigación fue "Estudio integral de la calidad del agua potable en Arequipa: algas, cianobacterias, E. Coli y arsénico".

Referencias

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for arsenic. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2007.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for Examination of Water & Wastewater. 23 ed. Washington DC: APHA, AWWA, WEF. 2017.

Ashbolt, N. J. "Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions". Toxicology. Vol: 198 num 1-3 (2004): 229-238.

Bain, R.; Cronk, R.; Hossain, R.; Bonjour, S.; Onda, K.; Wright, J., et al. "Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review". Trop Med Int Health. Vol: 19 num 8 (2014): 917-927.

Bain, R.; Cronk, R.; Wright, J.; Yang, H.; Slaymaker, T. y Bartram, J. "Fecal contamination of drinking-water in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis". *PLoS Med.* Vol. 11 num 5 (2014): e1001644.

Bartram, J. y Balance, R. *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes.* United Nations Environment Program and the World Health Organization. 1996.

Bláha, L.; Babica, P. y Maršálek, B. "Toxins produced in cyanobacterial water blooms - toxicity and risks". *Interdiscip Toxicol.* Vol: 2 num 2 (2009): 36-41.

Camacho, A.; Giles, M.; Ortegón, A.; Palao, M.; Serrano, B. y Velázquez, O. *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos.* 2a ed. Facultad de Química. México: UNAM. 2009.

Chatziefthimiou, A. D.; Metcalf, J. S.; Glover, W. B.; Banack, S. A.; Dargham, S. R. y Richer, R. A. "Cyanobacteria and cyanotoxins are present in drinking water impoundments and groundwater wells in desert environments". *Toxicon* num 114 (2016): 75-84.

Chen, Y.; Wu, F.; Liu, M.; Parvez, F.; Slavkovich, V.; Eunos, M. et al. "A prospective study of arsenic exposure, arsenic methylation capacity, and risk of cardiovascular disease in Bangladesh". *Environ Health Perspect.* Vol: 121 num 7 (2013): 832-838.

Chigor, V. N.; Umoh, V. J.; Okuofu, C. A.; Ameh, J. B.; Igbinosa, E. O. y Okoh, A. I. "Water quality assessment: surface water sources used for drinking and irrigation in Zaria, Nigeria are a public health hazard". *Environ Monit Assess.* Vol: 184 num 5 (2012): 3389-3400.

Claus, D. "A standardized Gram staining procedure". *World J Microbiol Biotechnol.* Vol: 8 num 4 (1992): 451-452.

Food and Drug Administration (FDA). *Enumeration of Escherichia coli and the coliform bacteria.* Bacteriological analytical Manual (BAM). 2002.

García Nieto, P. J.; Sánchez Lasheras, F.; de Cos Juez, F. J. y Alonso Fernández, J. R. "Study of cyanotoxins presence from experimental cyanobacteria concentrations using a new data mining methodology based on multivariate adaptive regression splines in Trasona reservoir (Northern Spain)". *J Hazard Mater* num 195 (2011): 414-421.

Giannuzzi, L.; Sedan, D.; Echenique, R. y Andrinolo, D. "An acute case of intoxication with cyanobacteria and cyanotoxins in recreational water in Salto Grande Dam, Argentina". *Mar Drugs.* Vol: 9 num 11 (2011): 2164-2175.

Hernández, G. C.; Ulloa, P. J.; Antonio, J.; Espejo, T. R. y Cabello, C. F. "Infecciones por *Vibrio parahaemolyticus* e intoxicaciones por algas: problemas emergentes de salud pública en Chile". *Rev Médica Chile.* Vol: 133 num 9 (2005): 1081-1088.

Hitzfeld, B. C.; Höger, S. J. y Dietrich, D. R. "Cyanobacterial toxins: removal during drinking water treatment, and human risk assessment". *Environ Health Perspect.* Vol: 108 Suppl 1 (2000): 113-122.

Hörman, A.; Rimhanen-Finne, R.; Maunula, L.; von Bonsdorff, C.-H.; Torvela, N.; Heikinheimo, A., et al. "Campylobacter spp., Giardia spp., Cryptosporidium spp., noroviruses, and indicator organisms in surface water in southwestern Finland, 2000-2001". *Appl Environ Microbiol.* Vol: 70 num 1 (2004): 87-95.

Hucker, G. J. y Conn, H. J. Further studies on the methods of Gram staining. *N Y Agric Exp Stn Tech Bull.* 1927.

Hucker, G. J. y Conn, H. J. Methods of Gram staining. *N Y Agric Exp Stn Tech Bull.* 1923.

Hunter, P. R. "Drinking water and diarrhoeal disease due to Escherichia coli". *J Water Health.* Vol: 1 num 2 (2003): 65-72.

James, K. A.; Byers, T.; Hokanson, J. E.; Meliker, J. R.; Zerbe, G. O. y Marshall, J. A. "Association between lifetime exposure to inorganic arsenic in drinking water and coronary heart disease in Colorado residents". *Environ Health Perspect.* Vol: 123 num 2 (2015): 128-134.

Kayembe, J. M.; Thevenon, F.; Laffite, A.; Sivalingam, P.; Ngelinkoto, P.; Mulaji, C. K., et al. "High levels of faecal contamination in drinking groundwater and recreational water due to poor sanitation, in the sub-rural neighbourhoods of Kinshasa, Democratic Republic of the Congo". *Int J Hyg Environ Health.* Vol: 221 num 3 (2018): 400-408.

Martinez, V. D.; Vucic, E. A.; Becker-Santos, D. D.; Gil, L. y Lam, W. L. "Arsenic exposure and the induction of human cancers". *J Toxicol.* (2011): 431287.

Mazumder, D. N. G.; Haque, R.; Ghosh, N.; De, B. K.; Santra, A.; Chakraborty, D, et al. "Arsenic levels in drinking water and the prevalence of skin lesions in West Bengal, India". *Int J Epidemiol.* Vol: 27 num 5 (1998): 871-877.

Medina-Pizzali M, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* 2018;35:93-102.

Ministerio de Agricultura y Riego. Inventario de presas en el Perú. Lima: MINAGRI. 2015.

Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Interpretación de resultados del análisis de las muestras de agua obtenidas durante el monitoreo realizado a la planta de tratamiento La Tomilla de la EPS SEDAPAR S.A., captación y sistema de distribución de agua para consumo humano de Arequipa. Informe N°002904-2014/DSB/DIGESA. Lima: MINSA. 2014.

Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano. RD N° 160-2015/DIGESA/SA. Lima: MINSA. 2015.

Ministerio de Salud. Dirección General de Salud (DIGESA). Listado de requisitos para recepción de muestras de aguas naturales, aguas residuales, agua para uso y consumo humano, aguas salinas y agua de proceso. DIGESA-MINSA: Lima. 2017.

Ministerio del Ambiente. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. MINAM: Lima. 2017.

Momba, M. N. B.; Malakate, V. K. y Theron, J. "Abundance of pathogenic *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Vibrio cholerae* in Nkonkobe drinking water sources". *J Water Health*. Vol: 4 num 3 (2006): 289-296.

Morales-Duran, N.; de la Torre-Gonzales, A.; Garcia-Sanchez, V. y Chavez, C. "Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023". *Tecnol cienc agua*. Vol: 9 num 1 (2018): 53-67.

Muyodi, F. J.; Hecky, R. E.; Kitamirike, J. M. y Odong, R. "Trends in health risks from water-related diseases and cyanotoxins in Ugandan portion of Lake Victoria basin". *Lakes Reserv Sci Policy Manag Sustain Use*. Vol: 14 num 3 (2009): 247-257.

O'Neil, J. M.; Davis, T. W.; Burford, M. A. y Gobler, C. J. "The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change". *Harmful Algae* num 14 (2012): 313-334.

Onestini, M. "Water Quality and Health in Poor Urban Areas of Latin America". *Int J Water Resour Dev*. Vol: 27 num 1 (2011): 219-226.

Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Manual de capacitación para operadores. Lima: OPS/CEPIS. 2002.

Pachepsky, Y. A. y Shelton, D. R. "Escherichia Coli and Fecal Coliforms in Freshwater and Estuarine Sediments". *Crit Rev Environ Sci Technol*. Vol: 41 num 12 (2011): 1067-1110.

Pandey, P. K.; Kass, P. H.; Soupir, M. L.; Biswas, S. y Singh, V. P. "Contamination of water resources by pathogenic bacteria". *AMB Express*. Vol: 4 num 1 (2014): 51.

Pantelić, D.; Svirčev, Z.; Simeunović, J.; Vidović, M. y Trajković, I. "Cyanotoxins: Characteristics, production and degradation routes in drinking water treatment with reference to the situation in Serbia". *Chemosphere*. Vol: 91 num 4 (2013): 421-441.

Partyka, M. L.; Bond, R. F.; Chase, J. A. y Atwill, E. R. "Spatial and temporal variability of bacterial indicators and pathogens in six California reservoirs during extreme drought". *Water Res*. num 129 (2018): 436-446.

Powers, E. M. y Latt, T. G. "Simplified 48-hour IMVic test: an agar plate method". *Appl Env Microbiol*. Vol: 34 num 3 (1977): 274-279.

Pahman, M. M.; Ng, J. C. y Naidu, R. "Chronic exposure of arsenic via drinking water and its adverse health impacts on humans". *Environ Geochem Health*. Vol: 31 num 1 (2009): 189-200.

Ravenscroft, P.; Brammer, H. y Richards, K. *Arsenic Pollution: A Global Synthesis*. Volume 28. Oxford: John Wiley & Sons. 2009.

Rocha-Amador, D.; Navarro, M. E.; Carrizales, L.; Morales, R. y Calderón, J. "Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water". *Cad Saúde Pública*. num 23 (2007): 579-587.

Rodríguez-Lado, L.; Sun, G.; Berg, M.; Zhang, Q.; Xue, H.; Zheng, Q., et al. "Groundwater arsenic contamination throughout China". *Science*. Vol: 341 num 6148 (2013): 866-868.

Smith, A. H.; Lingas, E. O. y Rahman, M. "Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency". *Bull World Health Organ*. num 78 (2000): 1093-1103.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Guía sobre el control de calidad del agua. Lima: SUNASS. 1999.

Tyler, C. R. y Allan, A. M. "The Effects of Arsenic Exposure on Neurological and Cognitive Dysfunction in Human and Rodent Studies: A Review". *Curr Environ Health Rep*. num 1 (2014): 132-147.

Wanger, A.; Chavez, V.; Huang, R. S. P.; Wahed, A.; Actor, J. K. y Dasgupta, A. *Microbiology and Molecular Diagnosis in Pathology: A Comprehensive Review for Board Preparation, Certification and Clinical Practice*. USA: Elsevier. 2017.

Wood, S. A.; Holland, P. T.; Stirling, D. J.; Briggs, L. R.; Sprosen, J.; Ruck, J. G., et al. "Survey of cyanotoxins in New Zealand water bodies between 2001 and 2004". *N Z J Mar Freshw Res*. Vol: 40 num 4 (2006): 585-597.

World Health Organization. *Guidelines for drinking water quality*. 4th ed. Geneva: WHO. 2011.

World Health Organization. *Protecting surface water for health: Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchments*. Geneva: WHO. 2016.

World Health Organization. *United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking-Water*. Geneva: WHO. 2001.

CUADERNOS DE SOFÍA EDITORIAL

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Inclusiones**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Inclusiones**.

DRA. AGUEDA MUÑOZ DEL CARPIO-TOIA / MG. JOSMEL PACHECO MENDOZA / MG. CARLOS TORO HUAMANCHUMO /
DRA. ZULIET PAREDES-VILCA / BCH. TAFFANNY TRUJILLO-LOZANO / LIC. MILENA TOIA-LARSEN
DR. DANTE HANCCO-MONRROY