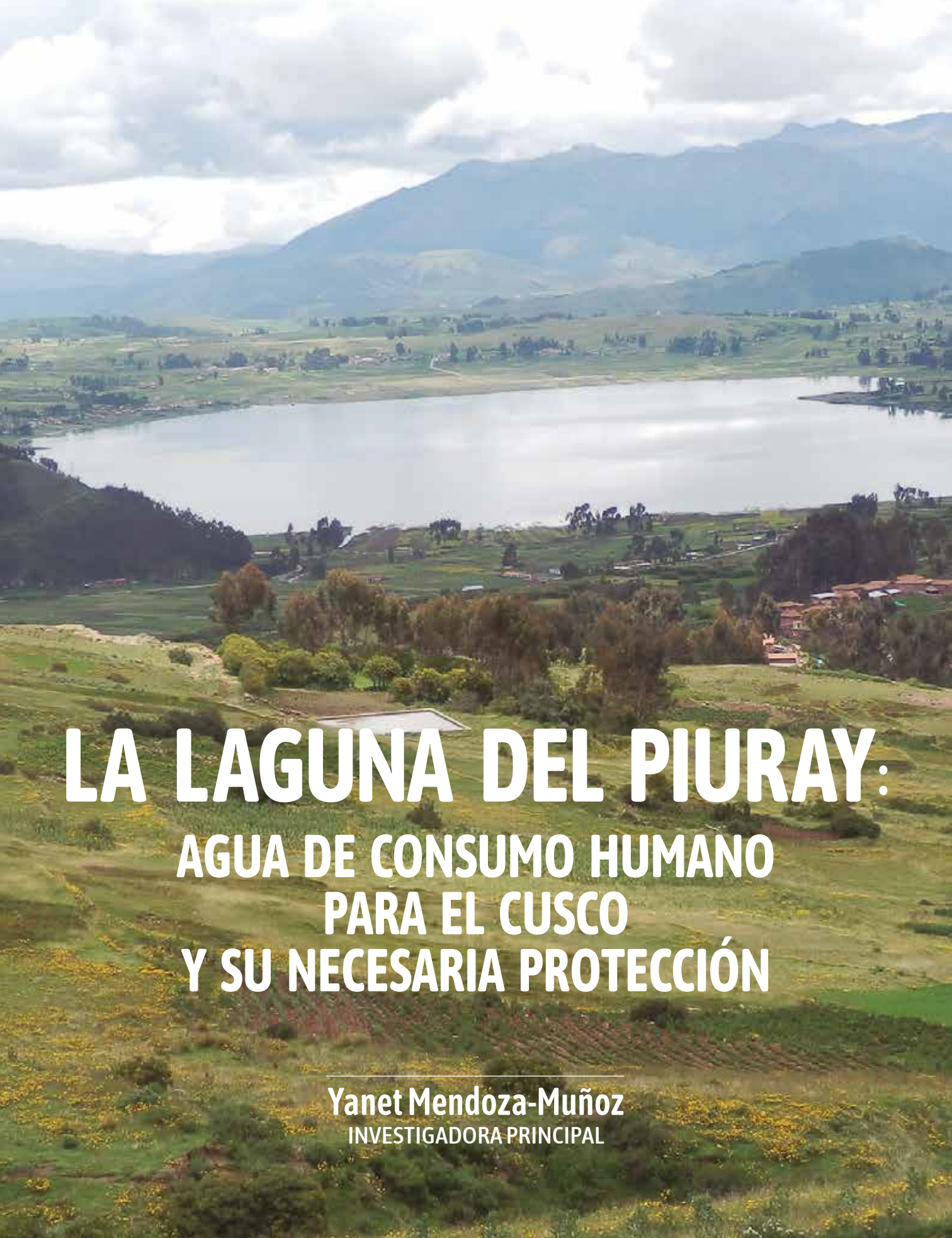




LA LAGUNA DEL PIURAY:

AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL CUSCO Y SU NECESARIA PROTECCIÓN

Yanet Mendoza-Muñoz
INVESTIGADORA PRINCIPAL



LA LAGUNA DEL PIURAY:

AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL CUSCO Y SU NECESARIA PROTECCIÓN

LA LAGUNA DEL PIURAY:

AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL CUSCO Y SU NECESARIA PROTECCIÓN

AUTORES

Yanet Mendoza-Muñoz
Nicole Adriana Luque Callo
Agnieszka Helena Mostowska
Marco Edmundo Ordoñez Linares

CO - AUTORES

Evelina Andrea Rondón Abuhadba
Miguel Ángel Martín López
M^a Rocío Rodríguez Barroso
Fátima Morales Marín
Angélica Quintero-Flórez
Adriana Fillol Mazo
María Elena Mendoza Muñoz
Eliana Ricalde Ríos
Lucio Quiñones Jalisto
Luis Jiménez Troncoso
Maghiori Castro Cuba Velasco

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



Vicerrectorado de Investigación, en el marco del proyecto
Yachayninchis Wiñarinanpaq - *Para que nuestro conocimiento crezca*



"UNUNCHISTA Q'AWUARISUN"

Proyecto de Investigación "Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray"



LA LAGUNA DEL PIURAY: AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL CUSCO Y SU NECESARIA PROTECCIÓN

Editor:

© Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Av. de la Cultura, N.º 733
Telf. 51.84.604100-51.84.604160
Fax 51.84.238156-Apartado Postal N.º 921 - Cusco, Perú
<http://www.unsaac.edu.pe/>
Rector: Dr. Eleazar Crucinta Ugarte
Vicerrector de Investigación: Dr. Roberto Acurio Canal
Vicerrectora Académica: Dra. Paulina Taco Llave

© Autor(es):

Yanet Mendoza-Muñoz, Nicole Adriana Luque Callo, Agnieszka Helena Mostowska, Marco Edmundo Ordoñez Linares
Co-autores: Evelina Andrea Rondón Abuhadba, Miguel Ángel Martín López, M^a Rocío Rodríguez Barroso, Fátima Morales Marín,
Angélica Quintero-Flórez, Adriana Fillol Mazo, María Elena Mendoza Muñoz, Eliana Ricalde Ríos, Lucio Quiñones Jalisto,
Luis Jiménez Troncoso, Maghiori Castro Cuba Velasco

Foto de portada: Centro Guaman Poma de Ayala, Cusco

Diseño y diagramación: N. U. Izquierdo

Primera edición: Mayo de 2024

Tiraje: 50 ejemplares

Impresión: Multiservicios Jaquelin E.I.R.L. Av. de la Cultura N.º 1106 Wanchaq - Cusco. T. 984 829 894

Cusco, mayo de 2024

Impreso en Perú

ISBN 978-84-1177-000-2

NÚMERO DE REGISTRO DE DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ: 2024-07495

CERTIFICADO DE REGISTRO DE OBRAS LITERARIAS: N.º Partida Registral: 00345-2024, Asiento: 01.

Fecha de Presentación: 2023-07-31. Fecha de Inscripción: 2024-01-25. N.º Expediente: 002315-2023/DDA. SOLICITANTE:

MENDOZA MUÑOZ, YANET - MATERIA: SOLICITUD DE REGISTRO. RESOLUCIÓN NRO.

0413-2024/DDA-INDECOPI

** Prohibida la reproducción total o parcial del fondo y la forma de este libro por cualquier medio, salvo previa autorización del fondo editorial y sólo con fines académicos.*

*“Las investigaciones son libres y sólo así dan resultados
que permiten cambiar el rumbo o continuar en la misma ruta.”*

DEDICADO AL SOL

*“Por ser nuestra fuente de vida”
“El Sol origina el ciclo hidrológico”
“Cuidemos el agua”*

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) por el financiamiento a través del convenio CONCYTEC-UNSAAC, según contrato de subvención N.º 019-2018-UNSAAC, del Esquema Financiero: Eo41-2017-UNSAAC-02, denominado “PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN” de la convocatoria 2017-2.

Agradecemos asimismo a la SOCIEDAD PRO CULTURA “CLORINDA MATTO DE TURNER” por su colaboración en la impresión de este libro, demostrando su permanente compromiso, apoyo e identificación con la problemática de la Comunidad Cusqueña.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	11
Capítulo 1	
LA CIUDAD DE CUSCO. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN	13
La imperial ciudad de Cusco	15
Capítulo 2	
ENTIDADES DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO SEGÚN DECRETO SUPREMO N.º 031-2010-SA	19
Disposiciones generales	21
Gestión de la calidad del agua para consumo humano	22
Capítulo 3	
LA MICROCUENCA DEL PIURAY - CCORIMARCA: DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA	25
Capítulo 4	
INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO PROVENIENTE DE LA FUENTE PIURAY. NECESIDAD DEL ESTABLECIMIENTO DE MÚLTIPLES BARRERAS DE PROTECCIÓN	45
1. Visión general	47
2. Búsqueda bibliográfica según Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica (VT e IE)	49
3. Diagnóstico de la gestión de vigilancia de la calidad del agua potable en la ciudad de Cusco	65
4. Macroinvertebrados como bioindicadores del tipo de contaminación del río Huila Huila, tributario de la fuente de agua potable Piuray, Cusco (2019)	71
5. Acciones de participación ciudadana para la delimitación de la faja marginal de la laguna de Piuray, realizadas por el equipo de Investigación Agua Piuray	93

6. La protección de la faja marginal: petición a través de oficio del Rector de la UNSAAC a SEDACUSCO	99
7. Información de los indicadores de eutrofización y la salud pública para los pobladores de la zona de Chinchero, Cusco (Perú)	104
8. La respuesta de SEDACUSCO S.A. Hechos concretos	128
9. Evaluación del tratamiento del agua. La calidad en el sistema de distribución y monitoreo de la calidad del agua, 2019	131
10. Análisis de la red de distribución del sistema Piuray	181
11. Utilización del instrumento Guía de observación en la fuente de agua Piuray y sus tributarios	221
12. Enseñanzas derivadas de la capacitación realizada por el grupo de investigación en la PTAP EMASESA, Sevilla (España)	227

Capítulo 5

PROPUESTAS DE MEJORA DE LA PROTECCIÓN DE LA LAGUNA PIURAY Y DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO A PARTIR DEL DERECHO INTERNACIONAL Y DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	239
1. La aplicación del derecho humano al agua: Implicaciones para el caso de la laguna del Piuray de Cusco	241
2. La creación de la franja marginal en la laguna de Piuray: la necesidad del saneamiento de sus aguas como derecho humano reconocido	244
3. El acceso al agua. Un enfoque de derechos humanos y análisis del caso de la “Laguna de Piuray”	249
4. Faja marginal de la laguna de Piuray	258
5. Plan de gestión integral de los recursos hídricos de la microcuenca de la laguna de Piuray	261
6. Eutrofización y el caso de la Manga del Mar Menor (este de España)	267
7. Trihalometanos en aguas tratadas para uso humano y la salud humana	273
8. Tratamiento integral del agua para evitar y prevenir infecciones parasitarias en comunidades indígenas de Ecuador	277
9. Otros aportes al tratamiento del agua potable	280

PRESENTACIÓN

El libro “LA LAGUNA DEL PIURAY: AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL CUSCO Y SU NECESARIA PROTECCIÓN”, es fruto de las investigaciones y actividades realizadas en el proyecto de Investigación Canon titulado “Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray” de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). En adelante Investigación Agua Piuray.

Esta investigación en implementación inicia con “el enfoque del Sistema de Múltiples Barreras” para proporcionar al público cantidades adecuadas de agua de alta calidad a tarifas asequibles que consiste en:

- a) Seleccionar la fuente de agua de mayor calidad posible.
- b) Proteger la fuente.
- c) Tratar el agua.
- d) Mantener la calidad en el sistema de distribución.
- e) Monitorear la calidad en todas las etapas.
- f) Si las otras barreras fallan, implementar procedimientos de respuesta a emergencias (Ohio River, 2021).

Para implementar el enfoque del Sistema de Múltiples Barreras (EdSMB) según el proyecto Canon en mención, previamente se realizó la investigación bibliográfica según la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica y una investigación sobre gestión del agua potable.

Luego se implementó el EdSMB de la siguiente manera: “Seleccionar la fuente de agua de mayor calidad posible”, para lo cual se realizaron investigaciones con bioindicadores como son los macroinvertebrados y microalgas diatomeas, los cuales tienen menor costo, lo cual constituye el diagnóstico basal.

“Proteger la fuente”, siendo que la Salud Pública requiere acciones concertadas, se usó un mecanismo de coordinación y articulación, como son las mesas técnicas con participación ciudadana de actores. El tema fue la faja marginal de la laguna del sistema Piuray.

También se contó con la participación activa del señor Rector de la UNSAAC, quien pudo solicitar el cumplimiento de la faja marginal de la laguna de Piuray a SEDACUSCO S.A. debido a que se firmó un convenio específico con SEDACUSCO S.A. En la actualidad esta EPS viene concretando la “Creación de la Planta de Pretratamiento del Sistema Piuray en el Distrito de

Chinchero, Provincia de Urubamba, Departamento de Cusco”, pero hasta la fecha la laguna de Piuray **NO CUENTA CON FAJA MARGINAL**.

Asimismo, se realizó el Congreso Científico Internacional (CCI) y se publicó del libro de resúmenes que cuenta con ISBN. Este CCI tuvo como fortaleza la participación ciudadana de la Asociación de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable y Alcantarillado de Cusco, Partida N.º 11097582 -Título N.º 2010-00005944 y los actores involucrados en el tema.

Para el monitoreo se realizó trabajo de campo en la fuente de agua del sistema Piuray y sus tributarios, y se utilizó el instrumento denominado Guía de Observación (basado en la normativa peruana).

Para implementar los siguientes ítems:

“Tratar el agua”

“Mantener la calidad en el sistema de distribución”

“Monitorear la calidad en todas las etapas”

Se investigó y evaluó el tratamiento del agua, la calidad en el sistema de distribución y monitoreo de la calidad del agua mediante el “Estudio de Filtros de la Planta de Tratamiento del Agua Potable / Santa Ana / SEDACUSCO S.A. y la Red de distribución del sistema Piuray”, para lo cual se contrató la empresa CERPER S.A. del Perú, tanto para los muestreos como para los análisis laboratoriales de protozoarios y organismos de vida libre (algas y fitoplancton y protozoarios *Giardia* y *Cryptosporidium*) y en el laboratorio de Microbiología Médica de la UNSAAC utilizando la triangulación de métodos y resultados, se obtuvieron los resultados correspondientes.

Para los análisis de pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, nitrato, nitrito, fosfatos, sólidos totales disueltos, de las muestras de agua de los tributarios de la laguna de Piuray se contrató a la empresa HIDROLAB del Perú. Estos datos sirvieron para la tesis de pregrado “Índice Diatónico General y Calidad Física y Química del Agua en los Afluentes de la Laguna de Piuray, Cusco, 2022”.

Y se recibió una capacitación en la PTAP EMASESA de Sevilla (España).

Muchas gracias,

Dra. Yanet Mendoza-Muñoz
Dr. Marco Edmundo Ordoñez Linares
PhD. Agnieszka Helena Mostowska
Biol. Nicole Adriana Luque Callo

CAPÍTULO 1

LA CIUDAD DE CUSCO

LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

La imperial ciudad de Cusco

La Ciudad de Cusco, a 3.400 metros sobre el nivel del mar, está ubicada en un fértil valle aluvial alimentado por varios ríos en el corazón de los Andes Peruanos Centrales de América del Sur y S13 31 2.194 W71 58 48.014.

En el siglo XV bajo el gobierno del Inca Pachacutec (Tito Cusi Inca Yupanqui), la ciudad fue rediseñada y remodelada luego de un proceso de ocupación preincaica de más de 3.000 años, convirtiéndose en la capital del Imperio Inca Tawantinsuyu, que abarcó gran parte de los Andes sudamericanos entre los siglos XV y XVI d.C..

La ciudad Imperial de los Incas se desarrolló como un centro urbano complejo con distintas funciones religiosas y administrativas perfectamente definidas, distribuidas y organizadas.

La UNESCO ha calificado a la ciudad imperial de Cusco como “Patrimonio Cultural de la Nación como Área Monumental”, con fecha de Inscripción 1983 y Criterios: (iii) (iv). Expediente: 273 (UNESCO - 273, 2022).

La ciudad de Cusco está catalogada como patrimonio cultural de la nación como Área Monumental de acuerdo con la Resolución Suprema N° 2900, de 1972, que establece su ámbito de protección pero no especifica su zona de amortiguamiento. Según la misma normativa, todas las calles del área delimitada tienen la calificación de Entorno Urbano Monumental y 103 edificios de valor histórico tienen la calificación de Monumentos.

Este patrimonio está protegido por la Constitución Nacional y por la Ley N° 28296, Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación.



Figura 1. Calles de Cusco. Fotos de Francesco Bandarin.

Fuente: UNESCO - 273, 2022.

Cusco también cuenta con la maravilla del Santuario Histórico de Machu Picchu, de propiedad estatal. Es una parte integral del sistema nacional de áreas protegidas de Perú y goza de protección a través de varias capas de un marco legal integral para el patrimonio cultural y natural (UNESCO - 274, 2022).



Figura 2. Machupicchu. Fotos de Francesco Bandarin.

Fuente: UNESCO - 274, 2022.



Figura 3. Zona arqueológica de Chinchero, Cusco. Foto de David Stanley.

Fuente: Nanaimo, Canadá.



Figura 4. Ruta
Cusco - Chinchero

Fuente: Ministerio de
Turismo, Perú (s/f).

Referencias bibliográficas

Thomas Steeb. (2019). Lecciones aprendidas y propuesta de política desde dos experiencias emblemáticas en Apurímac y Cusco. En colaboración con el Grupo Propuesta Ciudadana (GPC), la Asociación Arariwa, el Centro Bartolomé de Las Casas (CBC), las familias involucradas, gobiernos locales y entidades públicas y privadas en los ámbitos de Apurímac y Cusco.

<https://propuestaciudadana.org.pe/wp-content/uploads/2019/06/Lecciones-aprendidas-y-propuestas-de-pol%C3%ADtica-desde-dos-experiencias-emblem%C3%A1ticas-en-Apur%C3%ADmac-y-Cusco.pdf>

UNESCO. 2022. Convención del patrimonio mundial. Ciudad de Cusco. Lista del Patrimonio Mundial. Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO 1992-2022, en: <https://whc.unesco.org/en/list/273> y <https://whc.unesco.org/en/list/274>

Ministerio de Turismo (Perú): Ruta Cusco-Chinchero-Piuray; <https://www.boletomachupicchu.com/camino-inca-chinchero-urquillos/>

CAPÍTULO 2

ENTIDADES DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

**SEGÚN DECRETO SUPREMO
N.º 031-2010-SA**

TÍTULO I. DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1º.- De la finalidad. El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población (MINSA-DIGESA, 2011).

Artículo 3º.- Ámbito de Aplicación

3.1 El presente Reglamento y las normas sanitarias complementarias que dicte el Ministerio de Salud son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano, desde la fuente hasta su consumo (MINSA-DIGESA, 2011).

Artículo 5º.- Definiciones

- 1. Agua cruda:** Es aquella agua en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometida a procesos de tratamiento. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano 10
- 2. Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.
- 2. Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.
- 3. Consumidor:** Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo.

4. **Cloro residual libre:** Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.
5. **Inocuidad:** Que no hace daño a la salud humana.
6. **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua (MINSA-DIGESA, 2011).

TÍTULO II. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 8°.- Entidades de la gestión de la calidad del agua de consumo humano.

Las entidades que son responsables o participan en la gestión para asegurar la calidad del agua para consumo humano en lo que le corresponde de acuerdo a su competencia en todo el país son las siguientes:

1. Ministerio de Salud
 2. Ministerio de Vivienda
 3. Construcción y Saneamiento
 4. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
 5. Gobiernos regionales
 6. Gobiernos locales provinciales y distritales
 7. Proveedores del agua para consumo humano
 8. Organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores
- (MINSA-DIGESA, 2011).

El numeral 7 dice: Proveedores del agua para consumo humano

(MINSA-DIGESA, 2011).

En este caso el proveedor del agua para consumo humano en el Cusco es la EPS SEDACUSCO S.A. Se realizó el **Convenio N.º 004-2018-GG-EPS.SEDACUSCO S.A.** entre la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y la Empresa Prestadora Municipal EPS SEDACUSCO S.A.

Cooperación

Con objeto específico: Faja Marginal alrededor de la laguna de Piuray, entre otros referidos a la investigación “Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray”, que cuenta con Resolución N.º CU -583-2018-UNSAAC, de fecha 4 de diciembre de 2018.

CUADRO 1. NÚMERO DE EXPEDIENTES ENVIADOS A SEDACUSCO S.A. EN EL AÑO 2018				
Fecha	N.º Expediente	Oficio N.º	Dirigido a	Asunto
3 de abril	1602		Ing. José Luis Becerra Silva, Gerente General	Solicita formalización de cooperación para ejecución de Proyecto de Investigación Canon UNSAAC - SEDACUSCO
Se adjunta propuesta de Convenio.				
27 de abril	1041	Informe N.º 192-2018-GO-EPS-EDACUSCO S.A. (de fecha 24 de abril de 2018). 192-2018-GO-EPS-EDACUSCO S.A. (de fecha 24 de abril de 2018)	Ing. José L. Becerra Silva, Gerente General De Ing. Ing. Álvaro Horacio Flores Boza, Gerente de Operaciones	Solicita formalización de cooperación Interinstitucional para formulación de Proyectos de Investigación UNSAAC
Referencia Expediente N.º 1602.2018 Informe N.º 149-18-DP.GO.EPS.SEDACUSCO S.A. Opinión favorable por la formulación de un convenio de cooperación interinstitucional.				
28 de agosto		Oficio N.º 472.2018/GG.EPS.SEDACUSCO S.A. del Ing. José Luis Becerra Silva, Gerente General	Yanet Mendoza-Muñoz Responsable del proyecto	Formalización de cooperación para ejecución de Proyecto de Investigación Canon UNSAAC - SEDACUSCO
Referencia: Solicitud s/n (HE N.º 1602.2018/EPS) Informe N.º 160-2018-oatl-eps-sedacusco S.A. Adjuntaron el informe de la Gerencia de Operaciones para incluir sus recomendaciones en el Convenio que tiene la atención de la oficina de Asesoría y Defensa Legal y Gerencia de Operaciones				

El numeral 8 dice: Organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores (MINSA-DIGESA 2011).

Asociación de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable y Alcantarillado de Cusco “UNUNCHISTA QAWUARISUN”

Inscrita en la Partida N.º 11097582. Asiento A0001.

Título N.º 2010-00005944.

Está conformada por:

- » Docentes de la Facultad de Medicina Humana de la UNSAAC. Entre los integrantes están la Dra. Evelina Andrea Rondón Abuhadba past Decano de la Facultad de Ciencias de la Salud y la Dra. Yanet Mendoza-Muñoz como past presidenta de la Asociación.
- » Personal administrativo de la UNSAAC; magísteres, administradores, contadores, comunicadores, entre ellos la Mgt. María Elena Mendoza Muñoz.
- » Estudiantes.

Referencias bibliográficas

MINSA. DIGESA. 2011. Reglamento de calidad del agua para consumo humano. DS N.º 031-2010-SA. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2011-02552. Lima Perú http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

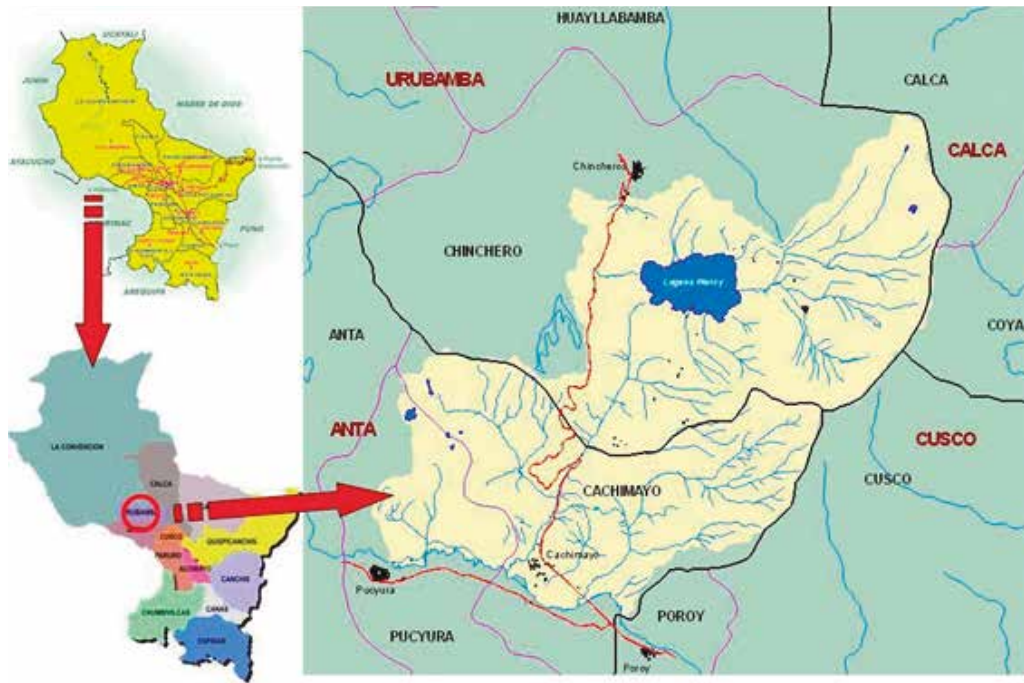
CAPÍTULO 3

LA MICROCUENCA DEL PIURAY - CCORIMARCA

DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA

FIGURA 1. MAPA DE LA MICROCUENCA PIURAY - CCORIMARCA

Fuente: Juan Víctor Béjar Saya.



La microcuenca Piuray-Ccorimarca se ubica en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, región Cusco, entre las coordenadas $13^{\circ}22'33''$ y $13^{\circ}29'08''$ latitud sur y $72^{\circ}06'41''$ y $72^{\circ}58'00''$ longitud oeste. Está enmarcada en la cuenca del Vilcanota y tiene una extensión de 95.78,30 km² (Steeb Th., 2019).

Aún están vigentes **tradiciones y buenas prácticas** de solidaridad y reciprocidad como el ayni, la minka, la mita y la cosmovisión (Steeb Th., 2019).

Son amenazas a los ecosistemas:

- » Los cambios en las costumbres de la agricultura: monocultivos y pérdida de conocimientos de plantas con múltiples usos (medicinales, tintes, etc.).
- » El reemplazo de cultivos andinos (oca, mashua, etc.) por cultivos modernos (nuevas variedades de papa, trigo, etc.); el abandono de uso de terrazas, entre otras (Steeb Th., 2019).

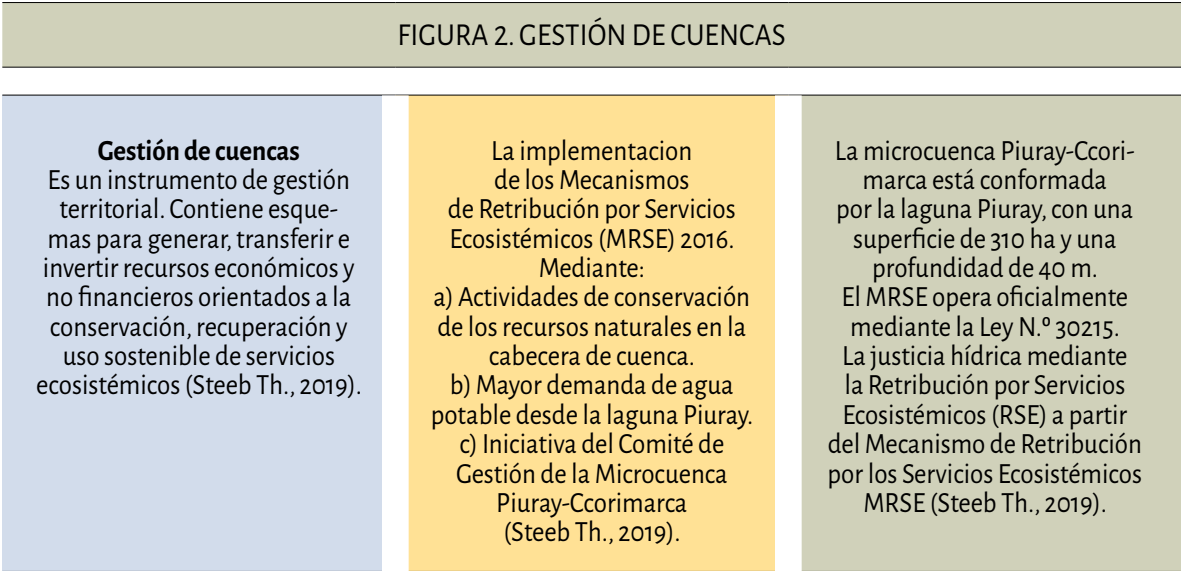


FIGURA 3. SUBMICROCUENCAS Y QUEBRADAS EN LA MICROCUENCA PIURAY- CCORIMARCA

Fuente: Ministerio de Ambiente (s/f)



FIGURA 4. GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

2011. “Plan Estratégico para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Microcuenca Piuray-Ccorimarca al 2021”, con apoyo del Centro Bartolomé de Las Casas (CBC)

Se determinaron como problemas principales:

- » El manejo inadecuado de los recursos naturales.
- » La pérdida de la biodiversidad de los cultivos andinos y una ineficiente gestión del agua (Steeb Th., 2019).

En el año 2012, la EPS SEDACUSCO presentó a la SUNASS:

- » Un informe situacional de la variación de la calidad y el volumen de agua de la laguna de Piuray.
- » Inició un proceso de negociación entre la municipalidad de Chinchero, el Comité de Gestión de la microcuenca Piuray- Ccorimarca y SEDACUSCO.
- » Con implementación de un MRSE que se produce en la microcuenca, coadyuvados por la población y garantizando el agua potable de la laguna de Piuray para su consumo en la ciudad de Cusco (Steeb Th., 2019).

En 2013, el Centro Guaman Poma de Ayala elaboró el “Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Microcuenca de la Laguna de Piuray”

- » Se firmó un Convenio Tripartito de Cooperación Interinstitucional entre SEDACUSCO, la municipalidad distrital de Chinchero y el Comité de Gestión de la microcuenca Piuray-Ccorimarca, para realizar acciones destinadas a proteger, conservar, restaurar, financiar y compensar los servicios ecosistémicos hídricos (Steeb Th., 2019).

INDEPENDIENTEMENTE AL FONDO RSE

Las comunidades campesinas y el CBC vienen implementando el proyecto “Adaptación de la Gestión de Recursos Hídricos al Cambio Climático”, en el marco de un convenio con The Nature Conservancy (TNC) para acciones de infraestructura verde como medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Entre otras, reforestación, recuperación de pastizales, protección de manantes, zanjas de infiltración, rehabilitación de andenes, construcción de cochas y microreservorios y recuperación de bofedales y humedales (Steeb Th., 2019).

A su vez, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) desarrolla la “Mejora de la infraestructura natural para la seguridad hídrica”, como una apuesta por reducir riesgo de inundaciones, sequías y contaminación del agua, asegurando la sostenibilidad del recurso (Steeb Th., 2019).

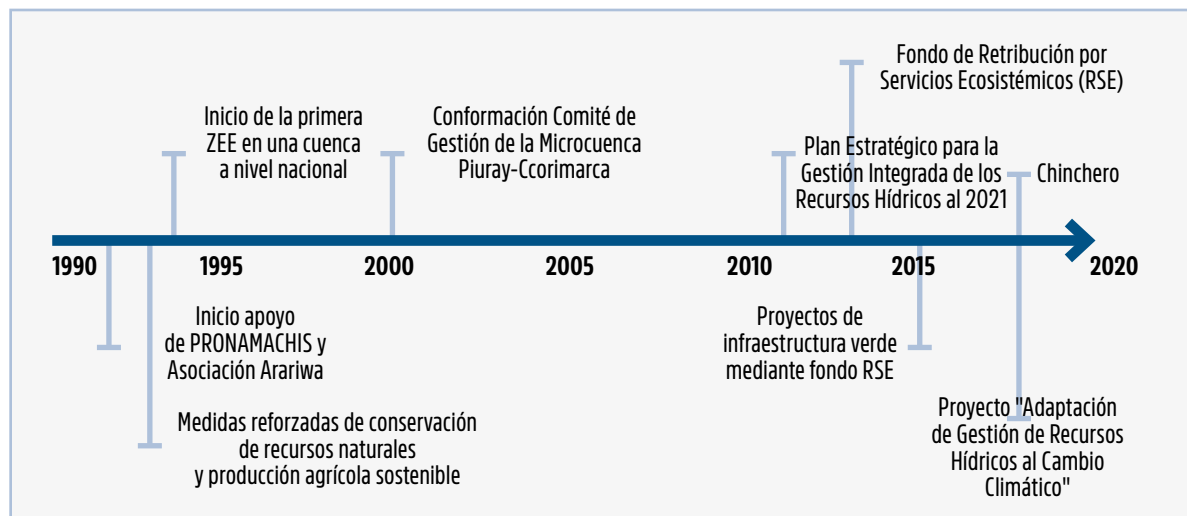
Gestión territorial urbana

Mientras el crecimiento urbano de la ciudad de Cusco tiene implicancias en la microcuenca solamente en la gestión de la disponibilidad del agua potable desde la laguna de Piuray, la urbanización de la ciudad de Chinchero, ubicada en la cercanía de la microcuenca Piuray-Ccorimarca, influye directamente en su desarrollo ambiental y sociocultural (Steeb Th., 2019).

La población del distrito de Chinchero se ha incrementado, entre 1981 y 2018, de 7.850 a 14.893 habitantes; el actual crecimiento muestra aún más dinámica por la inminente construcción de un aeropuerto internacional, proyecto que está fuertemente discutido por la cercanía a la microcuenca y un biotopo cercano (Humedal de Pongolay) (Steeb Th., 2019).

FIGURA 5. LÍNEA DE TIEMPO DE LA GESTIÓN TERRITORIAL EN LA MICROCUENCA PIURAY - CCORIMARCA

Fuente: Steeb Th., 2019.



Lección aprendida

- » El apoyo de las entidades públicas o privadas puede promover la GT, siempre y cuando esté aprobada por las comunidades y considere la participación de ellas en la toma de decisiones, y la aplicación de tecnologías adecuadas y costumbres locales para un mayor grado de equidad de género y la inclusión de jóvenes (Steeb Th., 2019).

Justicia Hídrica mediante RSE

Se decidió implementar un Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MRSE), que opera oficialmente y mediante la Ley N.º 30215 de MRSE, a partir de:

- » Actividades de conservación de los recursos naturales en la cabecera de cuenca.
- » Mayor demanda de agua potable desde la laguna Piuray.
- » Iniciativa del Comité de Gestión de la Microcuenca Piuray-Ccorimarca (Steeb Th., 2019).

Planificación del desarrollo urbano

La gestión territorial en la microcuenca Piuray-Ccorimarca está influida por:

- » La expansión urbana.
- » Proyectos con mayores impactos ambientales y socioeconómicos, como el aeropuerto internacional en Chinchero (Steeb Th., 2019).

Lecciones aprendidas

- » El Plan de Desarrollo de Chinchero debería considerar medidas de mitigación ambiental para no contrarrestar los esfuerzos de GT anteriores en la Microcuenca (Steeb Th., 2019).
- » El gobierno local tiene la responsabilidad de garantizar el equilibrio entre los intereses económicos y la conservación de los ecosistemas y tradiciones de la zona (Steeb Th., 2019).

MRSE

- » El primer quinquenio del fondo ha servido para financiar obras de saneamiento básico en algunas comunidades de la microcuenca, lo que no era el propósito de la creación del fondo debido que estas obras son una responsabilidad de los gobiernos local y regional.
- » Los siguientes proyectos del MRSE y de inversión pública han mostrado que son muy burocráticos y poco participativos, siendo las comunidades mano de obra sin sentirse dueños de su territorio.

Lecciones aprendidas

- » La decisión de los proyectos financiados por el MRSE debería ser tomada en el Comité de Gestión de la Microcuenca Piuray y la administración del fondo debería ser más participativa y mediante una comisión desde el mismo Comité.
- » Los proyectos de conservación de recursos naturales se realizan de manera complementaria, pero más participativa y eficiente (Steeb Th., 2019).

Ley N.º 29338 - Ley de Recursos Hídricos

Marzo de 2009 (en adelante LRH)

Promulgada y puesta en vigencia el 30 de marzo de 2009, la “Ley de modernización de la gestión del agua establece nuevo ordenamiento jurídico”. Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Perú Progreso para todos (CR, (2009).

Principios

- 1. Principio de seguridad jurídica.** El Estado consagra un régimen de derechos para el uso del agua. Promueve y vela por el respeto de las condiciones que otorgan seguridad jurídica a la inversión relacionada con su uso, sea pública o privada o en coparticipación.
- 2. Principio de sostenibilidad.** El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos, previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran. El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

Título I. Disposiciones generales

Artículo 1.- El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.

Artículo 2.- Dominio y uso público sobre el agua

El agua constituye patrimonio de la Nación.

El dominio sobre ella es inalienable e imprescriptible.

Es un bien de uso público y su administración sólo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación. **No hay propiedad privada sobre el agua** (CR, 2009).

Artículo 6º.- Bienes asociados al agua. Son bienes asociados al agua los siguientes:

1. Bienes naturales:

- a. La extensión comprendida entre la baja y la alta marea, más una franja paralela a la línea de la alta marea en la extensión que determine la autoridad competente.
- h. La vegetación ribereña y de las cabeceras de cuenca; i. las fajas marginales a que se refiere esta Ley.

Capítulo II. Autoridad Nacional del Agua

Artículo 14º.- La Autoridad Nacional como ente rector. La Autoridad Nacional es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Es responsable del funcionamiento de dicho sistema en el marco de lo establecido en la Ley.

Capítulo III. Otros derechos de uso del agua

Artículo 64º.- Derechos de comunidades campesinas y de comunidades nativas. El Estado reconoce y respeta el derecho de las comunidades campesinas y comunidades nativas de utilizar las aguas existentes o que discurren por sus tierras, así como sobre las cuencas de donde nacen dichas aguas, tanto para fines económicos, de transporte, de supervivencia y culturales, en el marco de lo establecido en la Constitución Política del Perú, la normativa sobre comunidades y la Ley. Este derecho es imprescriptible, prevalente y se ejerce de acuerdo con los usos y costumbres ancestrales de cada comunidad. Ningún artículo de la Ley debe interpretarse de modo que menoscabe los derechos reconocidos a los pueblos indígenas en el Convenio 169 de la Organización Internacional de Trabajo.

Capítulo V. Organizaciones de usuarios

Artículo 26.- Organizaciones de usuarios. Las entidades prestadoras de servicios de saneamiento se integran al sector hidráulico y a la cuenca hidráulica que corresponda según la fuente de abastecimiento de agua de la cual se sirve (CR, 2009).

Concordancias: R.J. N° 579-2010-ANA, Art. 15. Aprueban Reglamento de Procedimientos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua.

Artículo 32.- Las comunidades campesinas y comunidades nativas se organizan en torno a sus fuentes naturales, microcuencas y subcuencas, de acuerdo con sus usos y costumbres. Las organizaciones tradicionales de estas comunidades tienen los mismos derechos que las organizaciones de usuarios. (CR, 2009)

Artículo 39.- Uso poblacional del agua. El uso poblacional consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: preparación de alimentos y hábitos de aseo personal. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional (CR, 2009).

Título V. Protección del agua

Artículo 73°.- Clasificación de los cuerpos de agua. Los cuerpos de agua pueden ser clasificados por la Autoridad Nacional teniendo en cuenta la cantidad y calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establezca.

Artículo 74°.- Faja marginal. En los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. El Reglamento determina su extensión.

Artículo 75°.- Protección del agua. La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios.

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.

El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua.

Artículo 76°.- Vigilancia y fiscalización del agua. La Autoridad Nacional, en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente.

También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a ésta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso.

Artículo 79°.- Vertimiento de agua residual. La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

Artículo 80°.- Autorización de vertimiento. Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

1. Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.
2. Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.
3. La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.

Artículo 81°.- Evaluación de impacto ambiental. Sin perjuicio de lo establecido en la Ley N.º 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, para la aprobación de los estudios de impacto ambiental relacionados con el recurso hídrico se debe contar con la opinión favorable de la Autoridad Nacional.

Artículo 82°.- Reutilización de agua residual. La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional. El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización. La distribución de las aguas residuales tratadas debe considerar la oferta hídrica de la cuenca.

Artículo 88°.- Currícula educativa. La Autoridad Nacional promueve la inclusión en el plan de estudios regular del sector educación, de asignaturas respecto a la cultura y valoración de los recursos hídricos, su aprovechamiento eficiente así como su conservación e incremento (Velásquez Q.J., 2009 y CR 2009).

Referencias bibliográficas

Congreso de la república. 2009. El presidente de la República. Ley de Recursos Hídricos. Ley N.º 29338. Marzo 2009. Internet. Periódico El peruano. <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29338.pdf>

Javier Velásquez Quesquén Presidente del Congreso de la República. Ley de Recursos Hídricos. [Internet]. 2009. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/media/316755/leyrh.pdf>

Juan Víctor Béjar Saya. Agua de Piuray; conflictos, poder de negociación para la compensación por la calidad de agua potable para la ciudad del Cusco

Gerencia de Regulación Tarifaria (GRT). SUNASS. 2013. Estudio tarifario determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa de servicio de agua potable y alcantarillado SEDACUSCO S.A. Quinquenio re-

gulatorio 2013 – 2018. Agosto 2013. Disponible en: https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/sedacusco_etfinal_sep2013.pdf
<https://www.gov.nl.ca/ecc/files/2020-Drinking-Water-Safety-Annual-Report-Online.pdf>

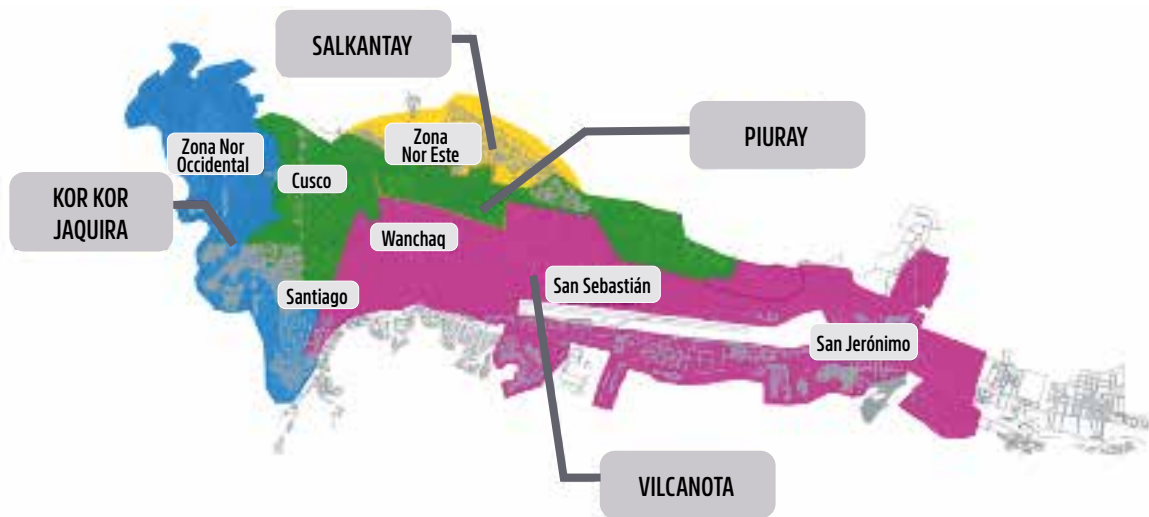
Thomas Steeb. (2019). Lecciones aprendidas y propuesta de política desde dos experiencias emblemáticas en Apurímac y Cusco. En colaboración con el Grupo Propuesta Ciudadana (GPC), la Asociación Arariwa, el Centro Bartolomé de Las Casas (CBC), las familias involucradas, gobiernos locales y entidades públicas y privadas en los ámbitos de Apurímac y Cusco. <https://propuestaciudadana.org.pe/wp-content/uploads/2019/06/Lecciones-aprendidas-y-propuestas-de-pol%C3%ADtica-desde-dos-experiencias-emblem%C3%A1ticas-en-Apur%C3%ADmac-y-Cusco.pdf>

LA CAPTACIÓN

Fuente de captación del Sistema Piuray

FIGURA 1. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE LA CIUDAD DE CUSCO

Fuente: GRT-SUNASS, 2013.



EPS SEDACUSCO S.A., empresa cusqueña de propiedad municipal que presta servicios de saneamiento básico con estándares de calidad internacional. Se encuentra registrada en la partida electrónica N.º 11006568 del Registro de Personas Jurídicas de la SUNARP - Cusco (EPS SEDACUSCO S.A., 2020).

Visión. Ser empresa líder en el mundo, ofreciendo un producto y servicio que cumpla con los estándares de calidad internacional, sostenibilidad y ecología (EPS SEDACUSCO S.A., 2020).

Misión. Compromiso del personal con innovación permanente (EPS SEDACUSCO S.A., 2020).

En junio de 2017, en cumplimiento del Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1280, Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, el accionariado de la empresa se modificó y quedó conformado por la Municipalidad Provincial de Cusco y la Municipalidad Provincial de Paucartambo (EPSS SEDACUSCO S.A., 2020). La Junta General de Accionistas de la Municipalidad de Cusco-EPS SEDACUSCO S.A., quedó:

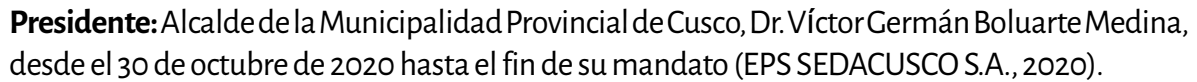


FIGURA 3. FOTO TOMADA DE SEDACUSCO, MEMORIA 2019

Fuente: Elaboración propia, en base a la memoria de 2019 de SEDACUSCO S.A.



Servicio de agua potable en la ciudad de Cusco

La imperial ciudad de Cusco cuenta con el servicio de agua potable a partir de cuatro sistemas de abastecimiento: Vilcanota, Piuray, Kor Kor y Salkantay (GRT-SUNASS, 2013), que están administrados por EPS SEDACUSCO S.A. que, para suministrar agua potable a la población de la ciudad de Cusco, depende de trasvasar 8.44 MMC desde la laguna de Piuray (ALA, 2019).

El sistema Piuray es uno de los más importantes, suministra de agua potable a la población asentada en el cercado de Cusco y parte del distrito San Sebastián (GRT-SUNASS, 2013).

El proceso de producción del agua potable

La fuente de captación de la laguna de Piuray está ubicada en el distrito Chinchero a 3754 m s.n.m. Deriva el agua mediante una tubería de 800 mm y 400 mm en una longitud de 18 km. Se transporta hasta la planta de Santa Ana.

El agua captada pasa por un proceso de floculación en el cual se añade cloruro de aluminio o sulfato de aluminio, que mediante la agitación permite el crecimiento y

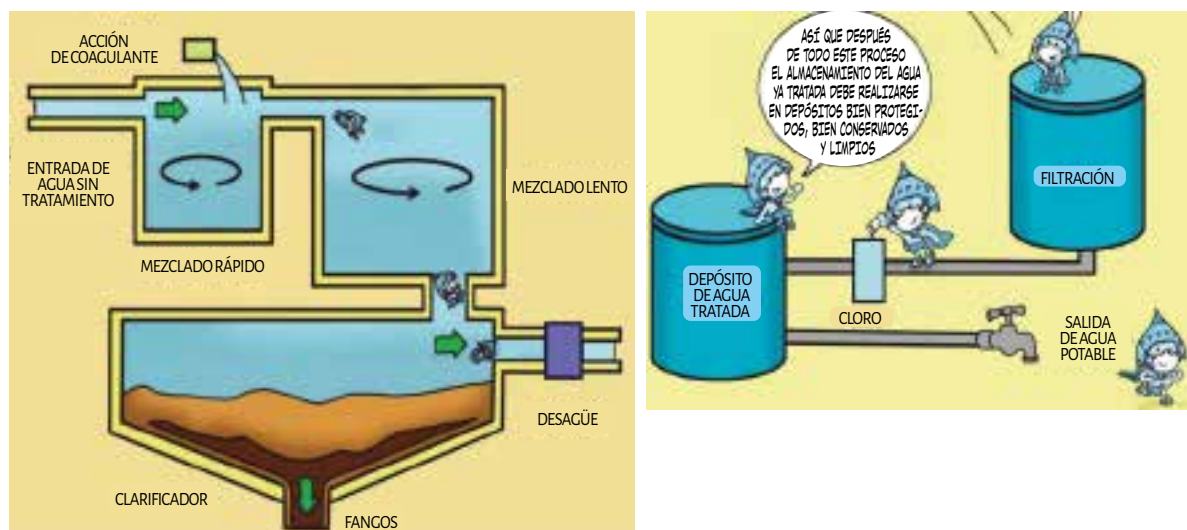
aglomeración de los flóculos recién formados, con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad, y luego pasar al filtrado. En el proceso de filtrado se cuenta con 10 tanques horizontales cuya capacidad de tratamiento es de 35 l/s cada uno, 350 litros por segundo en total de manera continua trabajando las 24 hrs; mediante unas toberas que cuentan con ranuras milimétricas se capta el agua filtrada ayudada por grava y arena cuarcítica, por un lapso de 18 a 48 horas.

Después de terminar el proceso de filtrado, se pasa a la desinfección utilizando cloro líquido, que se inyecta al agua filtrada, controlada mediante clorinadores y con rotámetros que nos permiten calcular los parámetros idóneos a usar de cloro. En la planta, el uso de cloro es de 3 a 4 kl de cloro por hora. Para cada uno de los procesos por los cuales pasa el agua captada desde la Laguna de Piuray, se realizan diferentes controles de calidad, en los cuales se medirá la turbidez, PH, se hace el control del cloro residual de acuerdo al D.L. 031-2010 del MINSA, que consta de un control al ingreso y salida del reservorio y en las redes de distribución manteniendo un parámetro de 0.5 miligramos.

El agua potable es almacenada en el reservorio de Santa Ana, que tiene una capacidad de 6500 m³, para luego ser distribuida a cuatro zonas de Cusco, como son Santa Ana, reservorio de Puquín, reservorio de Picchu que abastece al Centro Histórico y a la Línea Norte que llega a la zona noroccidental de Cusco (SEDACUSCO, 2022).

FIGURA 4. FLOCULACIÓN - FILTRACIÓN - CLORINACIÓN - ALMACENAMIENTO

Fuente: SEDACUSCO, 2021.



a. Fuente de captación del Sistema Piuray

a.1. Los ríos tributarios de la Laguna de Piuray son:

- » Ocotuan
- » Huila Huila
- » Ravilchaca
- » Pongobamba
- » Maychu

a.2. Laguna de Piuray

Se ubica en el distrito de Chinchero, a 30 km. de la ciudad de Cusco.

Provincia: Urubamba 820142 8514670 4379 9'460,800.00.

Departamento: Cusco, Sur del Perú.

Codificado como Intercuenca Ccorimarca N (4994969), según la jerarquía *Pfastteter*, coordenadas UTM WGS 84 Norte 8518786 - 8507405 y UTM WGS 84 Este 826810 - 8185061. La fuente es de origen superficial; se ubica en la cota 3691 m s.n.m. El caudal promedio captado es 204 l/s y representa en la actualidad el 35.7% de la producción total (GRT-SUNASS, 2013).

La laguna de Piuray se encuentra en la microcuenca Piuray-Ccorimarca, considerada como una cuenca endorreica. Presenta una población de 11, 200 habitantes, distribuidas en 14 comunidades campesinas asentadas en 21 centros poblados.

FIGURA 5. IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INTERCUENCA PIURAY - CCORIMARCA

Fuente: Google Earth.



La laguna de Piuray, como fuente de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Cusco, suministra en la actualidad a un total de 16,350 conexiones domiciliarias de agua potable con una producción de 673,369 metros cúbicos, que representa el 38% de la totalidad de producción de la EPS SEDACUSCO. La laguna de Piuray fue concesionada a la EPS SEDACUSCO S.A. desde el año 1970, y se responsabilizan del seguimiento fisicoquímico y biológico (SEDACUSCO, 2020).

Características geomorfológicas

La subcuenca Piuray-Ccorimarca según la evolución corresponde a la:

- » Formación Pliocena, debido a que en los alrededores del cuerpo léntico de Piuray se evidenciaban depósitos palustres y lacustres, compuestos por arcillas intercaladas con diatomeas, de forma irregular, de contornos ligeramente ondulados y con riveras bajas e inundables.
- » Los suelos de textura franco, color pardo rojizo, estructura granular a medio moderado, friable, pH moderadamente ácido, va bajando conforme se profundiza el suelo, medio en materia orgánica, presencia de gravillas de 5 a 10%.
- » Permeabilidad moderada, que se hace lenta conforme avanza hacia el subsuelo, superficie plana o planicie con una pendiente del 2 al 4%, área de cultivos con riego, papa, haba, rotados con cebada (SEDACUSCO, 2020).

La **línea de conducción** Piuray está conformada por dos líneas paralelas:

1. Línea de conducción Captación Laguna Piuray - Planta Santa Ana.
Conocida como Línea nueva, parte de la caja de reunión de la captación de la laguna de Piuray, a partir de la cual se deriva la línea de conducción de agua cruda, con una longitud total de 12,881.50 ml. Actualmente la capacidad de la línea es de 158 l/s. (GRT-SUNASS, 2013).
2. Línea de conducción Captación manantiales Maychu - Cámara Kallanca.
Conocida como Línea antigua, tiene una longitud total de 12,881.50 ml que conduce agua para abastecer a la línea de conducción de los manantiales Maychu. Se deriva hasta la cámara Kallanca. Fue construida para conducir un caudal de 139l/s en su primer tramo, y el promedio de los tramos restantes es de 197 l/s.

La línea de conducción Piuray, conformada por las líneas antigua y nueva, llegan hasta la cámara de Huasahuara a partir del cual sale una sola línea hasta la planta de Santa Ana. Tiene una longitud total de 14,616 ml. (GRT-SUNASS, 2013).

Referencias bibliográficas

- EPS SEDACUSCO S.A. 2020. Memoria Anual 2020.
<https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2020.pdf>
- EPS SEDACUSCO S.A. 2022. SEDACUSCO expuso el proceso de producción del agua potable en la feria Huancaro <https://www.sedacusco.com/comunicados/el-proceso-de-produccion-del-agua-potable/>
- EPS SEDACUSCO S.A. 2021. La ruta del agua. <https://www.geredusco.gob.pe/wp-content/uploads/Revista-SEDA.pdf>
- Gerencia de Regulación Tarifaria (GRT). SUNASS. 2013. Estudio tarifario determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa de servicio de agua potable y alcantarillado SEDACUSCO S.A. Quinquenio regulatorio 2013 – 2018. Agosto 2013. Disponible en: https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/sedacusco_etfinal_sep2013.pdf
<https://www.gov.nl.ca/ecc/files/2020-Drinking-Water-Safety-Annual-Report-Online.pdf>
- Rosas y Miranda, 2014. Ubicación política y geográfica de la laguna de Piuray. https://www.researchgate.net/figure/Figura1-Ubicacion-politica-y-geografica-de-la-laguna-de-Piuray-Fuente-Rosas-y-Miranda_fig1_350031146
- Thomas Steeb. (2019). Lecciones aprendidas y propuesta de política desde dos experiencias emblemáticas en Apurímac y Cusco. <https://propuestaciudadana.org.pe/wp-content/uploads/2019/06/Lecciones-aprendidas-y-propuestas-de-pol%C3%ADtica-desde-dos-experiencias-emblem%C3%A1ticas-en-Apur%C3%ADmac-y-Cusco.pdf>

CAPÍTULO 4

INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO PROVENIENTE DE LA FUENTE PIURAY

NECESIDAD DEL ESTABLECIMIENTO DE MÚLTIPLES BARRERAS DE PROTECCIÓN

1. VISIÓN GENERAL

La Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), mediante el Vicerrectorado de Investigación, convoca a concursos de proyectos.

Así, este libro es el resultado de la investigación en implementación, con fondos canon, titulada "Implementación de un Sistema de Múltiples Barreras para Eliminar Quistes de Protozoarios Patógenos del Agua Potable de la Fuente Piuray" y con contrato N.º019-2018-UNSAAC- Esquema financiero E041-2017-UNSAAC-Proyectos de Investigación, en adelante "Investigación Agua Piuray".

FIGURA 1. FUENTE DE CAPTACIÓN DEL AGUA POTABLE SISTEMA PIURAY-CCORIMARCA

Fuente: Comité de Gestión de la Microcuenca Piuray-Ccorimarca.



FIGURA 2. MÚLTIPLES BARRERAS EN LA INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY

Fuente: Elaboración propia.

El Sistema de Múltiples Barreras está fundamentado en AWWA 2014, que dice:

Para proporcionar al público cantidades adecuadas de agua de alta calidad a tarifas asequibles. Este enfoque consiste en:

- 1) Seleccionar la fuente de agua de mayor calidad posible.
- 2) Proteger la fuente.

- 3) Tratar el agua.
- 4) Mantener la calidad en el sistema de distribución.
- 5) Monitorear la calidad en todas las etapas.
- 6) Si las otras barreras fallan, implementar procedimientos de respuesta a emergencias. (Ohio River Valley Water Sanitation Commission 2021).

En la actual INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY

- 1) Búsqueda bibliográfica según VT e IE.
- 2) Gestión.
- 3) Investigaciones:
 - Macroinvertebrados
 - Diatomeas
- 4) Protección de la fuente: Participación Ciudadana Faja Marginal de la laguna de Piuray. Reunion con actores.
- 5) Congreso Científico Internacional y publicación del libro de resúmenes.

- 6) Evaluación del tratamiento del agua, la calidad en el sistema de distribución y monitoreo la calidad del agua
Mediante el estudio de:
 - a) Filtros de la PTAP Santa Ana SEDACUSCO S.A.
 - b) Red de distribución del sistema Piuray.
 - c) Utilización del instrumento Guía de observación en la fuente de agua Piuray y sus tributarios. Capacitación en la PTAP EMASESA - Sevilla (España).

Referencias bibliográficas

Ohio River Valley Water Sanitation Commission. 2021. Ohio River Valley Water Sanitation Commission. Bringing Agriculture and Drinking Water Utilities Together for Source Water Protection G. Tracy Mehan III and Adam T. Carpenter. EE. UU. 2021. Disponible en: <https://www.orsanco.org/wp-content/uploads/2021/01/TECAgendaMaterialsFeb21.pdf>

2. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA SEGÚN VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA (VT e IE)

Yanet Mendoza-Muñoz

Maria Elena Mendoza Muñoz

Integrantes de la Asociación de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable y Alcantarillado del Cusco

Objeto de Búsqueda (OB):

“TENDENCIAS SOBRE SISTEMAS DE MÚLTIPLES BARRERAS EN EL AGUA POTABLE”

Se realizó una búsqueda en rastreadores de noticias, agentes inteligentes, *web site*, redes sociales, base de datos estructurados, metabuscadores/multibuscadores como carrot2, a nivel global, nacional y local. Se buscó información tecnológica (patentes, marcas, modelos de utilidad), información científica y académica (publicaciones científicas, artículos técnicos, tesis, paper etc, proyectos I+D+i) (Pérez N. , 2021).

El OB “tendencias sobre sistemas de múltiples barreras en el agua potable”, es un tema muy interesante y a la vez preocupante en esta época en la que, al año 2030 o quizá antes, ya no tendremos glaciares y habrá riesgo de no contar con agua dulce. Por ello, debemos conocer y hacer de conocimiento de la Región Cusco y de los municipios de Cusco acerca de las múltiples barreras para gestionar las cuencas de agua dulce y prever los acontecimientos nefastos que pueden surgir en un futuro cercano.

CUADRO 1. PALABRAS CLAVE

Palabras clave en castellano	Palabras clave en inglés	Sinónimos Acrónimos
1. Sistemas de múltiples barreras en el agua potable	1. Multiple barrier systems in drinking water	
2. Planes de seguridad para el agua potable	2. Water safety plan	PSA,WSP
3. Agua potable segura y saludable	3. Safe healthy drinking water	
4. Mantenimiento adecuado de los sistemas de distribución de agua potable	4. Proper maintenance of drinking water distribution systems	
5. Sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control en el agua potable	5. Hazard analysis AND critical control point system AND drinking water	APPCC, HACCP

CUADRO 2. ECUACIONES DE BÚSQUEDA (EC)

Ecuaciones de búsqueda en castellano	Ecuaciones de búsqueda en inglés
1. “Sistemas de múltiples barreras” AND “agua potable”	1. “Multiple barrier systems”AND“ drinking water
2. “Planes de seguridad ”AND“ agua potable” OR PSA	2. “Drinking water”AND “ safe-ty plan ”ORWSP
3. “Agua potable segura ”AND“ saludable”	3. “safe” AND “healthy drinking water”
4. “Mantenimiento adecuado ”AND “sistemas de distribución de agua potable”	4. “Proper maintenance” AND “drinking water distribution systems”
5. “Sistema de análisis de peligros” AND “ puntos críticos de control” AND “agua potable” OR APPCC	5. “Hazard analysis ”AND“ criti-cal control point system” AND“ drinking water” OR HACCP

El OB “tendencias sobre sistemas de múltiples barreras en el agua potable” se enmarca en la Agenda de Desarrollo 2030 “lograr el desarrollo sostenible en un mundo diverso”.

En el ODS 6, de entre los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, el tema del agua potable dice: “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Además, podemos preservar nuestros ecosistemas hídricos y su diversidad biológica, y adoptar medidas para combatir el cambio climático”.

OD13: “Acción por el clima”

OD15: “Vida de ecosistemas terrestres” (ONU, 2015).

Estado de situación actual del tema

A nivel internacional

El tema es tratado como sigue. Para Salas-Salvadó, Jordi, *et al.* (2020), “el agua participa en todas las funciones del cuerpo humano, jugando un papel fundamental en el mantenimiento de la salud. Por tanto, los desequilibrios del agua, ya sean cuantitativos (deshidratación y sobrehidratación) o cualitativos (cambios en los porcentajes de los compartimentos intracelular y extracelular), afectan a las funciones del cuerpo, pudiendo causar enfermedades e incluso la muerte.

FIGURA 1. REGISTRO DE TEMPERATURA PROMEDIO DEL SUELO Y LOS OCÉANOS

Fuente: NASA, Global Temperature, Vital Signs of the Planet.

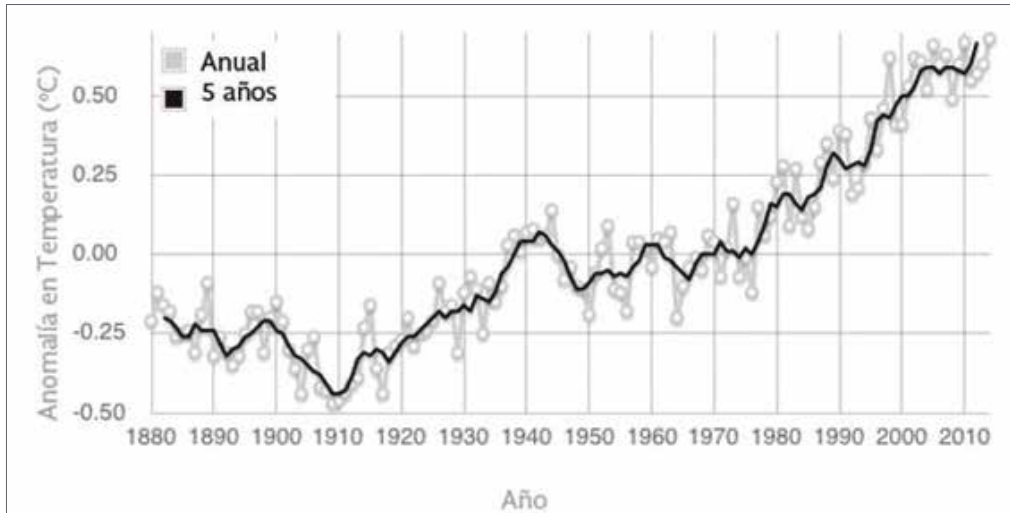


FIGURA 2. QUEBRADA CAYESH DE QUILCAY- HUANCA, EN ÁNCASH, MUESTRA LA DE GLACIACIÓN

Fuente: Andes Climbing Expeditions (s/f).



FIGURA 3. CUSCO: LOS GLACIARES SUYUPARINA Y QUIISOQUIPINA EVIDENCIAN EL CAMBIO CLIMÁTICO

Fuente: ANA, 2020.



La implementación de normativas para garantizar la calidad y la salubridad del agua (ya se suministre como agua corriente a través del grifo o envasada), es la medida más efectiva para promover la salud global de la población.

Según la guía de *Canadian Drinking Water* (2021), “el enfoque de barreras múltiples para el agua potable segura es la clave para garantizar un agua potable limpia, segura y confiable desde la fuente hasta el grifo del consumidor. Este conocimiento incluye la comprensión de las características generales del agua y la tierra que rodea la fuente de agua, así como el mapeo de todas las amenazas reales y potenciales a la calidad del agua.

El enfoque de barreras múltiples tiene en cuenta todas las amenazas y se asegura de que existan “barreras” para eliminarlas o minimizar su impacto. Las barreras juntas funcionan para brindar una mayor garantía de que el agua será segura para beber a largo plazo” (Government of Canada, 2021).

Ontario-Canadá (2019)

El enfoque de barreras múltiples reconoce el sistema como un todo y establece criterios para asegurar que existan suficientes mecanismos de protección (Canadian Center of Science and Education, 2019).

Considera tres componentes del Nivel I del Plan de acción estratégico de barreras múltiples (MBSAP), que son:

- » Protección de la fuente de agua.
- » Tratamiento de agua potable.
- » Distribución de agua potable.

Nivel II del MBSAP:

- » Seguimiento.
- » Gestión y presentación de informes de datos.
- » Inspección y ejecución.
- » Educación, capacitación y certificación del operador.
- » Medidas correctivas.

En el Nivel III del MBSAP:

- » Marcos legislativos y de políticas.
- » Participación y sensibilización del público.
- » Directrices, normas y objetivos.
- » Investigación y desarrollo (Annual Report, 2018).

Presenta una mejor ventaja competitiva en:

a) Procesos/equipos

b) Finanzas

b.1) Precio de las acciones

El Gobierno de Newfoundland y Labrador aprobó \$82,032,859 para los proyectos relacionados con el agua desde el 1 de abril de 2019 al 31 de marzo de 2020 (Annual Report Canada, 2020).

b.2) Nivel de endeudamiento

Sin endeudamiento. 2017-2018: Gestión Financiera Estratégica. Estimado: 966,600. Gastado: 921,677. Neto total. Estimado: 177,908,200. Gastado: 140,417,445 (Annual Report, 2018).

El Gobierno de Terranova y Labrador no gestiona un sistema público de suministro de agua porque no incorpora a los miembros de la comunidad.

Australia en 2017, tiene ventajas competitivas en:

a) Tecnología, por el Sistema de Múltiples Barreras.

La prevención de la contaminación proporciona mayor seguridad, por lo que la barrera más eficaz es la protección de las fuentes de agua al máximo grado posible.

La gestión de la calidad del agua potable comprende: Análisis del sistema y gestión. La aplicación del sistema HACCP a los suministros de agua potable e ISO 9001 (Australia, 2017).

b) Alianzas:

b.1) Realiza fusiones y adquisiciones.

b.2) Presenta lazos con proveedores, con clientes y distribuciones.

b.3) Los consumidores son vistos como socios activos en la toma de decisiones sobre la calidad del agua potable y los niveles de servicio que deba ser adoptado.

c) En Australia del Sur se ha establecido un protocolo para asegurar una comunicación efectiva entre:

c.1) El Departamento de Servicios Humanos, Agua de Australia del Sur.

c.2) La Agencia de Protección Ambiental (EPA).

c.3) El Departamento de Recursos Hídricos y agencias gubernamentales en caso de incidentes asociados con suministros de agua reticulados (Australia, 2017).

d) Marketing y comunicación:

Las estrategias adoptada son

d.1) Definir protocolos de comunicación con la participación de las agencias relevantes y preparar una lista de contactos de personas, agencias y empresas clave.

d.2) Desarrollar una estrategia de comunicación pública y mediática (Australia, 2017).

e) Promociones y presupuesto:

Todos los empleados deben estar informados durante cualquier incidente, porque proporcionan puntos de contacto informales para la comunidad (Australia, 2017).

En Australia los consumidores son vistos como socios activos, permitiendo una gestión del agua potable sostenible, pero la ola de incendios forestales en Australia acarrea consigo más gastos y desaliento.

En Panamá, 2018

Las comunidades indígenas panameñas se encuentran desatendidas en cuanto al agua segura y saludable (FOCARD-APS, Panamá, 2018).

En Estados Unidos, 2021

Los servicios públicos utilizan un enfoque de barreras múltiples para proporcionar al público cantidades adecuadas de agua de alta calidad a tarifas asequibles (AWWA, 2014).

Este enfoque consiste en:

- » Seleccionar la fuente de agua de mayor calidad posible.
- » Proteger la fuente. La protección de las fuentes como una de las múltiples barreras para el agua segura y saludable, son de vital importancia en este contexto del cambio climático.
- » Tratar el agua.
- » Mantener la calidad en el sistema de distribución.
- » Monitorear la calidad en todas las etapas.
- » Si las otras barreras fallan, implementar procedimientos de respuesta a emergencias (Ohio River Valley Water Sanitation Commission, 2021).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), trabaja con estados, tribus, servicios públicos locales y muchas otras partes interesadas para implementar programas que mantengan la calidad del agua potable (EPA, 2022).

El objetivo de la Ley de Agua Potable Segura (SDWA) es proteger la calidad del agua potable a través del “enfoque de barreras múltiples”, que considera todas las amenazas (naturales y provocadas por el hombre) y establece barreras para eliminar o minimizar sus impactos (EPA, 2022).

Los siguientes pasos son una parte importante del enfoque de barreras múltiples:

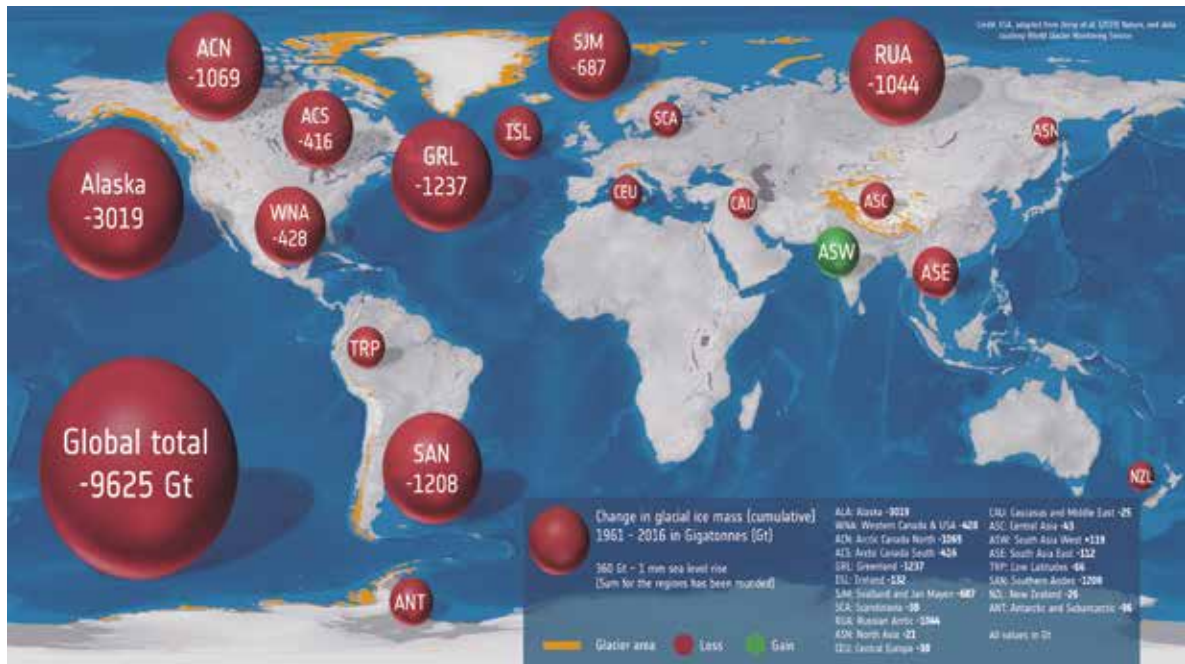
1. Seleccionar la mejor fuente de agua potable disponible.
2. Proteger la fuente de agua potable de la contaminación.
3. Utilizar un tratamiento de agua eficaz.
4. Evitar el deterioro de la calidad del agua en el sistema de distribución de la misma (EPA, 2022).

La EPA reconoce que el enfoque de barreras múltiples y las asociaciones son esenciales para proteger el agua potable, la salud pública y la productividad económica (EPA, 2022).

Además, la SDWA exigió a los estados y a las empresas de servicios que evaluaran su fuente de agua, existiendo una serie de disposiciones de la Ley de Agua Limpia (CWA) tendentes a proteger el agua de la contaminación (EPA, 2022).

FIGURA 4. THE EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA), ADAPTADO DE ZEMP *et al.* (2019) NATURE
DATOS CORTESÍA DEL GLACIER MONITORING SERVICE

Fuente: The European Space Agency, 2022.



EPA, Agencia de Protección Ambiental - Estados Unidos, 2022

Algunos ejemplos de protección de fuentes de agua son:

- » La restauración de las zonas ribereñas para reducir la contaminación por escorrentía.
- » La estabilización de los bancos de arroyos para reducir la sedimentación.
- » La protección de tierras/servidumbres.
- » Las mejores prácticas de gestión para actividades agrícolas y forestales o control de aguas pluviales.
- » Las ordenanzas locales para limitar ciertas actividades en áreas de protección de fuentes de agua o de pozos.
- » El desarrollo de planes de respuesta a emergencias.
- » La educación de la industria, las empresas y los ciudadanos locales sobre la prevención de la contaminación y la protección de las fuentes de agua (EPA, 2022).

Muchas comunidades han formado organizaciones o grupos que planifican e implementan la protección de las fuentes de agua (EPA, 2022).

El programa de “Protección de las fuentes de agua” (Source Water Protection, SWP) se esfuerza por proteger las fuentes de agua potable mediante:

- » El desarrollo de herramientas;
- » El apoyo a asociaciones; y
- » Enfoques voluntarios capaces de evitar la contaminación de las fuentes de agua potable (EPA, 2022).

El programa SWP es principalmente voluntario para los gobiernos estatales y locales y otras partes interesadas; cuenta con la ayuda de gran variedad de socios y con organizaciones externas (EPA, 2022).

Una fuente de agua se refiere al agua de origen (como ríos, arroyos, lagos, embalses, manantiales y aguas subterráneas), que proporciona agua a los suministros públicos de agua potable y a los pozos privados (EPA, 2022).

La protección de las fuentes de agua puede reducir los riesgos al evitar la exposición al agua contaminada.

FIGURA 5. POR QUÉ PROTEGER LAS FUENTES

Fuente: EPA, 2022.



Las empresas de agua potable que responden a la definición de sistema público de agua son responsables de cumplir con los requisitos de los programas de agua potable estatales y de la EPA comprendidos por la Ley de Agua Potable Segura (SDWA) (EPA, 2022).

En “Una revisión crítica del tratamiento de agua potable en el punto de uso en los Estados Unidos” (2019), los autores mencionan que garantizar el suministro de agua segura para las comunidades de los Estados Unidos es un desafío cada vez mayor debido al envejecimiento de la infraestructura, las fuentes de agua deterioradas y las finanzas comunitarias tensas, entre otras causas.

En 2019, alrededor del 6 % de las empresas de servicios públicos de agua en los Estados Unidos presentan:

- » Alto riesgo de exposición a varios contaminantes en el agua potable.
- » El tratamiento del agua potable en el punto de uso (POU, por sus siglas en inglés).

Las tecnologías de tratamiento de POU incluyen varias combinaciones; según los contaminantes de interés, se tiene:

- » Filtros de sedimentos de hilo enrollado.
- » Carbón activado.
- » Carbón modificado.
- » Filtros de medios redox y de intercambio iónico.
- » Membranas de ósmosis inversa.
- » Lámparas ultravioleta.

Si bien las tecnologías están bien probadas, son altamente mercantilizadas y rentables, la mayoría de los sistemas ofrecen poca supervisión del rendimiento en tiempo real o tecnología interactiva, como otros electrodomésticos inteligentes (por ejemplo, termostatos, detectores de humo, timbres, etc.) (Wu, J. *et al.*, 2021).

En Estocolmo (Suecia), 2019

La Asociación Mundial para el Agua es una red internacional compuesta de más de 3,000 organizaciones socias en 183 países. Su visión es la de un mundo con seguridad hídrica y su misión es promover la gobernanza y la gestión de los recursos hídricos para un desarrollo sostenible y equitativo a través de una gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) (GWP, 2019).

A nivel nacional

Yanet Mendoza-Muñoz y col. (2020), en la hoja de presentación del libro de resúmenes del Congreso Científico Internacional, dice: “El cambio climático y los efectos que conllevan están mostrando la importancia de proteger los recursos naturales, principalmente éstos que soportan la vida en todas sus formas. Perú es uno de los países identificados con mayor riesgo de pérdida de glaciares y sus efectos principales serán la carencia de agua dulce y la pérdida de biodiversidad”.

Por otro lado, se estima la aparición de diversas enfermedades que afectarán la salud de la población. Desde este punto de vista, la necesidad de proteger las fuentes de agua y que a su vez éstas sean seguras para el consumo de la población, es de vital importancia para la ciudad de Cusco.

Las aguas superficiales y subterráneas se contaminan por diversas fuentes y actividades, principalmente actividades antrópicas y por procesos naturales; por ello la gestión adecuada del agua saludable - segura, requiere de “políticas de estado consistentes-coherentes” y de la población que en su conjunto comprenda y practique la “cultura hídrica o cultura del agua”, y que ambos aspectos en sinergia permitan aplicar estrategias de conservación, desarrollo sostenible, mejoramiento de los estilos de vida saludable y preservación del agua para el uso actual y de las futuras generaciones, respetando el principio de equidad intergeneracional”.

Actualmente, se vienen desarrollando tecnologías cada vez más sostenibles que permiten obtener agua libre de patógenos, siendo que es bien conocido que la “cloración convencional utilizada para la potabilización del agua no elimina los quistes de protozoarios”. En este sentido, el Congreso Científico Internacional considera las concepciones siguientes:

La Calidad del Agua de Consumo Humano - agua segura, está basada en los siguientes cinco principios:

1. Prevención de enfermedades transmitidas.
2. Protección de las fuentes de abastecimiento-faja marginal.
3. Adecuado proceso de tratamiento, distribución y almacenamiento.
4. Control de la calidad por parte del abastecedor de agua, basado en el análisis de riesgos y de puntos críticos de control en el proceso.
5. Derecho del consumidor a la información sobre la calidad del agua suministrada.

El “Sistema de Múltiples Barreras” (término utilizado en este Congreso), está fundamentado en la información de que para lograr la eliminación de los microorganismos patógenos del agua es necesario el establecimiento de un sistema de múltiples barreras, en el que se incluya:

1. La protección de las fuentes de agua potable tanto superficial como subterránea (mediante el establecimiento de la faja marginal que está normada por Ley).
2. La efectividad de los procesos de tratamiento.
3. El adecuado mantenimiento de los sistemas de distribución.
4. La aplicación de un sistema de monitoreo continuo de la presencia de protozoarios patógenos (Yanet Mendoza-Muñoz. y col., 2020).

Marco normativo general

- » Ley Marco de Organismos Reguladores, Ley N.º 27332.
- » Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, Decreto Legislativo N.º 1280.
- » Reglamento de la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, Decreto Supremo N.º 019-2017-VIVIENDA.

Marco normativo específico

- » Reglamento General de la SUNASS, Decreto Supremo N.º 017-2001-PCM.
- » Reglamento General de Supervisión y Sanción de las EPS, RCD N.º 003-2007-SUNASS-CD y modificatorias. Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento.
- » RCD N.º 011-2007-SUNASS-CD y modificatorias. Reglamento de Calidad de Agua para de Consumo Humano.
- » Decreto Supremo N.º 031-2010-SA (López-Vásquez A., 2019).

MATRIZ FODA

AMENAZAS (Externos. Factores del ambiente) “En 2030 probablemente ya no se cuente con agua dulce” (Chacón Luis, 2020; iAgua, 2022). “El cambio climático está acelerando la liberación de materia orgánica disuelta (DOM) a las aguas interiores y costeras a través del aumento de las precipitaciones, el deshielo del permafrost y los cambios en la vegetación” (Williamson, C.E., Madronich, S., Lal, A. <i>et al.</i>, 2017).	FORTALEZAS (Internos. Factores de la empresa) piechart. carrot2: “Trends on multiple barrier systems in drinking water 2020”. El conocimiento y el empoderamiento de técnicas sobre múltiples barreras para el agua segura y saludable. 
DEBILIDADES (Internos. Factores de la empresa) En nuestro país no existe normativa respecto a las múltiples barreras. Cada sector trabaja por separado (ANA, SUNASS, SENAMHI, Ministerio de Construcción y Vivienda, Ministerio de Salud y Educación).	OPORTUNIDADES (Externos. Factores del ambiente). Investigación. Aplicación de Múltiples Barreras en el agua potable que ya es un éxito en Canadá, Australia, Estados Unidos y Alemania. Con la creación de patentes y artículos científicos (Universidades). Australia ya cuenta con tecnología, alianzas, marketing y comunicación unidos a las múltiples barreras, HACCP e ISO 9001, y los consumidores son vistos como socios activos, lo que permiten una gestión del agua potable sostenible, aunque la ola de incendios forestales en Australia acarrea consigo más gastos y desaliento. Canadá ya ha avanzado en la normativa respecto al tema.

Conclusiones y reflexiones finales

Debilidades en Perú:

- » En nuestro país no existe normativa respecto a las múltiples barreras.
- » Cada sector trabaja por separado.

Oportunidades mundiales:

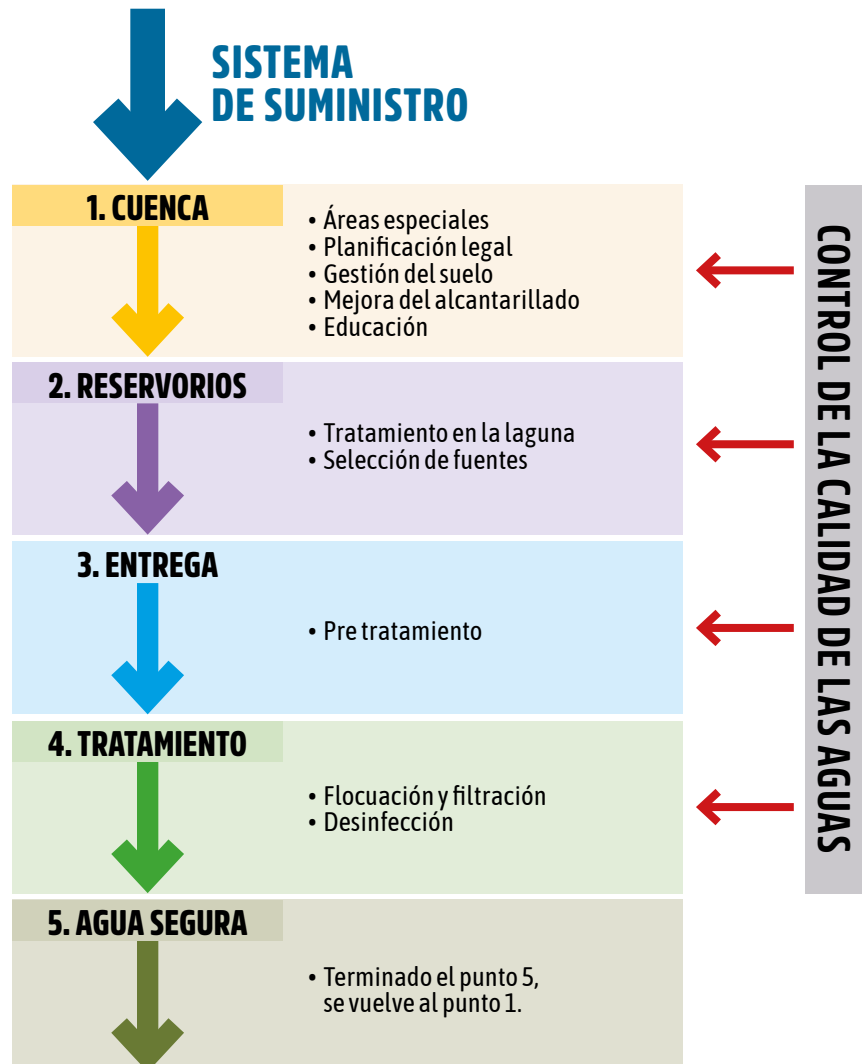
- » Múltiples barreras para el agua potable.
- » Australia acarrea consigo más gastos y desaliento.
- » Canadá ya ha avanzado en la normativa respecto al tema.

Reflexiones finales

El sistema de múltiples barreras para lograr agua segura y saludable es indispensable por el contexto creado por la pandemia COVID-19. Sólo así aseguraremos que el lavado de manos sea eficiente y además protegeremos las fuentes de agua dulce de la contaminación antrópica, para lo que será necesario contar con la faja marginal alrededor de la laguna de Piuray principalmente.

FIGURA 6. SISTEMAS DE MÚLTIPLES BARRERAS PARA EL AGUA SEGURA Y SALUDABLE

Fuente: Elaborado en base al Sistema de Múltiples Barreras utilizado en Australia.



Referencias bibliográficas

- ANA. Autoridad Nacional del Agua, 2020.
- Andes Climbing Expeditions (s/f).
- Australia. 2017. La cloración (National Water Quality Management Strategy).
- Australian drinking water guidelines 6 2011 version 3.4 updated october 2017. Disponible en: <https://www.nhmrc.gov.au/sites/default/files/documents/reports/aust-drinking-water-guidelines.pdf>
- Drinking Water Safety in Newfoundland and Labrador. 2020 Annual Report. Disponible en: gov.nl.ca/ecc/waterres/reports/
- Canadá. Provincia canadiense de Terranova y Labrador. 2020.
- Canadian Center of Science and Education. 2019. The Development of a Sustainable Operation Model for Small Non-Community Drinking Water Systems in Ontario, Canada. Journal of Sustainable Development; Vol. 12, No. 6; 2019. ISSN 1913-9063 E-ISSN 1913-9071. Disponible en: <https://doi.org/10.5539/jsd.v12n6p48>
- Carrot2. Disponible en: <https://search.carrot2.org/#/search/web>
- Cedrón Cabrejos Jessica Cecilia, López Maguiña Elizabeth, Sánchez Espejo Jim Klaus. "PLAN DE MARKETING PARA EL LANZAMIENTO DE AGUA EMBOTELLADA ALCALINA ALKALI" EP de la Universidad del Pacífico. https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2279/Jessica_Tesis_maestria_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chacón Luis. 2020. Cambio climático: Perú perdió el 51% de sus glaciares en los últimos 50 años. Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas - ANA. SPDA ACTUALIDAD AMBIENTAL. <https://www.actualidadambiental.pe/cambio-climatico-peru-perdio-el-51-de-sus-glaciares-en-los-ultimos-50-anos/>
- EPA. Abril 2022. Información sobre la protección de las fuentes de agua. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-sobre-la-proteccion-de-las-fuentes-de-agua>
- EPS SEDACUSCO S.A. Memoria Anual 2020. <https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2020.pdf> <https://www.gov.nl.ca/ecc/files/2020-Drinking-Water-Safety-Annual-Report-Online.pdf>
- Gerencia de Regulación Tarifaria (GRT). SUNASS. 2013. Estudio tarifario determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa de servicio de agua potable y alcantarillado SEDACUSCO S.A. Quinquenio regulatorio 2013 – 2018. Agosto 2013. Disponible en: https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/sedacusco_etfinal_sep2013.pdf <https://www.gov.nl.ca/ecc/files/2020-Drinking-Water-Safety-Annual-Report-Online.pdf>
- López Vásquez Anita. 2019. ACCIÓN DE SUPERVISIÓN. Verificación Del Control De Procesos Respecto A Los Parámetros Biológicos En El Tratamiento Del Agua Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Yanet Mendoza-Muñoz y col. *Libro De Resúmenes Del Congreso Científico Internacional Sistema de Múltiples Barreras Para La Preservación Del Agua Segura y Saludable*. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional N.º 2021-00658. ISBN: 978-612-4236-26-6. Edición virtual, enero de 2020. Cusco Perú. <http://vrin.unsaac.edu.pe/data/494-Libro-Agua-Segura-Resumenes.pdf>
- Mendoza-Muñoz Yanet, Costa Taborga Juan F., Curo Miranda Jorge Luis, Ocampo Huaycho Aldo, Dueñas Quispe Julio C. *Libro De Resúmenes del Congreso Científico Internacional Sistema de Múltiples Barreras Para La Preservación Del Agua Segura y Saludable*. 2020. Pp 155. Proyecto Canon. Depósito legal en la Biblioteca Nacional N.º 2021-00658. ISBN: 978-612-4236-26-6. Edición virtual, enero de 2020. Cusco – Perú: Editorial VRIN-UNSAAC. <http://vrin.unsaac.edu.pe/data/494-Libro-Agua-Segura-Resumenes.pdf>

- Michael Zemp. 2017. Universidad de Zurich. Los glaciares han perdido 9,6 billones de toneladas de hielo en 50 años. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/glaciares-han-perdido-96-billones-toneladas-hielo-50-anos_14140
- National Water Quality Management Strategy. 2017. Australian Drinking Water Guidelines 6 2011 Version 3.4 Updated October 2017. Australia. Disponible en: <https://www.nhmrc.gov.au/sites/default/files/documents/reports/aust-drinking-water-guidelines.pdf>
- Ohio River Valley Water Sanitation Commission. 2021. Ohio River Valley Water Sanitation Commission. Bringing Agriculture and Drinking Water Utilities Together for Source Water Protection G. Tracy Mehan III and Adam T. Carpenter. EE. UU. 2021. Disponible en: <https://www.orsanco.org/wp-content/uploads/2021/01/TECAgendaMaterialsFeb21.pdf>
- ONU Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible. 2015. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible>
- Panamá. FOCARD-APS. Panamá. 2018. (Monitoreo de los Avances de País en Agua Potable y Saneamiento (MAPAS. Disponible en: https://www.sica.int/documentos/segundo-informe-de-monitoreo-de-los-avances-de-pais-en-agua-potable-y-saneamiento-mapas-ii-panama_1_114347.html)
- Pérez Nancy V. 2021, Taller presencial - Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica. UNSAAC–ARES Convenio con la Universidad de Lovaina - Bélgica.
- Pie-chart. <https://search.carrot2.org/#/search/web>
- Salas-Salvadó, Jordi, Maraver, Francisco, Rodríguez-Mañas, Leocadio, Sáenz de Pipaon, Miguel, Vitoria, Isidro, & Moreno, Luis A. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutrición Hospitalaria*, 37(5), 1072-1086. Epub 04 de enero de 2021. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.03160>
- The Multi-Barrier Approach to Safe Drinking Water. 2021. Government of Canada. Disponible en: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/water-quality/drinking-water/multi-barrier-approach-safe-drinking-water-environmental-workplace-health-health-canada.html>
- Williamson, C.E., Madronich, S., Lal, A. *et al.* Climate change-induced increases in precipitation are reducing the potential for solar ultraviolet radiation to inactivate pathogens in surface waters. *Sci Rep* 7, 13033 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13392-2> <https://www.nature.com/articles/s41598-017-13392-2>
- Wu, J., Cao, M., Tong, D. *et al.* A critical review of point-of-use drinking water treatment in the United States. *npj Clean Water* 4, 40 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00128-z>. En <https://www.nature.com/articles/s41545-021-00128-z>

3. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE CUSCO¹

Yanet Mendoza-Muñoz

Integrante de la Asociación de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable y Alcantarillado de Cusco

La autora presentó su investigación como sigue: El D.S. N.º 031-2010-SA (MINSA-DIGESA, 2010), Perú, en su Art 8º menciona entre las entidades de la gestión de la calidad del agua de consumo humano a las organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores.

La OMS (2006) menciona que deben crearse sistemas de documentación y mecanismos adecuados para facilitar el compromiso y la participación de los interesados (consumidores). En este entender, desarrollo la investigación como miembro activo de la Asociación “*Ununchista Q'awuarisun*” (2010).

Problema de investigación: ¿Cómo es la gestión en la vigilancia de la calidad del agua potable en la ciudad de Cusco?

Objetivo: Evaluar la gestión en la vigilancia de la calidad del agua potable en la ciudad de Cusco de la EPS SEDACUSCO S.A.

Hipótesis alterna (H1): La gestión estratégica en la vigilancia de la calidad del agua potable en Cusco es incipiente.

Muestra para las encuestas: N= 232.750 usuarios de agua potable y n= 119.

Muestras de agua potable en redes de distribución para evaluar la calidad microbiológica: Se han utilizado tablas de frecuencia de muestreo OPS, OMS, SUNASS, CEPIS): n= 263.

¹ Tomado de la página 38 del libro de resúmenes del Congreso Científico Internacional “Sistema de múltiples barreras para la preservación del agua segura y saludable”.

**CUADRO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE
DIMENSIÓN - GESTIÓN ADECUADA Y SOSTENIBLE**

Conceptualización	Indicadores	Categoría	Escala de valoración
Es la gestión global o gestión adecuada y sostenible de la vigilancia de la calidad del agua segura asociando a los usuarios.	1) Calidad 2) Sostenibilidad 3) Adecuación 4) Cantidad 5) Continuidad 6) Cobertura del agua potable 7) Usos - Cultura hídrica 8) Efectividad de la vigilancia de la calidad del agua potable 9) Costo razonable	Gestión estratégica: 1) Gestión excelente o desarrollada 2) Gestión buena 3) Gestión regular 4) Gestión deficiente o incipiente	18 - 20 puntos. 15 - 17 puntos. 12 - 14 puntos. Menor

**CUADRO 2. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE
INDEPENDIENTE - VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE**

Fuente: Elaboración propia en base a D.S. N.º 031-2010-SA (MINSA-DIGESA) 2010.

Conceptualización	Dimensión	Subdimensión	Indicador	Categoría	Escala de valoración
La vigilancia de la calidad del agua potable permite identificar y evaluar los factores de riesgo asociados con los sistemas de abastecimiento, realizar su seguimiento y su monitoreo. Componentes: (a) El examen permanente y sistemático sobre la calidad física, química y microbiológica, para confirmar si el sistema de abastecimiento responde a objetivos y reglamentos establecidos. (b) Inspección del estado sanitario de las fuentes de agua potable.	(a) Calidad del agua potable	ANÁLISIS QUÍMICOS ANÁLISIS BIOLÓGICOS	Determinación del pH Determinación de cloro residual · Recuento de Microorganismos Aerobios Mesófilos Viables (RMAMV) · Número más probable de coliformes totales (NMPCT)/100 ml · Número más probable de coliformes termotolerantes/100ml · Presencia de parásitos. · Presencia de algas y cristales	Límite máximo permisible. No permisible Límite máximo permisible. No permisible Agua potable dentro del límite máximo permisible. No permisible	6,5 a 8,5 < 6,5 y > 8,5 No menos de 0.5 mgL ⁻¹ Máximo recuento total: 100 ufc/mL Ausencia de coliformes totales y termotolerantes Parásitos y protozoarios. Sí exceden.
	(b) Inspección sanitaria de las fuentes de agua potable	INDICADOR: Porcentaje de la fiabilidad de las fuentes de suministro		Excelentes Buenas Regulares Deficientes	90 - 100% 85 - 75 % 70 - 60 % < 55 %

Principales resultados

Evaluación de la efectividad de la vigilancia de la calidad del agua potable:

$$\text{Efectividad-Efecto} = \frac{\text{TMI años anteriores} - \text{TMI último año}}{\text{TMI años anteriores}} \times 100 (\%)$$

$$E = \frac{39.0 - 35.6}{39} \times 100 = 8.71\%$$

Las tasas de mortalidad infantil (TMI) están basadas en los datos del INEI, región Cusco de 2017.

Conclusiones

Se acepta la hipótesis alterna (H1): La gestión estratégica en la vigilancia de la calidad del agua potable en la ciudad de Cusco es incipiente.

Del FODA - Situación de la vigilancia de la calidad del agua potable en la ciudad de Cusco

Análisis interno. Fortalezas del diagnóstico

Los indicadores químicos y bacteriológicos se encuentran dentro de los L.M.P.:

Determinación de cloro residual en la red de distribución de la ciudad de Cusco:

Promedio = 0.59 mg/L.

NMP de CT y Termotolerantes: ausencia.

Determinación promedio del RMAMV: máximo 8.2×10^1 UFC/ml.

SEDACUSCO S.A. cuenta con infraestructura propia; es una empresa municipal.

Análisis interno. Debilidades del diagnóstico

Por el estudio del sedimento en las muestras del agua potable en la jurisdicción de SEDACUSCO S.A., los métodos de coagulación y sedimentación no son muy efectivos debido a la presencia de microalgas indicadoras de los géneros *Pediastrum*, *Navicula*, *Cymbella* y *Coelastrum*, y protozoarios como los del género Coccideo; presencia de artefactos vegetales y cristales como carbonatos y fosfatos en los sedimentos estudiados. Por ello se deduce que los métodos de filtración tampoco son efectivos y no cumplen la normativa peruana en el D.S. N.º 031-2010-SA (24/12/2010) (MINSA-DIGESA, 2010).

En la inspección sanitaria de las fuentes de agua potable

En cuanto a seguridad, protección y saneamiento en la fuente de agua en la laguna de Piuray, el porcentaje de fiabilidad es del 0%. Como los valores son menores de 55%, es poco fiable.

En la evaluación por Indicadores de Gestión (IG)

- a) Indicadores de servicio (IS) e Indicadores de Resultados (IR), Indicadores de Impacto (II), en base a los cinco principios de la calidad: Indicadores de Gestión. Adecuación ha calificado con 12/20 puntos.
- b) Sostenibilidad ha calificado con 0/20 puntos.
- c) Costo razonable. El 40% de los encuestados en el ámbito de acción de SEDACUSCO S.A. no está conforme con el costo; por consiguiente el costo no es razonable.
- d) Indicadores de Resultados e Indicadores de Servicio.
- e) Usos del agua o Cultura Hídrica. El 100% de usuarios encuestados realizan un mal uso del agua potable, ya sea en la construcción, riego de jardín o agricultura; la cultura hídrica es incipiente y hay un bajo conocimiento de educación sanitaria.

Efectividad de la gestión. Es del 3.29% /100%. La efectividad es baja.

De acuerdo a los Indicadores de Evaluación de Impacto ha calificado con 08/20 puntos.

La evaluación del estado de gestión en la vigilancia de la calidad del agua potable, por IG e IR, es de 07.7. Por consiguiente, no realiza la gestión en la vigilancia de la calidad del agua potable.

Análisis externo . Oportunidades

- 1. La mayor exigencia de la población cusqueña por mejores servicios, por ser ciudad turística.
- 2. La participación activa de los usuarios.
- 3. Análisis externo. Amenazas
- 4. La escasez mundial del agua.
- 5. El cambio climático y el incremento de la temperatura.
- 6. La privatización.
- 7. Perú no cuenta con un marco jurídico legal claramente definido y la actual normatividad es de baja rigurosidad.
- 8. Las contingencias ambientales.
- 9. La industria de agua embotellada.
- 10.El TLCAN

Árbol de problemas

El problema central es la incipiente gestión estratégica en la vigilancia de la calidad del agua potable en Cusco.

Efecto directo: Incumplimiento de la Ley.

Efecto final: Baja efectividad o efectividad negativa.

Causas

Directas: La evaluación de la adecuación en base a los cinco principios de la calidad, así como la sostenibilidad (asocian a la sociedad civil y satisfacción de necesidades del agua presentes sin poner en peligro las generaciones futuras), y los indicadores de evaluación de impacto, todos son insuficientes.

Indirectas:

- » Cultura hídrica incipiente.
- » Descuido en la realización del diagnóstico, medición y análisis de la gestión de la vigilancia de la calidad del agua potable en Cusco.

Por los resultados de la presente investigación, se sugiere:

- » A la EPS SEDACUSCO S.A.:
Mejorar o cambiar los filtros y gestionar la faja marginal.
- » A los gerentes de las universidades, hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios microbiológicos, laboratorios anatomopatológicos, laboratorios químicos, laboratorios metalúrgicos, industrias, etc.:
Reciclar y tratar los desechos líquidos, aceites, grasas, tóxicos, sustancias químicas, venenos que se vierten por los desagües.

Palabras clave: *SEDACUSCO, gestión-vigilancia-calidad-agua-potable, indicadores-evaluación-impacto, FODA, árbol-problemas* (Mendoza-Muñoz Y. y col. , 2020).

Referencias bibliográficas

- Asociación de Vigilancia de la Calidad de Agua Potable y Alcantarillado de Cusco. 2010. “Ununchista Q’awuarisun” Título N.º 2010-00005944 (SUNARP). Partida N.º 11097582. Asiento A0001
- INEI. 2017. Comportamiento de la mortalidad infantil por departamento. Síntesis Metodológica N.º 4. Lima. Perú. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1478/libro.pdf
- Yanet Mendoza-Muñoz. Past Presiente y actual integrante de la Asociación de Vigilancia de la Calidad de Agua Potable y Alcantarillado de Cusco “Ununchista Q’awuarisun” Partida N.º 11097582. Asiento A0001. Título N.º 2010-00005944. Docente de la E.P. de Medicina Humana / Facultad de Ciencias de la Salud / Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco / en <http://vrin.unsaac.edu.pe/data/494-Libro-Agua-Segura-Resumenes.pdf>
- Yanet Mendoza-Muñoz, Juan F. Costa Taborga, Jorge Luis Curo Miranda, Aldo Ocampo Huaycho, Julio C. Dueñas Quispe. *Libro De Resúmenes del Congreso Científico Internacional Sistema de Múltiples Barreras Para La Preservación Del Agua Segura y Saludable*. 2020. Pp 155. Proyecto Canon. Depósito legal en la Biblioteca Nacional N.º 2021-00658. ISBN: 978-612-4236-26-6. Edición virtual, enero de 2020. Cusco – Perú: Editorial **VRIN-UNSAAC**. En <http://vrin.unsaac.edu.pe/data/494-Libro-Agua-Segura-Resumenes.pdf>
- Ministerio de Salud. DIGESA. 2010. Decreto Supremo Nro. 031-2010-SA. Reglamento de la calidad del Agua para consumo humano. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf?v=1561937448>
- OMS. 2006. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. OMS ISBN 92 4 154696 4 file:///C:/Users/User/Documents/Downloads/220.pdf

4. MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DEL TIPO DE CONTAMINACIÓN DEL RÍO HUILA HUILA, TRIBUTARIO DE LA FUENTE DE AGUA POTABLE PIURAY, CUSCO (2019)

Carlos Ricardo Ormachea-Gamero

Yanet Mendoza-Muñoz

Hermes Ricardo Huaman

Nicole Adriana Luque-Callo

Introducción

PNUD (2022) señaló que “cada vez más países están experimentando estrés hídrico y el aumento de las sequías y la desertificación ya está empeorando estas tendencias. Se estima que al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua para 2050”. Villena (2018) determinó que “la calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y para el crecimiento económico”.

Con lo antes indicado, el trabajo se enmarcó dentro del objetivo 6 de los ODS referido al “agua limpia y saneamiento”, y fue parte de la investigación Canon “Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray” (Mendoza, Y, y col., 2017), siendo una de las múltiples barreras para lograr agua potable segura y saludable, la calidad de la fuente agua es fundamental.

CIES (2016) mencionó que una de las comunidades que “habitan alrededor de la laguna de Piuray es la de Huila Huila, cuya principal actividad económica es la agricultura, para la que utilizan principalmente fertilizantes químicos (nitratos, potasio y fósforo); además desarrollan la crianza de ovejas, ganado vacuno y cuyes. Se recomienda a la SUNASS considerar el valor de la conservación de la laguna de Piuray por todos sus servicios ecosistémicos”.

Menchaca (2011) dice que “la actividad agrícola es la actividad que tiene mayor número de impactos irreversibles, porque se utilizan agroquímicos para mejorar la eficiencia de sus cultivos a corto plazo”.

Encalada (2010) menciona que “los ríos son ecosistemas dinámicos, complejos e integradores, con múltiples conexiones con otros ecosistemas”.

Corroborando lo mencionado por CIES (2016), Menchaca (2011) y Encalada (2010), en los alrededores de la laguna de Piuray se verificó la existencia de cultivos no orgánicos, construcciones y presencia de animales. Por lo cual para evaluar el tipo de contaminación del río Huila Huila, que es uno de los afluentes permanentes de la laguna en mención, se requería utilizar herramientas costo/beneficio adecuadas, como son los índices bióticos para macroinvertebrados, porque “han demostrado eficacia, reflejan las condiciones existentes tiempo atrás; mientras que los métodos analíticos actuales ofrecen una visión puntual” (Alba-Tercedor, 1996). Además “son indicadores de calidad de las aguas” (Prat *et al.*, 2009), “se caracterizan por responder en proporción al grado de contaminación, degradación, son abundantes, taxonómicamente bien documentados, estables y herramientas de gestión porque informan sobre lo que es y no es biológicamente ostensible” (Holt, 2010). También tienen un “costo mínimo de muestreo, lo que los convierte en bioindicadores perfectos” (Anyanwu, 2019). Además “los cambios significativos en la abundancia de macroinvertebrados se relacionaron principalmente con cambios en la calidad de la agua y deben usarse como bioindicadores en el monitoreo a largo plazo” (MJ Shimba, 2016).

“Las descargas de aguas residuales de las actividades pecuaria y urbana son presiones antrópicas significativas sobre la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos” (Custodio *et al.*, 2016). “La evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos o bentónicos ha venido incrementándose y es actualmente aceptada como una herramienta biológica moderna” (Muñoz 2016); y los macroinvertebrados son considerados “como el eslabón trófico entre los productores primarios y los secundarios” (Guzmán, 2021).

Actualmente, entre los métodos más importantes se encuentran los índices bióticos para macroinvertebrados. Los índices bióticos para macroinvertebrados utilizados fueron los siguientes:

El *Andean Biotic Index* (ABI), es “una adaptación para los Andes. En este caso se parte de una lista de taxa que tienen la distribución por encima de los 2000 m s.n.m., se cruzan los datos de distribución de las familias con los datos de contaminación del medio y después de una exhaustiva revisión de los valores de tolerancia/intolerancia para cada familia” (Prat *et al.*, 2009).

El método *Biological Monitoring Working Party* (BMWP). “Este índice combina el número de taxa totales con un valor de tolerancia/intolerancia, nivel taxonómico de familia y el

valor final se obtiene de una sumatoria de los valores de intolerancia de cada una de las familias, que van de 0 a 10” (Armitage, 1983).

En el “BMWP/Col, el índice se incrementa cuantas más familias intolerantes haya, aunque pueden darse valores altos con muchas familias de puntuación intermedia”. (Prat *et al.*, 2009). En 1994, Alba-Tercedor correlacionó los valores del BMWP con cinco grados de contaminación.

En el 2005, Lozano señaló que el “índice BMWP/Col permitió clasificar la calidad ambiental de la cuenca alta del río Juan Amarillo, basada en la identificación de las familias colectadas de macroinvertebrados”; verificó que “desde el nacimiento de las quebradas hasta la cota 2800 está el ecosistema conservado, con organismos de la familia Leptoceridae (Trichoptera), Elmidae (Coleóptera) y Baetis (Ephemeroptera). En el segundo sector con intervención antrópica hay presencia de organismos de las familias Chironomidae, Tipulidae, Hidrocaridae y Planaridae y en el tercer sector, caracterizado por una alta pendiente con un aumento de oxígeno, se presenta Haplotaxida y Chironomidae”.

“El uso del BMWP/Col” (Roldan, 2003) es una modificación del BMWP, incluye un color significativo para representaciones cartográficas” (Medina-Tafur *et al.*, 2008).

La adaptación para Perú nPeBMWP (Medina, 2008), “el (nPeBMWP), es un método aplicable, como un indicador de la calidad del agua, por la simplicidad del nivel taxonómico requerido (familia) y por el ahorro técnico en términos de tiempo (identificación de insectos) y costos; es un índice aditivo que va sumando puntos según el número de familias encontradas, cada una de las cuales tiene un valor numérico del 1 al 10, relacionado con su sensibilidad a la polución. El valor es más elevado cuanto más intolerante es la familia a la contaminación” (Medina, 2008).

Quispe (2015) al “evaluar la diversidad de la ictiofauna y macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad hídrica en dos tributarios del río Bajo Madre de Dios, quebrada Gamitana y quebrada Valencia, utilizó los índices biológicos BMWP/Col y EPT”.

Muñoz (2016) utilizó el BMWP/Col, el índice biótico andino (ABI) y el EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) en la evaluación del río Grande. que resultó con ponderación (2) correspondiente a una calidad del agua “regular”.

“Tanto el índice nPeNMWP como el ABI son indistintamente eficaces para hacer determinaciones acerca de la calidad de las aguas de ambientes loticos y lenticos” (Guzmán, 2021).

En este sentido, el objetivo general fue evaluar los macroinvertebrados como bioindicadores del tipo de contaminación del río Huila Huila, tributario de la fuente de agua potable Piuray, distrito de Chinchero, región de Cusco, en 2019. Los objetivos específicos fueron: identificar las morfoespecies de las clases y familias de macroinvertebrados recolectados y determinar su porcentaje; determinar la calidad biológica del río Huila Huila utilizando índices biológicos ABI, el BMWP/Col y el nPeBMWP, desarrollados a partir del modelo inglés BMWP; determinar cuál de los índices es mejor; y realizar una curva del rango de abundancia de macroinvertebrados en relación a la contaminación del río Huila Huila.

Material y métodos

Área de estudio

El río Huila Huila, de 1.3 km de longitud desde su naciente hasta la desembocadura en el canal principal y con una profundidad promedio de 35 cm, es el colector principal de las escorrentías provenientes de todos los afloramientos naturales y artificiales del agua generada de capas freáticas más profundas.

TABLA 1. PUNTOS DE GPS REFERENCIADOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

ID	E	N	Altitud (m s.n.m.)	Descripción
1	819867	8515104	3738	Desembocadura del río Huila Huila
2	819752	8515114	3743	EMo1
5	819403	8515066	3745	Puente
6	819081	8514980	3753	EMo2
7	818775	8514947	3751	Naciente principal

Donde: D= Código de identificación de la estación de muestreo

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 1. ESTACIONES DE MUESTREO DEL RÍO HUILA HUILA, CHINCHERO, CUSCO

Fuente: Elaboración propia.



El río Huila Huila es tributario permanente del cuerpo lentico de Piuray. Está ubicado en Chinchero, Urubamba, Cusco, y está georeferenciado en la coordenada UTM 18L: 819538 8514820 con una altitud de 3720 m s.n.m. en el nacimiento, ubicado en el sector de Alpachaca.

FIGURA1. LAGUNA DE PIURAY, AGUA DE ABASTECIMIENTO DE LA CIUDAD DE CUSCO

Fuente: Centro Guaman Poma de Ayala, 2014.



Clima. Según el SENAMHI, el clima de la microcuenca Ccorimarca-Piuray es semiseco frío, con invierno seco, característico de los valles interandinos.

Zona de vida. Según Holdridge, es páramo muy húmedo-subalpino subtropical (pmh - SAS), que va desde los 3900 metros de altitud hasta los 4500 metros de altitud, con una temperatura anual máxima de 6.9°C y una temperatura anual mínima de 4.6°C; y bosque húmedo-montano subtropical (bh - MS), que va desde los 3000 metros de altitud hasta los 4000 metros de altitud, con una temperatura anual máxima de 9°C y una temperatura anual mínima de 6°C, correspondiendo a bh-MS.

Estaciones de muestreo. La elección de las estaciones de muestreo se relacionó con la ubicación de los focos de contaminación, bancos vegetados, nivel de perturbación observada *in situ* y características propias del río Huila Huila.

Accesibilidad al área de estudio. Su acceso fue por vía asfaltada, estando a 20 km en la ruta Cusco-Urubamba, y por un acceso particular hasta la orilla del cuerpo de agua en mención, por vía afirmada carrozable desde el centro poblado de Alpachaca.

Materiales biológicos. Especies colectadas en el área de estudio, frascos de polietileno para coleccionar especímenes biológicos (viales).

Materiales de campo. Malla captura entomológica, botas, bolsas plásticas, etiquetas, bandejas, frascos, pinzas, alcohol, GPS Garmin Mod. Monterra, cámara fotográfica Nikon D40, libreta de campo.

Materiales de gabinete: Estereoscopio marca Novel NSZ-608T, guías de identificación, Software ArcGIS, Software IS Capture, laptop, cámara fotográfica.

Protocolo de campo. El método empleado para la recogida de invertebrados en el campo estuvo basado en el protocolo de muestreo de hábitats múltiples publicado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA) (Barbour *et al.*, 1999, Barbour *et al.*, 2006).

En lo referente al área muestreada, al procedimiento de separación de la muestra en campo y laboratorio, a la identificación, al submuestreo y al recuento de invertebrados, el protocolo estuvo basado en (Pardo *et al.*, 2007) y en el sistema americano de hábitats múltiples (Pardo *et al.*, 2010).

Para la selección del tramo de estudio, el procedimiento de muestreo de invertebrados estuvo acorde a las indicaciones de la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA (ANA, MINAGRI (2016) y Protocolos de muestreo de comunidades biológicas (Pardo *et al.*, 2010).

Diseño de muestreo. El método que se empleó para la obtención de la estimación de las poblaciones de invertebrados bentónicos fue el de capturas por unidad de esfuerzo - área muestreada (CPUE) (Caughley *et al.*, 1994 y Pardo *et al.*, 2010).

Selección del tramo. El tramo de estudio fue de 100 metros y la toma de muestra se realizó según Pardo *et al.* (2010).

Considerando a Pardo *et al.* (2010), fue un muestreo semicuantitativo, con una unidad esfuerzo de muestreo por tramo de estudio de 2.5 m² (resultado de multiplicar 0.125 m² de unidad de esfuerzo de cada muestra por el total de 20 muestras que se tomaron en cada tramo).

Pardo *et al.* (2010) detalló que “la recogida de muestras se realiza en proporción al porcentaje de ocupación de los hábitats presentes (estimados previamente) de manera que si, por ejemplo, en un determinado tramo identificamos un 20% de macrofitos sumergidos y un 80% de rápidos sobre sustrato duro, se cogerán cuatro muestras (“kicks”), en el primer tipo de hábitat y 16 muestras en el segundo. Se anota en la hoja de campo el número de *kicks* recogidos en cada hábitat. El modo de utilizar el *kick* varía en función del tipo de hábitat que se esté muestreando”.

En esta investigación, debido a la homogeneidad del ambiente y a no encontrar incremento en el número de especímenes colectados al momento de efectuar la separación *in situ*, se tomó en cuenta un solo tipo de hábitat, el de plantas sumergidas por procesos de eutrofización observados en el área de estudio.

Se tomaron ocho muestras por cada punto de monitoreo seleccionado, equivalente a 1 m². Los puntos muestrales considerados para esta investigación fueron dos a lo largo del río Huila Huila con aproximadamente 1.3 km de longitud; quiere decir que por cada evaluación realizada se tendría un área muestral de 2 m².

El periodo de muestreo. La investigación fue realizada en el periodo comprendido entre noviembre de 2018 a febrero de 2019 (época de lluvias, época de avenida) en las dos estaciones de muestreo del río Huila Huila.

La identificación de las especies colectadas se realizó con la guía de Roldán (1996).

La metodología por bioindicación o indicadores biológicos o índices biológicos “es una de las maneras más comunes de establecer la calidad biológica de los ríos. Se suelen expresar en forma de un valor numérico único que sintetiza las características de todas las especies presentes. Habitualmente consisten en la combinación de dos o tres propiedades de la asociación: la riqueza de taxa y la tolerancia/intolerancia a la contaminación para los índices cualitativos y éstos junto a la abundancia (absoluta o relativa) para los índices cuantitativos” (Prat *et al.*, 2009).

Los índices bióticos para macroinvertebrados que se utilizaron fueron los siguientes: el ABI (Prat *et al.*, 2009), el “BMWP/Col (Prat *et al.*, 2009) y la adaptación para Perú nPeBMWP (Medina, 2008).

Resultados

TABLA 2. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DEL RÍO HUILA HUILA

TEM	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	CONTEO	%
1	Annelida	Hirudinea	Hirudinea Morfosp	Hirudinea Morfosp	Morfosp	17	0.79
2	Annelida	Oligochaeta	Oligochaeta Morfosp	Oligochaeta Morfosp	Morfosp	18	0.84
3	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyallelidae	Morfosp	722	33.74
4	Arthropoda	Ostracoda	Ostracoda Morfosp	Ostracoda Morfosp	Morfosp	18	0.84
5	Arthropoda	Insecta	Hemíptera	Corixidae	Morfosp	10	0.47
6	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	<i>Lancetes sp</i>	3	0.37
7	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	Rhanthus	5	
8	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Hidrophilidae	<i>Tropisternum lateralis</i>	96	4.91
9	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Hidrophilidae	<i>Enochrus sp</i>	8	
10	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Hidrophilidae	Berosini Morfoespecie	1	
11	Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	Rionaeschna sp	7	0.33
12	Arthropoda	Insecta	Díptera	Chironomidae	Morfoespecie	58	2.71
13	Mollusca	Gasterópoda	Basommathopora	Physidae	Morfosp	1003	46.87
14	Mollusca	Gasterópoda	Basommathopora	Limnaeidae	Morfosp	13	0.61
15	Mollusca	Gasterópoda	Basommathopora	Planorbidae	Morfosp	145	6.78
16	Mollusca	Bivalva	Veneroida	Sphaeriidae	Morfosp	5	0.23
17	Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planaridae	Planaridae Morfosp	11	0.51
	4	8	11	14	17	2141	100

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 3. DISTRIBUCIÓN DE FAMILIAS POR ESTACIÓN DE MUESTRO Y POR CAMPAÑA					
ITEM	FAMILIA	PMo1 3 Feb 19	PMo2 3 Feb 19	PMo1 13 Ene 19	PMo2 13 Ene 19
1	Hirudinea Morfosp ^(*)	X	X		X
2	Oligochaeta Morfosp ^(*)	X			X
3	Hyallelidae	X	X	X	X
4	Ostracoda Morfosp ^(*)	X	X		
5	Corixidae	X	X		X
6	Dytiscidae ^(*)	X			X
7	Hidrophilidae^(*)	X	X	X	X
8	Aeshnidae	X			X
9	Chironomidae ^(*)	X	X	X	X
10	Physidae^(*)	X	X	X	X
11	Limnaeidae ^(*)	X		X	X
12	Planorbidae ^(*)	X	X	X	X
13	Sphaeriidae ^(*)				X
14	Planariidae	X	X	X	
	14	13	9	7	12
Donde (*): Catalogados como bioindicadores de aguas o medio contaminados y de baja calidad biológica La campaña se refiere a las fechas del muestro.					

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 3. FOTOS TOMADAS EN EL LABORATORIO DE ENTOMOLOGÍA - E.P. DE BIOLOGÍA (UNSAAC)

Fuente: Elaboración propia.



Continúa en siguiente
página →

FIGURA 3. FOTOS TOMADAS EN EL LABORATORIO DE ENTOMOLOGÍA - E.P. DE BIOLOGÍA (UNSAAC)

Fuente: Elaboración propia.



Calidad de agua del río Huila Huila utilizando índices de bioindicación ABI, BMWP/COL y nPEBMWP

Los valores obtenidos en los diferentes índices utilizados en la evaluación del río Huila Huila se detallan a continuación por punto muestral y campaña.

TABLA 4. PM01 (UTM 18S E819752 N8515114) - PRIMERA CAMPAÑA (13 de enero de 2019)						
ÍTEM	FAMILIA	N.º especies colectadas	%	Puntaje ABI	Puntaje BMWP/COL	Puntaje nPoBMWP
1	Hyallelidae^(*)	61	17.53	6	7	6
2	Physidae	216	62.07	3	3	3
3	Limnaeidae	5	1.44	3	4	3
4	Planorbidae	48	13.79	3	5	3
5	Hidrophilidae	4	1.15	3	3	3
6	Planariidae ^(*)	5	1.44	5	7	5
7	Chironomidae	9	2.59	2	2	2
		348	100	25	31	25
PUNTAJES				MALO	CRÍTICO	MALO
Donde (*): Son familias con bioindicación medio superior						

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 5. PM02 (UTM 18S E819081 N8514980) - PRIMERA CAMPAÑA (13 de enero de 2019)						
ITEM	FAMILIA	N.º especies colectadas	%	Puntaje ABI	Puntaje BMWP/COL	Puntaje nPoBMWP
1	Dytiscidae	5	2.37	3	7	3
2	Hidrophilidae	90	42.64	3	3	3
3	Physidae	26	12.32	3	3	3
4	Limnaeidae	2	0.95	3	4	3
5	Planorbidae	5	2.37	3	5	3
6	Hyallelidae^(*)	63	29.86	6	7	6
7	Aeshnidae ^(*)	6	2.84	6	6	6
8	Corixidae ^(*)	4	1.90	5	7	5
9	Sphaeriidae	5	2.37	3	4	3
10	Hirudinea Morfosp	2	0.95	3	3	3
11	Oligochaeta Morfosp	1	0.47	1	1	1
12	Chironomidae (ROJO)	2	0.95	2	2	2
		211	100	41	52	41
PUNTAJES				MODERADO	DUDOSO	REGULAR
Donde (*): Tienen bioindicación medio superior						

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 6. PM01 (UTM 18S E819752 N8515114) - SEGUNDA CAMPAÑA (3 de febrero de 2019)

ITEM	FAMILIA	N.º especies colectadas	%	Puntaje ABI	Puntaje BMWP/Col	Puntaje nPoBMWP
1	Hyallelidae^(*)	213	23.38	6	7	6
2	Physidae	554	60.81	3	3	3
3	Limnaeidae	6	0.66	3	4	3
4	Planorbidae	80	8.78	3	5	3
5	Ostracoda Morfosp	8	0.88	3		3
6	Corixidae ^(*)	1	0.11	5	7	5
7	Dytiscidae	3	0.33	3	7	3
8	Hidrophilidae	6	0.66	3	3	3
9	Aeshnidae ^(*)	1	0.11	6	6	6
10	Chironomidae	20	2.20	2	2	2
11	Oligochaeta Morfosp	17	1.87	1	1	1
12	Planariidae ^(*)	1	0.11	5	7	5
13	Hirudinea Morfosp	1	0.11	3	3	3
		911	100	46	55	46
				BUENO	DUDOSO	REGULAR

Donde (*): son familias con bioindicación medio superior

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 7. PM02 (UTM 18S E819081 N8514980) - SEGUNDA CAMPAÑA (3 de febrero de 2019)

ITEM	FAMILIA	N.º especies colectadas	%	Puntaje ABI	Puntaje BMWP/Col	Puntaje nPoBMWP
1	Hyallelidae^(*)	385	56.95	6	7	6
2	Physidae	207	30.62	3	3	3
3	Planorbidae	12	1.78	3	5	3
4	Ostracoda Morfosp	10	1.48	3		3
5	Hirudinea Morfosp	14	2.07	3	3	3
6	Planariidae	5	0.74	5	7	5
7	Corixidae	11	1.63	5	7	5
8	Chironomidae (ROJO)	27	3.99	2	2	2
9	Hidrophilidae	5	0.74	3	3	3
		676	100	33	37	33
				MODERADO	DUDOSO	REGULAR

Donde (*): es una familia con bioindicación medio superior.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8. CATEGORIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUILA HUILA SEGÚN DIFERENTES ÍNDICES BIÓTICOS (MODELOS DE BIOINDICACIÓN)					
Índice	Primera evaluación 13 - ene - 2019		Segunda evaluación 3 - Feb - 2019		RESULTADO FINAL
	PMo2	PMo1	PMo2	PMo1	
ABI	41 Moderado	25 Malo	33 Moderado	46 Bueno	36.25 Moderado
BMWP/Col	52 Dudoso	31 Crítico	37 Dudoso	55 Dudoso	43.75 Dudoso
nPeBMWP	41 Regular	25 Malo	33 Regular	46 Regular	36.45 Regular

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Según la tabla anterior, por los resultados obtenidos en la primera evaluación, en las estaciones de muestreo EMo1 (UTM 18S E819752 N8515114) - primera campaña (13 de enero de 2019) y EMo2 (UTM 18S E819081 N8514980) - primera campaña (13 de enero de 2019), al ser comparados con los protocolos de bioindicación ABI, BMWP/Col y nPeBMWP, se comprobó que son protocolos de bioindicación similares porque alcanzaron clasificaciones homólogas.

En la segunda evaluación se encontró mayor riqueza de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo EMo1 (UTM 18S E819752 N8515114) - segunda campaña (3 de

FIGURA 4. RÍO HUILA HUILA. ESTACIÓN DE MUESTREO EM01 Y EM02

Fuente: Elaboración propia.



febrero de 2019) y EMO2 (UTM 18S E819081 N8514980) - segunda campaña (3 de febrero de 2019), al comparar la categorización con los protocolos BMWP/Col y nPeBMWP, se evaluaron como aguas de dudosa y regular contaminación.

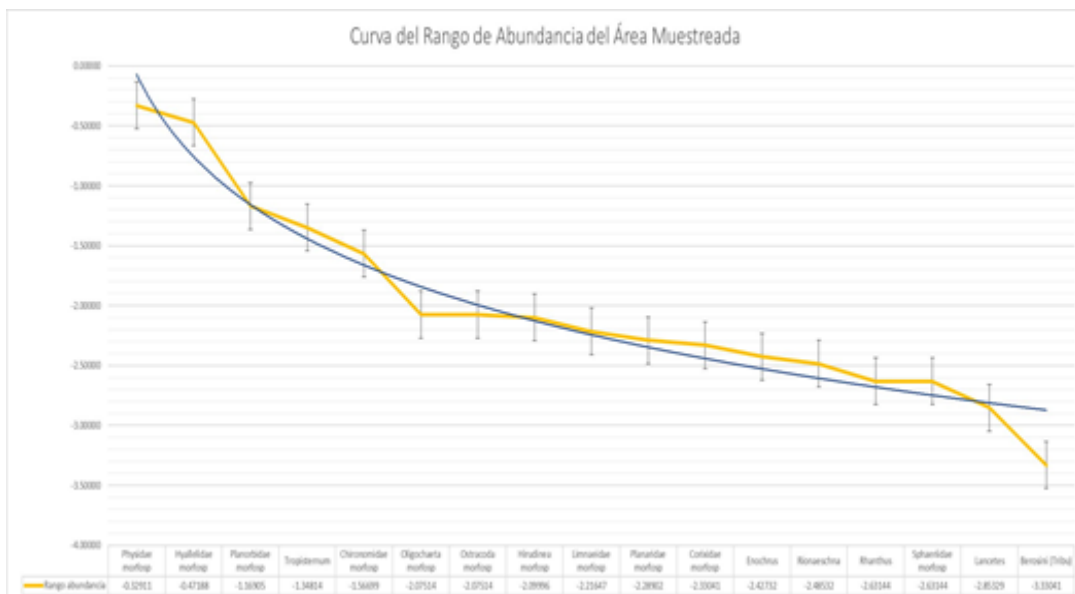
Al evaluar utilizando ABI, con puntuaciones diferentes para las familias y con rangos más amplios para pasar de una clase a otra, se asumió que produce resultados más exactos para ambientes con mayor riqueza.

Por todo lo cual en esta investigación se encontró que el protocolo ABI tiene estándares de bioindicación fáciles de aplicar y que se pudo utilizar en las dos evaluaciones realizadas.

La calidad de los ríos y lagunas demuestran la cultura de salubridad e higiene de la población que vive cerca de ellos.

FIGURA 5. CURVA AJUSTADA A UNA LÍNEA DE REGRESIÓN LOGARÍTMICA

Fuente: Municipalidad de Chinchero, 2016.



Curva de rango de abundancia de los macroinvertebrados y la relación que existe entre estos bioindicadores y la contaminación del río Huila Huila.

TABLA 9. ESTUDIOS FISICOQUÍMICOS ADICIONALES EN EM01 Y EM02 COMPARADOS CON LOS LMP

Parámetro	EM01	EM02	LMP*	Unidad de medida
	13-enero	13-enero		
Temperatura	12.00	11.50	0.00	°C
Turbiedad	24.40	30.60	5.00	NTU
Color	231.00	160.00	15.00	UCV
pH	7.50	7.16	7.50	Unidad de pH
Alcalinidad total	254.08	355.11	250.00	mg/L CaCO ₃
Dureza total	88.65	611.38	500.00	mg/L CaCO ₃
Calcio	88.65	212.79	250.00	mg/L Ca++
Magnesio	7.89	19.29	0.00	mg/L Mg++
Cloruros	35.80	22.38	250.00	mg/L
Sulfatos	102.57	208.24	250.00	mg/L
Conductividad	541.00	1167.00	1500.00	uS/cm
Sólidos totales o disueltos	390.00	840.00	1000.00	mg/L
Salinidad	0.10	0.50	0.00	%

Met. Utilizado: Manual "Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales" APHA-AWWA-WPCF- 22° Ed.
LMP* Límite Máximo Permisible - Decreto Supremo 031-2010-SA

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada SedaCusco/PTAP Santa Ana.

Interpretación

Se mandaron realizar estudios físico-químicos a partir de las muestras EM01 y EM02, muestras de la primera salida de campo, en el laboratorio de EPS SEDACUSCO (tabla 9).

Se observó que varios parámetros fisicoquímicos (marcados en negrita), estaban por encima del LMP según el DS 031-2010-SA.

Se utilizó el LMP de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM) para la "Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable 1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección".

Por los resultados de estos análisis pudo verse que el costo era mayor que el empleado con el uso de índices bióticos, obteniéndose resultados similares. Además, la variabilidad de los resultados de los estudios físico-químicos hallados permitió observar que se necesitaban más evaluaciones porque hay variaciones, lo cual conllevaría a mayores costos. Por lo anterior reafirmamos que la evaluación con macroinvertebrados demostró un menor costo y un mayor beneficio.

Discusión

De los macroinvertebrados

Tapia *et al.* (2017), identificaron que “las familias Corixidae, Chironomidae, y Hyallellidae son resistentes a las condiciones ambientales alteradas por materia orgánica”. Estas tres familias también se encontraron en la evaluación del río Huila Huila, Chinchero, Cusco (Perú), siendo que la familia Hyallellidae representaba el 80%.

Entre los principales individuos hallados en la evaluación del río Huila Huila se determinó a la familia Chironomidae. A su vez MJ Shimba *et al.* (2016) los determinaron “en los arroyos en el río Mkondoa, en un área agrícola en Kilosa”. También Gonçalves *et al.* (2019) “en un río en la región subtropical de Brasil, con descarga de efluentes industriales sobre la estructura de la comunidad bentónica”, y Palomino (2016) en “el río Mashcón-Cajamarca”.

Palomino (2016), Gonçalves *et al.* (2019) y MJ Shimba *et al.* (2016) señalaron que la familia Chironomidae era “indicadora de aguas contaminadas con materia orgánica”.

En el río Huila Huila se determinaron las morfoespecies Hirudinea, Oligochaeta, al igual que Gonçalves *et al.* (2019), quienes también reportaron a “Oligochaeta, Hirudinea, también a Bivalvia, Gastropoda”, y mencionaron que “según los resultados de los índices biológicos, el punto 1 indica contaminación moderada y los siguientes puntos (2 y 3) muestran contaminación severa”; asimismo en el río Huila Huila se identificaron las morfoespecies Ostracoda y Turbellaria.

En el río Huila Huila Chinchero, Cusco, se determinó la familia Sphaeriidae, al igual que Muñoz (2016), quien además reportó “la Clase Bivalva, Orden Veneroida”; mencionó la “familia Sphaeriidae como un nuevo taxón identificado dentro de la región Cajamarca”, en el río Huila Huila además se identificó las familias Physidae, Lymnaeidae y Planorbidae.

Muñoz (2016) alertó que “la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Grande-Celendin-Cajamarca se encontraba amenazada principalmente por el vertimiento inadecuado de aguas residuales, los cambios en el uso del suelo, la producción agrícola ganadera y factores climáticos que determinan la cantidad de agua que fluye por el río, determinando su capacidad de purificación”. Durante el muestreo del río Huila Huila se observó la producción agrícola ganadera, así como viviendas.

De los índices de bioindicación para determinar la calidad del agua

Madera *et al.* (2016) evaluaron “la calidad del agua en puntos afluentes del río Cesar, como el río Calenturitas, río Maracas y río Tucuy (Colombia), y el valor promedio del índice BMWP/Col define el agua de la estación E1 como ligeramente contaminada pero de calidad aceptable, E2- E3-E4 y E5 como moderadamente contaminada y clasificada como de calidad dudosa”.

Ojija y Laizer (2016) señalaron que “la calidad del agua del arroyo Nzovwe es moderadamente contaminada, la puntuación BMWP de la corriente Nzovwe fue 115, debido a la contaminación de fuentes difusas de varias fuentes”.

Según los índices bióticos de calidad de agua, BMWPCol y ABI, la cuenca alta del río Imaza presentaba un resultado promedio para sus aguas de “Muy bueno” y “Aceptable”, respectivamente. Esto se vio igualmente reflejado en la evaluación de la calidad del hábitat fluvial (IHF) que, en promedio, arrojó la calificación de “Hábitat relativamente Heterogéneo” (Corrot *et al.*, 2016).

Por los resultados hallados, se determinó que la calidad del agua del río Huila Huila Chinchero, Cusco (Perú), mediante el protocolo ABI era moderado con 36.25. Mediante el BMWP/Col fue dudoso, caracterizando a aguas moderadamente contaminadas con un puntaje de 43.75; y nPeBMWP fue de calidad regular con un puntaje de 36.45.

Ninguno de los autores consultados utilizaron los tres protocolos. Este estudio demostró que sólo el protocolo ABI tiene estándares de bioindicación fáciles de aplicar y que se pudo utilizar en las dos evaluaciones realizadas.

De la evaluación de la calidad del río Huila Huila, Chinchero, Cusco por análisis de los parámetros físico-químicos, los resultados indicaban que contenía aguas contaminadas y los costos a pagar fueron altos, siendo que la evaluación por macroinvertebrados tuvo un mejor costo/beneficio y en ambas evaluaciones se hallaron resultados similares.

Los resultados finales de los protocolos de bioindicación empleados demuestran cuerpos de agua contaminados. Los taxones hallados y sus patrones de biodistribución a lo largo de este río son característicos y correspondientes para las condiciones de aguas contaminadas.

Conclusiones

Se identificaron morfoespecies de las familias Physidae y Hyallellidae, que representan el 80% del total de macroinvertebrados recolectados, así como las morfoespecies de las clases Hirudinea, Oligochaeta, Ostracoda y Turbellaria.

En la clase Insecta y Gastropoda las siguientes familias: Corixidae Dytiscidae, Hydrophilidae, Aeschnidae y Chironomidae Physidae, Lymnaeidae, Planorbidae y Sphaeriidae respectivamente.

El río Huila Huila estuvo caracterizado por presentar aguas contaminadas con calidad biológica intermedia (III) de un rango de I (ambientes severamente impactados) a V (ambientes no impactados).

Los índices bióticos para macroinvertebrados utilizados fueron ABI, BMWP/Col y nPeBMWP, y los tres presentaron resultados similares; sólo el protocolo ABI tiene estándares de bio indicación fáciles de aplicar y se pudo utilizar en las dos evaluaciones realizadas.

Existe relación directa entre la curva de rango de abundancia de los macroinvertebrados como bioindicadores y contaminación del río Huila Huila.

Reconocimiento

La presente investigación se subvencionó desde el Proyecto Canon UNSAAC-CONCYTEC “Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoos patógenos del agua potable de la fuente Piuray”, que aún está en ejecución.

Se agradece al Dr. Jose Antonio Ochoa Camara, al Dr. Erick Yabar y al equipo del laboratorio de Entomología de la E.P. de Biología-UNSAAC, por permitir el uso del laboratorio.

Referencias bibliográficas

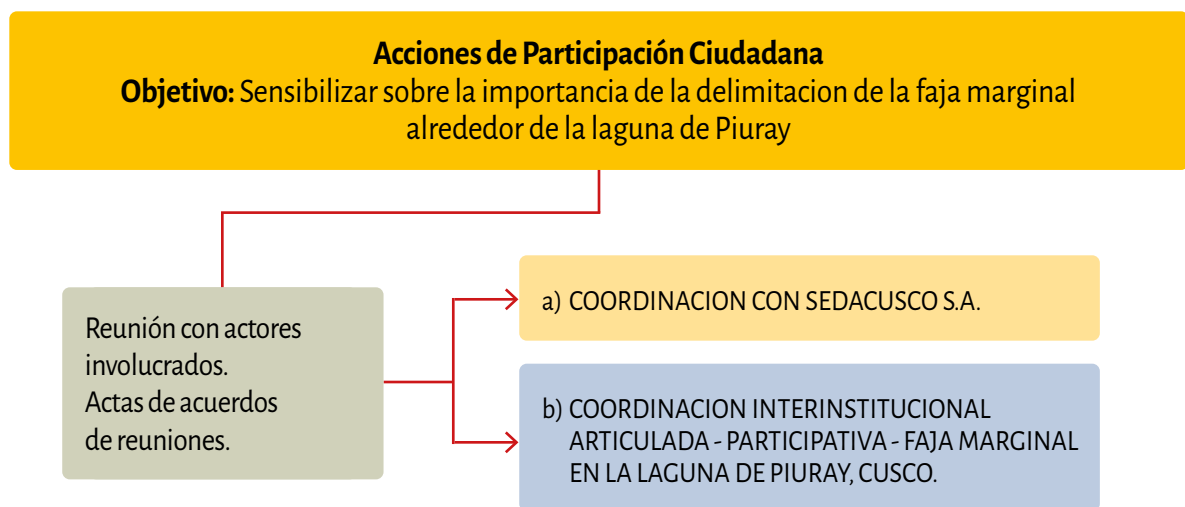
- Alba-Tercedor, J. (1994). *El entomólogo y los problemas de degradación de los sistemas acuáticos*. En: *Environmental Management and Arthropod Conservation* (Eds. R. Jiménez- Peydró & M.A. Marcos-García): 131-138. Asociación Española de Entomología. 179 Valencia.
- Anyanwu, E., Okorie, M. y Odo, S. (2019). *Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del río Ossah receptor de efluentes, Umuahia, sureste de Nigeria*. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 31(5), págs. 9-17. <https://doi.org/10.21271/zjpas.31.5.2>
- Armitage, P.B., Moss, D. Wright, J. F. & Furse, M.T. (1983). *The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water*. *Water Res.*, 17(3): 333-347.
- Autoridad Nacional de Agua (ANA) y Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú. N.º 2016-03541. Recuperado el 2016 de: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidadde_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf.
- Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, Strinbling JB. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. EPA 841-B-99-002. *Environmental Protection Agency, Office of Water*. Washington, D.C.
- Barbour MT, Strinbling JB, Verdonshot PFM. 2006. *The Multihabitat Approach of USEPA's Rapid Bioassessment Protocols: benthic Macroinvertebrates*. *Limnética* 25(3): 839-850
- Caughley G, Sinclair ARE. 1994. *Wildlife ecology and management*. Blackwell Sciences Publishers. Boston. 334 pp
- CIES Consorcio de Investigación Económica y Social. Instituto de Investigaciones Económicas Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2016).
- Carbajal Navarro Max Arturo y Lucich Larraur Iván Mirko (SUNASS). *Valor de la conservación de la fuente de agua y de los atributos del servicio de abastecimiento de agua de SEDACUSCO: una aproximación empleando experimentos de elección*. Informe final Proyecto Mediano CIES A1-PMN-T1-2014. Perú.
- Corrot F., Yalta J., Vasquez V., Gamarra O. (2016). *Evaluación de la calidad ecológica del agua en la cuenca alta del río Imaza (Perú)*. Doi:10.25127/index.201402.002
- Custodio Villanueva, María, & Chanamé Zapata, Fernán Cosme. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1), 33-44. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>
- DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Diario Oficial El Peruano. (2017). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12870/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- DECRETO SUPREMO N.º 031-2010-SA. Reglamento de calidad del agua para consumo humano. MINSA/DIGESA. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf>
- De Pauw, N., Vanhooren, G. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia* 100, 153–168 (1983). <https://doi.org/10.1007/BF00027428>
- Encalada, A. (2010). *Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador*. *Polémika*, 2(5). Recuperado a partir de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370>

- EPS SEDACUSCO S.A. (2020). *Memoria Anual 2020*. Recuperado el 12 de diciembre del 2020, de <https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2020.pdf>.
- Gonçalves S., Rozário H., Suriani A. y Ana L. (2019). *Evaluación del impacto de una descarga de efluentes sobre macroinvertebrados bentónicos en un río subtropical utilizando índices*. Universidad Estatal del Medio Oeste. v.41 (2019): Publicación continua *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. <https://doi.org/10.4025/actasci-biolsci.v41i1.45536>
- Guzmán José S.C. (2021). *Efecto de la degradación ambiental, por acción antrópica, sobre la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos (MIB) del Río Yura (Arequipa)* Tesis Para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias y Tecnologías Medioambientales. Universidad nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela de Posgrado. Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales y Formales. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12945/UPgurojsc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Holt, E. A. & Miller, S. W. (2010) *Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts*. *Nature Education Knowledge* 3(10):8, de: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/bioindicators-using-organisms-to-measure-environmental-impacts-16821310/13>.
- Lozano, Liz (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. *Umbral Científico*, (7), 5-11. [fecha de Consulta 24 de Mayo de 2021]. ISSN: 1692-3375. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400702>
- Madera L., Angulo L., Díaz L. y Rojano R. (2016). *Evaluación de la calidad del agua en algunos afluentes del río Cesar (-Colombia) utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación*. *Inf. tecnol.* vol. 27, n. 4, pp.103-110. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011>.
- Medina, C., Hora, M., Pereda, W., Aguilar, R., Asencio, I. (2008) El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008, en *Scienciendo* Vol.13, Num2 (2010), Universidad Nacional de Trujillo
- Medina-Tafur, César, Hora-Revilla, Manuel, Asencio-Guzmán, Ivonne, Pereda Ruiz, Walter, Gabriel-Aguilar, Ronal. (2008). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú, de: [file:///C:/Users/User/Documents/Downloads/280-Texto%20del%20art%C3%ADculo-667-1-10-20130816%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Documents/Downloads/280-Texto%20del%20art%C3%ADculo-667-1-10-20130816%20(1).pdf)
- Menchaca Dávila, María del Socorro, & Alvarado Michi, Elba Lupita. (2011). Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiac. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(spe1), 85-96. Recuperado en 24 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700007&lng=es&tlng=es.
- Mendoza-Muñoz Yanet y col. (2017). Proyecto de Investigación tipo Aplicada Intermedio titulado “Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray” (en actual ejecución). Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, FONDECYT-DE. Contrato N.º 019-2018-UNSAAC. Esquema Financiero E041-2017-UNSAAC, de fecha 05 de marzo 2018. “Proyectos de Investigación”.
- Shimba, N.J. y FE Jonah. (2016). *Macroinvertebrates as bioindicators of water quality in the Mkondoa River, Tanzania, in an agricultural area*. *African Journal of Aquatic Science*. ISSN: 1608-5914 (Print) 1727-9364 (Online) Journal home page: <http://www.tandfonline.com/loi/taas20>. <https://doi.org/10.2989/16085914.2016.1230536>

- MuñozC.,(2016)*Caracterización físico química y biológica de las aguas del río Grande Celendín, Cajamarca*, Universidad Nacional de Cajamarca 109 pp Tesis de pregrado. De <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1755>
- Ojija F., Laizer H. (2016). *Macro Invertebrates As Bio Indicators Of Water Quality In Nzovwe Stream, In Mbeya,Tanzania*. International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 5, ISSUE o6, june 2016 ISSN 2277-8616211IJSTR©2016www.ijstr.org
- Pardo, I., García, L., Delgado, C., Costas, N. & Abraín, R., 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. 68pp. NIPO 783-10-001-8
- Prat N., Rios-Touma B., AcostaR.,RieradevallM.(2009) Prat et al. *Los Macro invertebrados como indicadores de calidad de aguas*.Capítulo20(pp.631-654). Edition: 1st: Publisher: Fundación Miguel Lillo. De: https://www.researchgate.net/publication/255632705_LOS_MACROINVERTEBRADOS_COMO_INDICADORES_DE_CALIDAD_DE_LAS_AGUAS
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2022) *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Quispe R., (2015) Diversidad de la ictiofauna y macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad hídrica en dos tributarios del riobajo Madre de Dios, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.139pp
- Roldán Pérez Gabriel (2003). Bio indicación de la calidad del agua en Colombia : propuesta para el uso del método BMWP Col. Medellín, Colombia : Editorial Universidad de Antioquia, 2003.
- Roldán Pérez Gabriel. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Centro de Investigaciones, CIEN. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" -FEN COLOMBIA Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" -COLCIENCIAS Universidad de Antioquia. Bogota. Colombia. ISBN 958-9129-04-8 <https://docer.com.ar/doc/11ns1n>
- Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Arteaga, C., Maceda, D. y Alan Salvatierra, A. (2017). *Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en lagunas altoandinas del Perú*. *Ecología Aplicada*, 17(2), 2018ISSN1726-2216DOI:<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>
- Villena, J. (2018) *Calidad del agua y desarrollo sostenible*. Lima. Perú. Recuperado el 03 de agosto 2020. De: https://rpmesp.ins.gob.pe/public/journals/1/imagenes/Simposio/2018-2/Calidad_agua_desarrollo_sostenible.pdf

5. ACCIONES DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA PARA LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL DE LA LAGUNA DE PIURAY, REALIZADAS POR EL EQUIPO DE INVESTIGACION AGUA PIURAY

Yanet Mendoza-Muñoz
y Equipo de Investigación Agua Piuray



Reunión con actores involucrados y actas de acuerdos de reuniones

Coordinación con SEDACUSCO S.A.

El 3 de abril de 2022, tras el primer oficio enviado desde la Investigación Agua Piuray para la delimitación de la faja marginal, en mérito al convenio 004-2018.GG-EPS.SEDACUSCO S.A. con Resolución N.º CU-583-2018-UNSAAC de fecha 4 de diciembre 2018.

En la reunión, entregamos al Ing. Joel Zamalloa una copia de:

- » Convenio 004-2018. GG-EPS.SEDACUSCO S.A.
- » Objeto específico: Faja marginal de la laguna de Piuray, entre otros.
- » La Resolución Directoral N.º 402-2017-ANA/AAAXII.UV de fecha 26 de mayo de 2017, firmada por el Ing. Miguel Plutarco Beltrán Chite, Director de la Autoridad

Nacional del Agua-Urubamba Vilcanota (UV), que en resumen decía: “Visto el expediente administrativo N.º 1975-2015, signado con CUT 177375-2015, tramitado ante la Administración Local del Agua Cusco, en fecha 13 de noviembre de 2015, presentado por el Ing. José Luis Becerra Silva en calidad de Gerente de la EPS SEDACUSCO S.A solicitando delimitación de la faja marginal en la laguna de Piuray, Distrito de Chinchero, Provincia Urubamba.

- » Resuelve: ARTICULO 1º DECLARAR el ABANDONO del procedimiento administrativo recaído en el expediente administrativo 1975-2015, signado con CUT 177375-2015, sobre procedimiento de delimitación de la faja marginal en la laguna de Piuray, solicitado por el Ing. José Luis Becerra Silva en calidad de Gerente de la EPS SEDACUSCO S.A. en conformidad al artículo 191º de la Ley 27444, esto es, al no cumplir el administrado, con levantar las observaciones contenidas en la Notificación N.º 467-2016-ANA.AAA.UV-ALA.CZ.

Artículo 2º. Estando a lo expuesto en el artículo precedente, CONCLÚYASE Y ARCHÍVESE en forma definitiva el presente procedimiento administrativo ingresado con CUT 177375-2015”,

El Ing. Joel Zamalloa, representante de la EPS SEDACUSCO S.A., nos entregó las fotocopias de los siguientes documentos:

- » Oficio N.º 590-2017-GG-EPS SEDACUSCO S.A, firmado por el Ing. José Luis Becerra Silva en calidad de Gerente de la EPS SEDACUSCO S.A, dirigido al Señor Ing. Miguel Beltrán Chite, Director de la Autoridad Nacional del Agua, Urubamba Vilcanota, de fecha 6 de noviembre de 2017. Cuyo asunto decía: Solicito delimitación de la faja marginal en la laguna de Piuray, distrito Chinchero, provincia Urubamba, teniendo en cuenta la magnitud e importancia que significa esta fuente natural para la ciudad de Cusco y con el fin de garantizar su protección y el uso primario del agua. De acuerdo a la concordancia de la Normativa Legal vigente del Reglamento para la delimitación y mantenimiento de Fajas Marginales aprobada por R.J. N.º 332-2016-ANA, así como la Ley de Recursos Hídricos (Ley N.º 29338) que establece explícitamente la necesidad de mantener una faja marginal en los terrenos aledaños a los cauces naturales artificiales.

En tal sentido y al constituirse la Autoridad Nacional de Agua (ANA) como ente responsable de establecer procedimientos para la gestión sostenible de los recursos hídricos, su Reglamento de organización y funciones le confiere la res-

ponsabilidad de actuar de oficio en la delimitación de la faja marginal. A la espera de una positiva atención a la presente solicitud...”

- » Oficio N.º - 2018-GG-EPS SEDACUSCO S.A, firmado por el Ing. José Luis Becerra Silva en calidad de Gerente de la EPS SEDACUSCO S.A., dirigido al señor Ing. Miguel Plutarco Beltrán Chite, Director de la Autoridad Nacional del Agua XII.UV, de fecha 17 de enero de 2018. Referencia: Oficio N.º 1311-2017-ANA-AAA-XII.UV.

“...y al mismo tiempo, para efectos de solicitarle tenga a bien de conformar una mesa técnica de trabajo con la finalidad de delimitar la faja marginal de la laguna de Piuray de manera participativa...

Sigue diciendo:

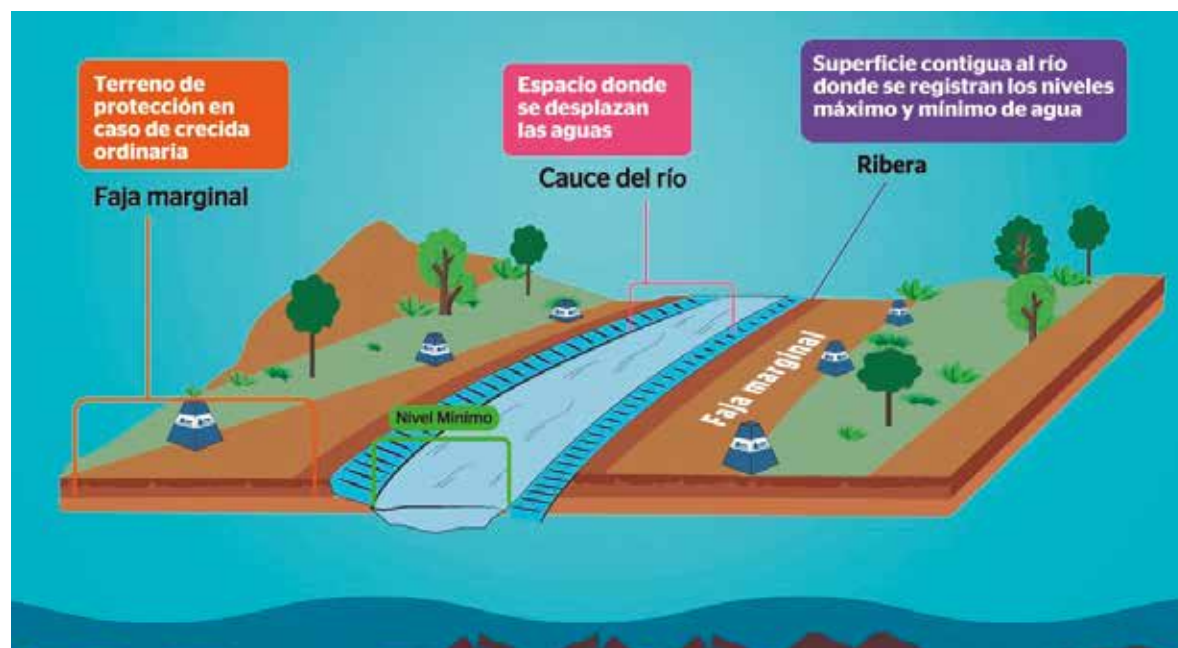
Mediante oficio N.º 590-2017-GG-EPS SEDACUSCO S.A. el suscrito solicita a efectos de que su representada delimite de oficio la faja marginal de la laguna de Piuray, el mismo que no fue aceptado por no contar con disponibilidad presupuestal, recomiendan presentar la propuesta de delimitación de acuerdo a los lineamientos establecidos en la Resolución Jefatural N.º 332-2016-ANA “Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales...”.

En consecuencia creemos que una de las tareas importantes e indispensables para preservar la laguna de Piuray (entre otras, por supuesto) está la de delimitar la faja marginal; ello contribuirá a asegurar la disponibilidad hídrica, a protegerla para evitar pérdidas de suelos y de biodiversidad como servicio ecosistémico que es, evitar la contaminación por residuos sólidos y el uso indiscriminado de agroquímicos y biocidas en zonas aledañas a la laguna y evitar la ocupación con viviendas, entre otros”.

Solicitaron que la ANA lidere y que convoque al equipo técnico, incluidos la Municipalidad de Chinchero, el Comité de Gestión de la Microcuenca Piray-Ccorimarca, las JASS, las organizaciones de usuarios del agua y las comunidades campesinas que se encuentran dentro de la zona de influencia de la microcuenca.

FIGURA 1. FAJA MARGINAL

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (s/f).



Coordinación interinstitucional articulada - participativa - faja marginal en la laguna de Piuray, Cusco

Funciones y responsabilidades en la gestión de la seguridad del agua potable

La WHO recomienda que una gestión con enfoque preventivo garantiza una alta calidad del agua, lo cual indica que para lograrla debe haber una colaboración interinstitucional para garantizar que los organismos responsables cumplan en esta gestión de calidad de agua (World Health Organization, 2017).

Objetivo de la coordinación interinstitucional articulada - participativa - faja marginal en la laguna de Piuray: Legitimar las conclusiones respecto a la faja marginal en la laguna de Piuray, previa coordinación interinstitucional articulada y participativa.

Reuniones convocadas por la Investigación Agua Piuray:

Mediante oficio N.º 001-E041-2019-UNSAAC de fecha 3 de abril de 2019.

Para el día 10 de abril de 2019, a las 16 horas, en el auditorio de la Gerencia de Ingeniería de la EPS SEDACUSCO S.A. sito en Av, Anselmo Alvares, 364.

Asunto: Solicita reunión de coordinación para dar cumplimiento a los temas de control, monitoreo, uso, regulación del agua de la fuente Piuray y próximo congreso internacional.

Acuerdo: Próxima reunión el 24 de abril en las Instalaciones ANA/AAA/ALA.

Mediante oficio N.º 005-E041-2019-UNSAAC de fecha 11 de abril de 2019.

Para el día 24 de abril de 2019, a las 16 horas, en el Auditorium de la sede de la ANA sito en Av. Tomas Tuyru Tupac, 2020, San Sebastián, Cusco.

Asunto: Mesa técnica - Faja Marginal de la fuente Piuray.

Las demás reuniones fueron convocadas por el ANA/AAA/ALA (desde el 8 de mayo, 11 de junio, 3 de julio de 2019); se realizaron con la participación activa y firmas de:

- » EPSSEDACUSCO S.A. cuyos representantes fueron:
Ing Joel Dario Zamalloa Jordan e Ing. Erick Edilson Villavicencio Zans.
- » Autoridad Nacional del Agua (ANA), Autoridades Administrativas de Agua (AAA), Administraciones Locales de Agua (ALA), cuyos representantes fueron:
Ing Emiliano Sifuentes Minaya (ANA)
Blga. Malibet Natalia Saca Aquino (ALA)
Ing Abilio Oyola Valencia, Ing. Juan Muñoz Alva, Salomon Ascue Serrano (ALA)
- » Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS): cuyos representantes fueron:
Econ Vielka Chariarce (coordinadora IDIS Cusco), Edgar A. Cabrera Alarcon, Rudy R. Gamarra Florez, Reynaldo Aguilar Pinares y Edgar Américo Cabrera Alarcón
- » Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)
- » Municipalidad distrital de Chinchero, con el señor Alcalde Luis Hector Cusicuna Quispe, cuyos representantes fueron:
David Peña y Hugo Quillahuaman
- » Presidente del Comité de Gestión de la Microcuenca Piuray - Ccorimarca - Chinchero - Cusco, señor Ruperto Quispe Inquiltupa.

Reunión del 11 de junio de 2019 en el auditorium de la municipalidad distrital de Chinchero a las 10 a.m, mediante Oficio múltiple N.º 009-2019-ANA-AAA.UV.ALA.CZ (CUT106466-2019), de fecha 5 de junio de 2019, fue convocada por el Ing. Juan Eduardo Muñoz Alva, Administrador Local de Agua Cusco.

Agenda: Delimitación de la faja marginal.

Acuerdos

1. Debe cumplirse la Ley respecto a la faja marginal, luego indicar los hitos y, por último, resolver las trabas sociales de las comunidades circundantes a la laguna de Piuray. Para lo cual se debe ingresar un nuevo documento por parte de SEDACUSCO S.A. solicitando faja marginal a la ALA (ya mencionado líneas arriba).
2. Existen instrumentos técnicos que ya presentó la EPSEDACUSCO S. A. que se deben actualizar. También se tiene la “Resolución Directoral N.º 402-2017-ANA/AAAXII. UV del 26 de mayo de 2017 (ya mencionada líneas arriba), con observaciones de la ANA que deben ser levantadas.
3. El señor alcalde del municipio de Chinchero también tiene documentos que deben ser actualizados.

NOTA:

La ANA informa que el objetivo del quinquenio es la delimitación de la faja marginal y es el sustento para invertir el porcentaje que la SUNASS aplica a la tarifa del agua potable cada 5 años.

Reunión del 3 de julio de 2020. Citado por el ANA el día 28 de junio de 2019, con Oficio Múltiple N.º 010-2019-ANA.AAA.UV-ALA.CZ, firmado por el Ing. Juan Eduardo Muñoz Alva, administrador Local de Agua Cusco.

Asunto: Delimitación de la Faja Marginal.

Reunión de coordinación para la delimitación de la faja marginal de la laguna de Piuray, a efectuarse el miércoles 3 de julio de 2019 a las 09:00 am en las instalaciones del auditorium de la municipalidad distrital de Chinchero.

En el municipio de Chinchero se realizó un acta de reunión de coordinación con firmas de los participantes, concluyendo que la fecha de entrega de los documentos actualizados es el 12 de julio de 2019, que no se cumplió.

Referencias bibliográficas

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. ¿Qué son las fajas marginales? <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5788233/5139289-que-es-una-faja-marginal.jpg?v=1706743482>

World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* 4th edition, incorporating the 1st addendum. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

6. LA PROTECCIÓN DE LA FAJA MARGINAL: PETICIÓN A TRAVÉS DE OFICIO DEL RECTOR DE LA UNSAAC A SEDACUSCO

Yanet Mendoza-Muñoz
y Equipo de Investigación Agua Piuray

El 30 de noviembre de 2020 se envió el Oficio N.º 022-E041-2020-UNSAAC dirigido al titular de la institución, el señor Dr. Jesús Efraín Molleapaza Arispe, Rector encargado de la UNSAAC en ese momento, El asunto fue: Cumplimiento del Convenio 004-2018-GG-EPS. SEDACUSCO S.A. Obligaciones de la EPS SEDACUSCO S.A. Expediente UNSAAC-288558 de fecha 30 de noviembre de 2020, solicitando al señor Rector de la UNSAAC como titular de la institución (UNSAAC), sea quien solicite el cumplimiento de la delimitación de la faja marginal de la laguna de Piuray, haciendo valer el convenio N.º 004-2018-GG-EPS. SEDACUSCO S.A. - UNSAAC.

Considerándose además que la EPS SEDACUSCO S.A. al ser una entidad privada y como indica la RJ N.º 300-2011 y 332-2016 (ANA), es quien podría solicitar la delimitación de la faja marginal, que concuerda con la conclusión general de las reuniones con las instituciones involucradas, como SUNASS, ANA, ALA, OEFA, municipio de Chinchero y Proyecto Agua, por lo que EPS SEDACUSCO S.A. debe ingresar un nuevo documento, por parte de SEDACUSCO S.A. solicitando faja marginal a la ALA (mencionado en los acuerdos de 4.2.3.1. reunión con actores involucrados y actas de acuerdos de reuniones).

El siguiente señor Rector encargado fue el Dr. Escolástico Ávila Coila y por oficio N.º 005-SR-2021-UNSAAC, el 5 de enero de 2021, se dirigió al señor Ing. Álvaro Horacio Flores Boza, Gerente general de SEDACUSCO S.A., cuyo asunto fue: Solicita cumplimiento de la delimitación de la faja marginal, aludiendo al convenio mencionado.

El oficio indicado fue enviado por la secretaria del Rectorado, Lic. Elizabeth Delgado Vasquez, por el email rectorado@unsaac.edu.pe para mesadepartes@sedacusco.con, con copia al correo yanet.mendoza@unsaac.edu.pe.

El sistema de Trámite Documentario de la EPS SEDACUSCO S.A. recibió dicho oficio con cargo N.º 108 y fecha de ingreso 8 de enero de 2021.

De: **Rectorado.** <rectorado@unsaac.edu.pe>

Date: vie, 8 ene 2021 a las 12:23

Subject: REMITO OFICIO 005 RECTORADO UNSAAC

To: <mesadepartes@sedacusco.com>, Yanet Mendoza-Muñoz<yanet.mendoza@unsaac.edu.pe>

Señor:

ING. ÁLVARO HORACIO FLORES BOZA

GERENTE GENERAL DE SEDACUSCO

Ciudad.-

Con un cordial saludo, por encargo del Sr. Rector de la UNSAAC, adjunto me permito remitir el oficio N.º005 del Rectorado de la UNSAAC, para agradecer su gentil atención.

Atte. Elizabeth Delgado Vásquez

Secretaria Rectorado

Rector Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Telf. +51 084 222271 Fax: +51 084 238156

No se tiene la faja marginal alrededor a la laguna de Piuray que es la “fuente superficial de agua para consumo humano del 38% de la población cusqueña” (SEDACUSCO (2020).

11 de enero 2022:

Yanet Mendoza-Muñoz, yanet.mendoza@unsaac.edu.pe, reenvía el oficio 005 del señor Rector a las instituciones que participaron en las actas firmadas:

vchariarse@sunass.gob.pe

ala-cusco@ana.gob.pe

aaa-urubambavilcanota@ana.gob.pe

odcusco@oefa.gob.pe

dvaldivia@oefa.gob.pe

aoyola@ana.gob.pe

cusco@sunass.gob.pe

Asunto: Fwd: REMITO OFICIO 005 RECTORADO UNSAAC

Que decía:

“Previo un cordial saludo, es grato dirigirme a ustedes:

Ing. Emiliano Sifuentes Minaya, Autoridad Administrativa del Agua Urubamba - Vilcanota.

Ing. Juan Eduardo Muñoz Alva, Administrador Local del Agua

Ing. Abilio Oyola Valencia, Evaluador de Proyectos ANA-Cusco

Econ. Vielka Chariarse Valencia, responsable de la oficina desconcentrada de servicios Cusco - Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

Mgt. Danitza Valdivia, Jefa ODES Cusco, OEFA

Para hacerles llegar el envío que realizó la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco desde el Rectorado

Tema. FAJA MARGINAL de la laguna de Piuray

Contiene:

1) Oficio N.º 005-SR-2021-UNSAAC de fecha 5 de enero de 2021.

2) Oficio N.º 022-Eo41-2020-UNSAAC (Proyecto Agua Piuray) al titular de la UNSAAC, señor Rector.

Asunto: Cumplimiento del Convenio N.º 004-2018-GG-EPS.SEDACUSCO S.A - Obligaciones de la EPS SEDACUSCO S.A

De fecha 30 de noviembre de 2020

Del “Proyecto Canon de Investigación, tipo aplicada (intermedio): “Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray”.

El Oficio N.º 022-Eo41-2020-UNSAAC, concluye:

“Por todo lo manifestado señor Rector, pido a usted como titular de la institución (UNSAAC), sea quien solicite el cumplimiento de la delimitación de la faja marginal haciendo valer el convenio N.º 004-2018-GG-EPS.SEDACUSCO S.A. - UNSAAC.

Considerándose además que la EPS SEDACUSCO S.A., al ser una entidad privada y como indica la RJ N.º 300-2011 y 332-2016 (ANA), sea quien podría solicitar la delimitación de la faja marginal alrededor de la laguna de Piuray, que concuerda con la conclusión general de las reuniones con las instituciones involucradas, como SUNASS, ANA, ALA, OEFA, Municipio de Chinchero e Investigación Agua Piuray, por lo que EPS SEDACUSCO S.A debe ingresar un nuevo documento solicitando faja marginal a la ANA/AAA/ALA”.

Anexos

Entrega de expedientes por trámite documentario, en cumplimiento del convenio 004-2018-GG-EPS.SEDACUSCO S.A.

CUADRO 1. INFORMES ENTREGADOS POR LA INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY A SEDACUSCO S.A. AÑO 2019				
Fecha	Número de expediente	Número de oficio desde la Investigación Agua Piuray	Dirigido a	Asunto
1 de julio	3421	013-E041-2019-UNSAAC	Ing. José Luis Becerra Silva, Gerente General	Dar facilidades para el muestreo de la empresa CERPER
Se adjuntó: 1) la Resolución N.º CU-583-2018-UNSAAC de fecha 4 de diciembre de 2018, en cuya parte resolutive dice: Aprobar el Convenio N.º 004-2018-GG-EPS-SEDACISCO S.A. Convenio de cooperación con objetivo específico entre la UNSAAC y la EPS SEDACUSCO S.A. el mismo que consta de doce (12) cláusulas, que como anexo forma parte de la presente Resolución. 2) Términos de referencia INSAAC-CONCYTEC - FONDECYT. Convenio N.º 024-2018.				
3 de julio	3474	014-E041-2019-UNSAAC	Ing. José Luis Becerra Silva, Gerente General	Solicitamos datos de análisis físico-químicos y bacteriológicos y facilidades para el ingreso a la Planta de Tratamiento de Agua Potable
8 de julio	3570	016-E041-2019-UNSAAC	Ing. Álvaro Horacio Flores Boza, Gerente General	Préstamo de bote para el muestreo de la empresa CERPER
CERPER (Certificaciones del Perú S.A.), es la empresa contratada por la Dirección General de Administración de la UNSAAC y el Proyecto de investigación, según TDR.				
26 de noviembre	6347	0109-E041-2019-UNSAAC	Ing. Álvaro Horacio Flores Boza, Gerente General	Entrega de informes preliminares del primer muestreo en julio 2019
El muestreo y análisis de laboratorio fue realizado por CERPER. Aún falta el segundo muestreo, que será el 28 de noviembre 2019. Y faltan los resultados de la investigación paralela realizada en el Laboratorio de Medicina Humana de la UNSAAC a partir de las mismas muestras. Se le hace entrega de estos resultados preliminares enviados por CERPER: Informe de ensayo N.º 2-01544/19 (tributarios, estación de bombeo y laguna de Piuray) Informe de ensayo N.º 01511/19 (filtros y agua cruda de la PTA) Informe de ensayo N.º 01510/19 (red de distribución) La finalidad es que SEDACUSCO S.A. pueda tomar las decisiones más acertadas respecto a la calidad del agua potable de la ciudad de Cusco.				

Debo manifestar que después de realizar varias reuniones de coordinación con la ANA, SEDACUSCO S.A., SUNASS, municipio de Chinchero y el proyecto Canon-UNSAAC, quienes concordaban en lograr la faja marginal en la Laguna de Piuray, la asamblea y mesas técnicas autorizaron al proyecto en mención, realizar un informe cuyo objetivo sea lograr sensibilizar al señor Alcalde del municipio de Chinchero y a su población, para que en el tiempo más corto posible presentase a la ANA un expediente junto a SEDACUSCO S.A. que permita la delimitación y mantenimiento de la **faja marginal de la laguna de Piuray**.

Antecedentes

- » La ANA, por Resolución Directoral N.º 402-2017-ANA/AAA.XII.UV, del 26 de mayo de 2017, resolvió declarar en abandono el procedimiento administrativo renacido

en el expediente administrativo 1975-2015 signado con CUT: 177375-2015, sobre el procedimiento de delimitación de la faja marginal en la laguna de Piuray, solicitado por SEDACUSCO S.A. en conformidad al Art. 191° de la Ley 27444, al no cumplir en levantar las observaciones contenidas en la notificación N.° 457-2017-ANA-AAA.UV/ALA.CZ” (que adjunto).

- » En la memoria del año 2016, la EPS SEDACUSCO S.A. en la página 124, dice “causas del deterioro de las aguas de la laguna..., indicadores del proceso de deterioro de las aguas de la laguna..., resultado del estudio, la calidad del agua de la laguna para fines de consumo humano es excelente, pero existe el riesgo de perder estas cualidades, según se incrementa el proceso de deterioro de las aguas de la laguna. Para efectos de determinar el proceso de eutrofización de la laguna...”, y en la pág. 127 ya se habla de turismo vivencial e incluye una foto con turistas en la laguna.
- » Max Carbajal e Ivan Lucich (UNMSM). El valor de la conservación de la laguna de Piuray en el servicio de abastecimiento de SEDACUSCO, en la revista Economía y Sociedad/91-2014 CIES, dicen: “..esta reducción también se explica por la contaminación de la fuente y la sobreexplotación de la laguna...” (que adjunto).
- » En la tesis de Karen Melissa Villalba Balsa y Madelein Julia Lima Condorhuaman. Estado trófico de la laguna de Piuray-Chincheró-Cusco, 2016, UNSAAC, dicen: “Según el Índice Trófico de Carlson (TSI) la laguna de Piuray presenta un carácter mesotrófico inicial”.
- » Según el inventario nacional de glaciares, las cordilleras glaciares del Perú, del Instituto Nacional de Investigación en glaciares y ecosistemas de montaña, 2018. En la página 229 dice: “La laguna de Piray es de origen glaciar, es un recurso hídrico, es la más importante de la cordillera Urubamba... Estiman que los glaciares de la cordillera Urubamba desaparecerán en el año 2034”. Lo cual nos invita a acelerar los trámites de la faja marginal y empezar las acciones de educación sanitaria a la población de Chincheró, para preservar este recurso hídrico tan importante (que adjunto).

CUADRO 2. INFORMES ENTREGADOS POR LA INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY
A SEDACUSCO S.A. AÑO 2019

Fecha	Número de expediente	Dirigido a	Asunto
28 de mayo	Exp N.° 2825 en SEDACUSCO S.A. Exp N.° 1924 en la municipalidad de Chincheró, Cusco	Ing. Joel Dario Zamalloa Jordan (SEDACUSCO S.A.) y señor Luis Hector Cusicuna Quispe, Alcalde del Distrito de Chincheró	Información técnica de los Indicadores de eutrofización y la salud pública para los pobladores de la zona de Chincheró, Cusco (Perú)

7. INFORMACIÓN DE LOS INDICADORES DE EUTROFIZACIÓN Y LA SALUD PÚBLICA PARA LOS POBLADORES DE LA ZONA DE CHINCHERO, CUSCO (PERÚ)

Yanet Mendoza-Muñoz
y Equipo de Investigación Agua Piuray

Objetivo: Sensibilizar sobre la faja marginal alrededor de la laguna de Piuray.

El propósito del presente informe técnico es dar a conocer:

1. ¿Por qué hay riesgo de contaminarnos con los quistes/ooquistes de protozoarios patógenos?
2. ¿Qué es la eutrofización de la laguna de Piuray?
3. ¿Cuál es la importancia de la faja marginal?
4. ¿Qué normas de control se tienen?

Introducción

La Investigación CANON-UNSAAC “Implementación de un Sistema de Múltiples Barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray”, **tiene por finalidad colaborar en lograr que la efectividad sea positiva en favor de la salud, especialmente de los niños menores de 5 años.**

El Fondo Nacional de Capacitación Laboral y Promoción del Empleo (2006), define la efectividad como el resultado de las acciones del MINSA, DIGESA, DIRESA, SEDACUSCO, municipios, etc. sobre la población objeto de los mismos, y mide el efecto de sus intervenciones en salud, es decir, que la tasa de mortalidad infantil por Enfermedades Diarreicas Agudas por 10000 sea cada vez menor y que la efectividad sea positiva.

La efectividad referida a la capacidad para producir el efecto deseado es un indicador de resultados indirectos (mide las acciones de MINSA, DIGESA, SEDACUSCO, etc.) y se calcula por la diferencia de tasas mortalidad infantil de años diferentes multiplicado por 100 y se da en porcentaje (FNCLE, 2006; UPCH, 1997; Friedlander, P., 1990; y Veney J., 1998).

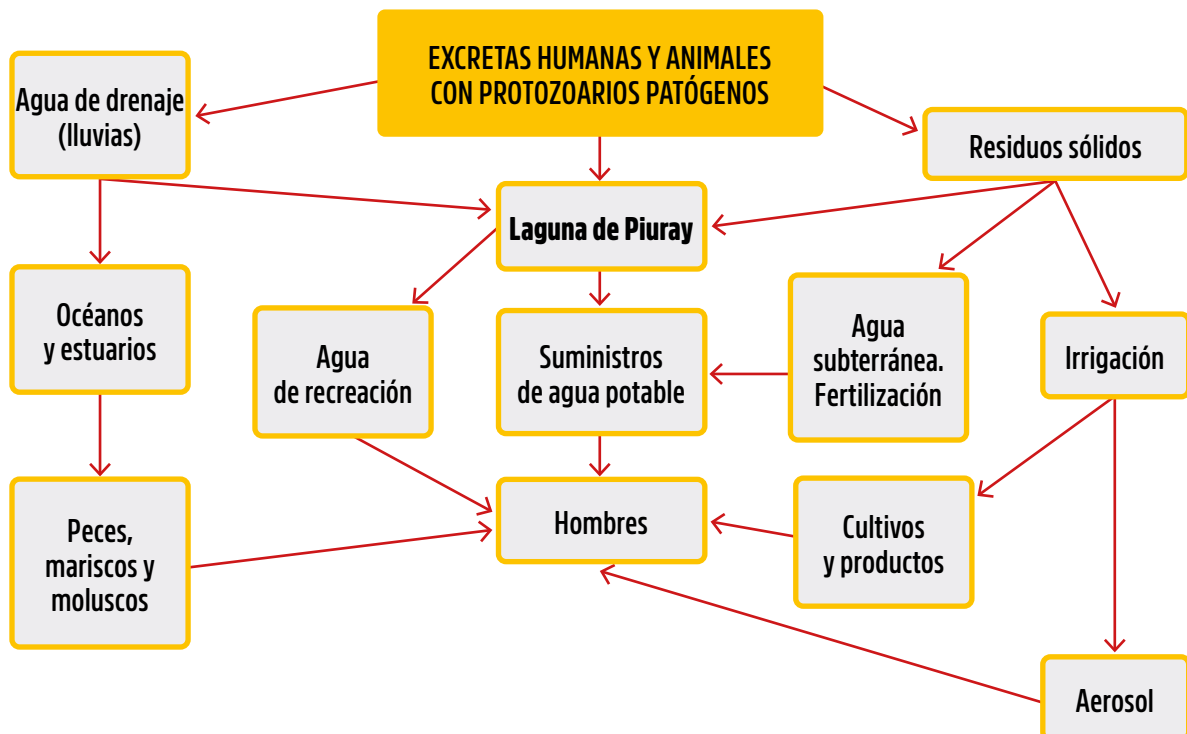
Con los datos del Municipio de Chinchero acerca del “incremento de la tasa de incidencia de EDAS en niños menores de 5 años, se ha incrementado en los últimos 3 años de 196 a 211 casos por mil habitantes” (municipalidad Chinchero, 2013). Podemos analizar que la efectividad es negativa, es decir, que el efecto de sus intervenciones en salud es muy bajo y que se necesita mayor sostenibilidad, mejorar las acciones y comprender que se necesitan múltiples barreras para resolver el problema de las EDAs que están afectando a los niños menores de 5 años en Chinchero, en Cusco, por ello es importante que se delimite la faja marginal, que se cumplan las leyes, normas y demás, porque al cuidar el cuerpo de agua lenticó (laguna de Piuray).

Desarrollo

¿Por qué hay riesgo de contaminarnos con estos quistes de protozoarios patógenos?

FIGURA 1. VÍAS DE TRANSMISIÓN DE PATÓGENOS POTENCIALES AL HOMBRE

Fuente: Elaboración propia, en base a Rojas, R., 2002, Reategui, E.R.A., 2004, Valenzuela W.A., 1994, OEI, 2006 y MINSA, 2003.



Según los resultados de observaciones microscópicas de la investigación de Yanet Mendoza-Muñoz. y col., pág. 38 (2020), existe presencia de protozoarios del género **Coccideo** y **Trinema**.

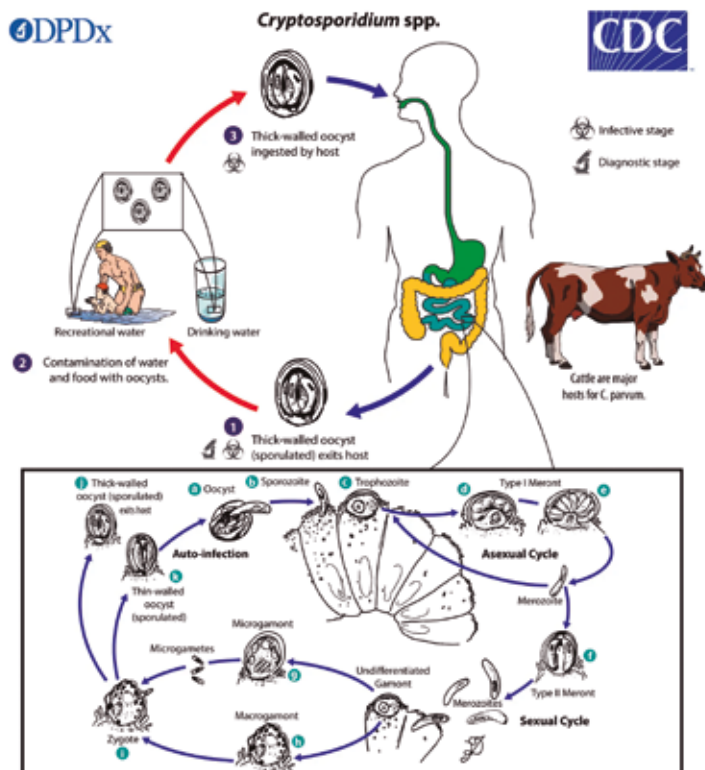
¿Qué son los coccideos - coccidios?

Los coccideos son protozoarios del grupo de Gregarinos pertenecientes al Phylum Apicomplexa; son un grupo diverso de parásitos que infectan principalmente el intestino y otros espacios extracelulares del ser humano.

Entre los coccidios se encuentran *Cryptosporidium*, *Cyclospora* y *Cystoisospora*. Estos tres coccidios se caracterizan por ser eliminados como **ooquistes** con la materia fecal de los hospederos (Uribarren B. T., 2018).

FIGURA 2. CICLO DE *CRYPTOSPORIDIUM SPP*

Fuente: CDC, 2019.



¿Cómo se pueden contaminar los niños y los perros con los protozoarios patógenos presentes en el agua?

Hernandez-Gallo N. y col. (2012), manifiestan que existe transmisión zoonótica de *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.* (otro protozoario) de animales domésticos al humano, **mediante el agua destinada a consumo humano o animal que se contamina con las heces de animales enfermos que eliminan los quistes/ooquistes de estos parásitos.**

El protozoario *Giardia intestinalis* (*G. duodenalis*, *G. lamblia*) infecta a un rango muy amplio de vertebrados, incluyendo al perro y al gato; actualmente están clasificados en genotipos de la A hasta la G según la especificidad, por el hospedero (Carbajal F.A.V., 2016).

Etapas del ciclo biológico:

1. Perro ingiere quiste.
2. Se libera en el intestino y se transforma en trofozoito.
3. Se multiplica.
4. En el intestino grueso se transforman en quistes.
5. El perro lo elimina de dos maneras.
 - En trofozoito que se desintegra.
 - Quiste que contaminará agua y alimentos.

El proceso de infección incluye dos fases:

a) Trofozoito (forma vegetativa). Habita en el intestino delgado, siendo responsable

de las manifestaciones clínicas.

b) Quiste (forma de resistencia).

Cápsula que le permite vivir en ambientes adversos durante mucho tiempo. Responsable de la transmisión del parásito. El perro se contagia al ingerir el quiste.

Carbajal F. (14) concluye que de 66 muestras de heces obtenidas de perros del Valle de Bravo, el 67% de casos son positivos para *Giardia spp.*

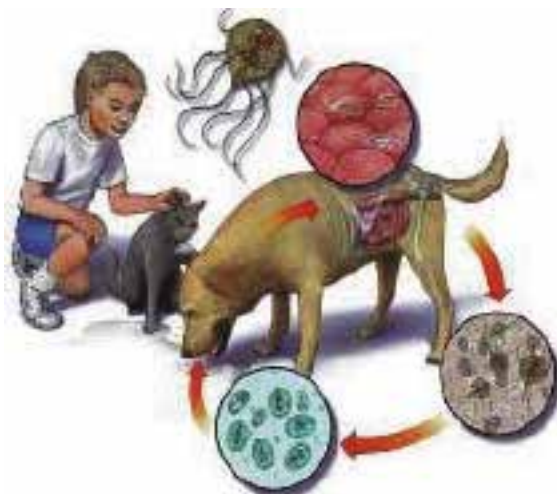
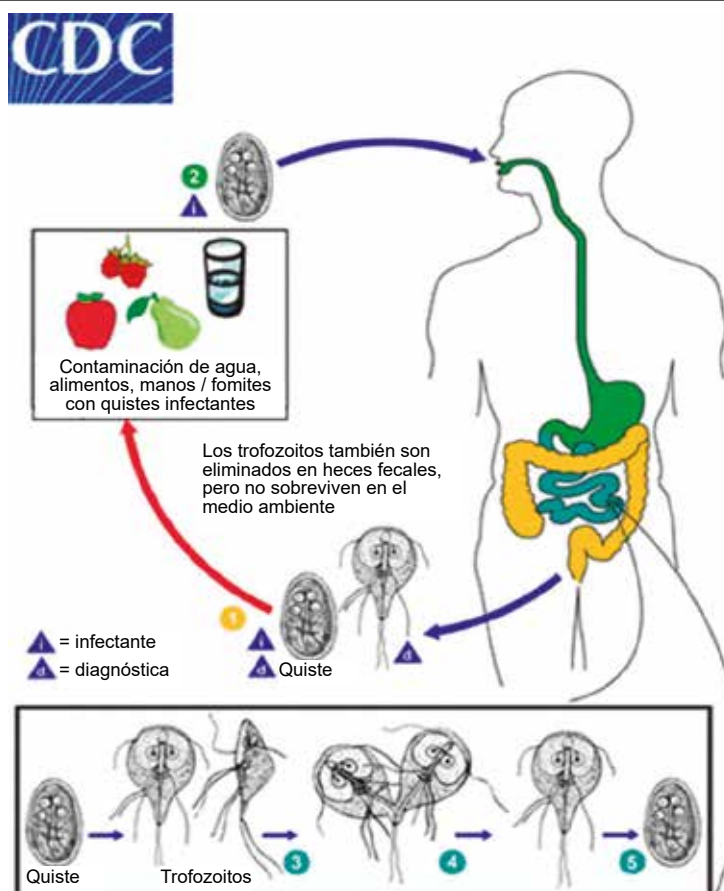


Figura 3. Etapas del ciclo biológico.

FIGURA 4. CICLO DE *GIARDIA SPP*

Fuente: CDC, 2017.



¿La cloración puede eliminar los quistes de protozoarios?

La cloración utilizada habitualmente elimina bacterias, pero no los quistes de los parásitos protozoos (Heller, Ly col., 2011; Loret J.F. *et al.*, 2008; ONU, 2016) .

Los quistes de ***Giardia*** y los ooquistes de ***Cryptosporidium*** son extremadamente resistentes al cloro y demás desinfectantes en las concentraciones que comúnmente se usan en la desinfección del agua (CONACYT, 1997; Aurazo DZM, s/f). Estos quistes y ooquistes son causantes de diarreas, como la amebiosis, criptosporidiosis y giardiasis (Heller, Ly col., 2011; Loret J.F. *et al.*, 2008; ONU, 2016).

La ingestión de agua contaminada con *G. lamblia* y *C. parvum* es el principal mecanismo de contagio con estos protozoarios. Por esta razón, para asegurar la calidad de los sistemas de tratamiento y distribución, hay que considerar las siguientes características:

1. Baja dosis infecciosa de 1- 10 quistes/ooquistes.
2. Resistencia elevada a los tratamientos de desinfección y potabilización del agua.
3. Tamaño pequeño, el cual les permite evadir las barreras de tratamiento (Lenntech, 2007).

Al respecto, Lura M. C. *et al.* (2002) refiere que “existe un alto riesgo de infección con protozoos intestinales cuando se consume agua contaminada, que sólo fue clorada antes de su distribución”. También Heller, L. y col. (2011) dice que “en la actualidad un gran reto para producir alto nivel de calidad del agua es controlar patógenos como *Giardia*, *Cryptosporidium* y virus entéricos”.

Loret J.F. *et al.* (2008) detectaron amebas de vida libre en un gran número de sistemas de agua, incluidos los sistemas de distribución de agua potable.

Al respecto, **es perentorio considerar que el abastecimiento de agua de buena calidad** era uno de los ocho componentes de la atención primaria de salud identificados en la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud, celebrada en Alma-Ata en 1978 (OMS, s/f). En este sentido, el concepto reglamentario de **potabilidad** debe coincidir con el de agua saludable y segura (SEDACUSCO S.A., 2001; Mc Junkin E., 2000).

Es necesario puntualizar que el acceso al agua potable y al saneamiento es esencial para los derechos humanos, la dignidad y la supervivencia de niños, mujeres y hombres de todo el mundo, en especial los más desfavorecidos. También es decisivo para avanzar en la **consecución de la Agenda 2030** para el Desarrollo Sostenible en su conjunto, puesto que el agua es un hilo conductor de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas interrelacionadas.

Los recursos más importantes de la salud pública para prevenir las enfermedades infecciosas y proteger la salud de las personas, además de ser esenciales para el desarrollo son:

1. El acceso al agua potable; y
2. El saneamiento adecuado (Rapaport J., 2006).

Villalva Balsa K.M. y col., pág. 92 (2020), en el artículo científico titulado “Estado trófico de la laguna de Piuray-Chinchero-Cusco” (Mendoza-Muñoz, Y. y col. pág. 38 (2020):

Metodología: Estado trófico de Carlson o Trophic State Index (TSI).

Estaciones de muestreo: 7.

Valores promedios de los principales parámetros físico-químicos. Temperatura: 15.75 °C, Turbidez: 13.40 NTU, pH: 8.71, Sólidos Totales Disueltos: 268.89 mg/l, Color: 29.50 u.c., Conductividad eléctrica: 382.52 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Oxígeno Disuelto: 4.62 mg O₂/l, Nitratos: 0.12 mg/l. Estos parámetros aún se encuentran dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA), emitidos según D.S. 002-2008-MINAM.

Se observan factores que influyen sobre la laguna: agricultura, ganadería, zona de viviendas y la zona de extracción de agua para el abastecimiento de la ciudad de Cusco.

Resultados

Comunidades planctónicas más abundantes basado en la propuesta de Prescott, (1959): División *Bacyllarophyta*. Comunidades zoo planctónicas clasificadas en base a la propuesta de Edmondson (1959). En función a la abundancia se determinó mayor presencia de Rotíferos y dos órdenes de Artrópodos, los Cladóceros y los Copépodos, que son indicadores de eutrofia.

Conclusiones

1. Productividad primaria la laguna de Piuray. Está clasificada en el rango de estatus nutricional mesotrófico con una productividad primaria promedio de 35.06 mg/m³/año.
2. La evaluación de los parámetros fundamentales del Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI). Presenta un carácter mesotrófico inicial, con un valor de 61.5, que es el mismo que fue corroborado con la metodología de la productividad primaria.

¿Qué es la eutrofización?

El conocimiento de qué es la eutrofización en la laguna de Piuray es relevante para facilitar acciones y otras actividades y procedimientos de recuperación. Para la calidad del agua se han utilizado organismos indicadores como las algas bentónicas, en particular las diatomeas. Algunas características importantes por las que este grupo se considera como buen indicador ecológico son su alta diversidad, sus ciclos de vida cortos y su respuesta rápida a las alteraciones del ambiente (Vázquez G., 2015).

En el diccionario castellano eutrofización significa *incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton*. La eutrofización produce de manera general un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad, principalmente en donde el uso de fertilizantes provoca que nitratos y fosfatos que lleguen a los arroyos por escurrimientos y favorecen su eutrofización. La eutrofización es el proceso de contaminación más importante de las aguas en lagos, balsas, ríos, embalses, etc. (IAGUA, 2019).

¿Cómo se produce el proceso de eutrofización?

Con las aguas ricas en nutrientes se facilita la proliferación de las algas. Cuando las algas mueren son descompuestas por las bacterias en procesos aeróbicos que consumen el oxígeno. Al terminarse el oxígeno, muchos restos orgánicos quedan depositados en el fondo sufriendo procesos anaeróbicos que desprenden H₂S (malos olores) y otros gases, dando un aspecto nauseabundo a las aguas en los casos de eutrofización extrema (Vázquez G., 2015).

En los Proyectos SNIP del municipio de Chinchero desde el año 2013, se puede verificar que ya se conocían varios temas relacionados con la contaminación de la laguna de Piuray que afectaban a la salud pública. En el Proyecto de Inversión Pública Código SNIP N.º 258494 del año 2013, se menciona lo siguiente en lo referente a las causas directas: “Alta exposición de la población a contaminación fecal. La población se encuentra expuesta a contaminación fecal debido a que sólo el 77.3% tiene alcantarillado y los desagües son vertidos de forma directa al dren de agua de lluvia o vertidos a la laguna existente, la cual al estar colapsada no trata los desagües (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2013).

La población que no tiene cobertura de alcantarillado hace uso de letrinas mal construidas o usa el campo abierto para hacer sus necesidades; estas acciones exponen a

las personas al contacto con las heces y materia fecal, incrementando las enfermedades. La descarga de desagües crudos o mal tratados al dren expone a la población colindante a éste, y la población que se encuentra aguas abajo está expuesta a contaminación fecal y malos olores, factores que también incrementan las enfermedades diarreicas agudas (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2013).

Planteamiento del problema. La actual situación de disposición de las aguas residuales y excretas está generando un efecto sobre la salud pública, al tener áreas expuestas a contaminación biológica por materia fecal y también un efecto sobre las aguas de la laguna de Piuray. Por tanto, el problema central viene a ser el incremento de las enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas en las comunidades de la microcuenca Piuray (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2013).

La **microcuenca de Piuray** cuenta con 10 sectores o comunidades; entre ellas se encuentra Huitapugio con 35 familias, Pucamarca con 88 familias, Ccorccor con 59 familias, Taucca con 74 familias, Cuper Alto con 110 familias, Cuper Bajo con 79 familias, Piuray con 77 familias, Umasbamba con 92 familias, Ocutuan con 121 familias y Pongobamba con 162 familias, siendo un total de 897 familias (4.07 habitantes por familia) y 4090 habitantes, todos pertenecientes al área rural. Las condiciones actuales del servicio son: en las comunidades que cuentan con redes de alcantarillado (Pongobamba, Cuper Alto y Pucamarca) en algunos casos las viviendas no tienen conexión domiciliaria, por lo que las aguas residuales son eliminadas a través de canales abiertos que dan a la parte posterior de las viviendas, o sencillamente se dejan escurrir en el patio de las casas o en terrenos colindantes, generando focos de contaminación que inciden en el deterioro de la salud de la población asentada en torno a estas áreas (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2013).

Con el propósito de reducir el riesgo de afectación de la disponibilidad de agua desde la laguna de Piuray, la EPS SEDACUSCO decidió invertir en la conservación de la laguna a través del Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MRSE), celebrando para ello un convenio para la conservación de los recursos hídricos con la comunidad de la microcuenca Piuray-Ccorimarca y la municipalidad de Chinchero. La EPS inició el diálogo con los comuneros y la municipalidad de Chinchero en el año 2012, lo que devino en la firma de un Convenio Tripartito de Cooperación Interinstitucional en 2013. El objetivo de este convenio es recuperar y restaurar el ecosistema de la Microcuenca Piuray-Ccorimarca y de los servicios ecosistémicos que éstos brindan.

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento de Cusco S.A. -EPS SEDACUSCO S.A., de acuerdo con la Ley General de Servicios de Saneamiento: Son obligaciones de las entidades prestadoras celebrar convenios con las municipalidades para presentaciones recíprocas de servicios. El centro de salud de Chinchero será el encargado de velar por los indicadores de salud de la población objetivo (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2013).

En el estudio de factibilidad, mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en la localidad de Chincheros, distrito de Chincheros, provincia de Urubamba (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2013), se menciona que “el propósito fue disminuir enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas de las comunidades de la microcuenca Piuray. El indicador fue: se reduce en un 80% la incidencia de EDAS y enfermedades dérmicas en las comunidades de la microcuenca Piuray. Medios de verificación: reporte de centro de salud de Chinchero.

El fin, la mejora de las condiciones de vida de la población de las comunidades de la microcuenca Piuray. El indicador: al culminar el horizonte de evaluación del proyecto, se disminuirá en un 20% la incidencia de EDAS en la población. Medios de verificación: evaluación de impacto (*ex post*), reportes estadísticos de DIRESA (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2015).

Causas del deterioro de las aguas de la laguna

- » Aumento de la población ubicada en las orillas de la laguna.
- » Fertilización de superficies cultivadas con abonos naturales y artificiales, nitrogenado y fosfatado.
- » Uso creciente de detergentes por los pobladores, indicador del proceso de deterioro de las aguas de la laguna.
- » Tendencia progresiva y gradual al aumento de las concentraciones de nitrógeno y fósforo en el agua de la laguna.
- » Disminución importante del contenido de oxígeno disuelto en las aguas del fondo de la laguna.
- » Presencia de plantas acuáticas (plantas sumergidas y anfibias) en las orillas de baja profundidad y en una amplia extensión de las zonas adyacentes a la clave de captación (estación de bombeo).
- » Ligera disminución del pH de las aguas profundas.

Resultado del estudio. La calidad del agua de la laguna para fines de consumo humano es excelente, pero existe el riesgo de perder estas cualidades según se incrementa el proceso de deterioro de las aguas de la misma (SEDACUSCO, 2001).

Los lagos pueden llegar a convertirse en un riesgo para la salud humana

La presencia de lagos en las ciudades hoy se considera un indicador de sustentabilidad y de salud de la ciudad (Almanza-Marroquin V. y col., 2016).

1. Por la presencia de floraciones tóxicas.
2. Por las altas concentraciones de bacterias y metales pesados (Almanza-Marroquin V. y col., 2016), protozoos patógenos.
3. La fuente de abastecimiento de agua puede tener influencia en la salud de los consumidores, por lo que debe prestarse especial atención en cuanto:
 - » A la calidad.
 - » A la protección.
 - » A la tratabilidad (García Z. C., 2004).

La fuente de agua puede ser alterada o contaminada por:

- » Tala de árboles y erosión.
- » Descarga de aguas negras.
- » Descarga de basuras.
- » Descarga de aguas industriales. (Macy JT. y col., 2006).

Almanza-Marroquin V. y col. (2016), mencionan que los **indicadores de eutrofización de los ecosistemas acuáticos** son:

- » La concentración de fósforo total (PT) correlacionada con la concentración de NT. Estos dos nutrientes pueden ser limitantes para el desarrollo de la biomasa de microalgas (clorofila-a) en un cuerpo de agua.
- » El exceso de nutrientes registrado explica la alta concentración de clorofila-a.
- » El oxígeno disuelto, que aumenta como consecuencia de la fotosíntesis, se identificó como una variable importante que modifica la concentración del fósforo en la columna de agua y se relaciona a su vez con su liberación desde los sedimentos.

¿Cuáles son los principales generadores de la eutrofización?

Por los informes de SEDACUSCO (2001), el municipio de Chincheros (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2013, Municipalidad Distrital de Chinchero, 2015 y Mendoza-Muñoz Y. y col., 2020, pág. 38), en resumen se tiene que los principales generadores de eutrofización y de contaminación fecal en la laguna de Piuray son:

- » Excrementos de las aves acuáticas.
- » Escorrentía de fertilizantes de zonas con cultivos adyacentes.

¿Qué son los bioindicadores de calidad del agua?

Los macroinvertebrados acuáticos

Son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas.

Sus poblaciones están conformadas principalmente por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos. Se les denomina macroinvertebrados porque su tamaño va de 0.5 mm hasta alrededor de 5.0 mm, por lo que se les puede observar a simple vista.

Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua. Los países de la Unión Europea y Norte América han sido los líderes en este proceso.

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente basándose en los análisis físico-químicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de los macroinvertebrados para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos. Los estudios basados en esta metodología han permitido un conocimiento del estado ecológico de los ríos y lagos europeos, lo cual sirvió de base para lograr una sorprendente recuperación de estos ecosistemas en los últimos 20 años.

De acuerdo con el conocimiento que se tenga de la fauna acuática en cada país, esta evaluación podrá hacerse con diferentes niveles de precisión.

Los índices son una de las formas numéricas biológicas que generan información y criterios para la evaluación de la contaminación, basados en la integridad ecológica. Estos índices pueden ser unimétricos, multimétricos, multivariados y de rasgos biológicos.

Para el ecólogo, un ecosistema acuático es un sistema funcional en el cual hay un intercambio cíclico de materia y energía entre los organismos vivos y el ambiente abiótico. Por lo tanto, la biología y la química están estrechamente relacionadas; en la evaluación de las aguas naturales y contaminadas juegan papeles complementarios. Esta herramienta es un buen complemento a la información de tipo físico-química y bacteriológica (Roldan-Perez, G., 2016).

Durante la presente Investigación canon, de noviembre de 2018 a febrero de 2019, el integrante Carlos Ricardo Ormachea evidenció el efecto antrópico negativo utilizando macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua. De los resultados destaca la presencia de oligoquetos, dípteros crustáceos de la Familia Hialelidae en uno de los tributarios de la laguna de Piuray, observándose los impactos negativos que se vienen generando en la microcuenca Piuray-Corimarcca por parte de los pobladores de la comunidad de Huila Huila, ocasionando una eutrofización acelerada de este afluente y de la laguna misma, perjudicando en primer lugar a la población aledaña y a las personas que hacen uso de este recurso a través de SEDACUSCO.

SEDACUSCO (2001, 2004, 2016) menciona que “la laguna Piuray tiene importancia por estar actualmente en explotación, al ser la fuente principal de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cusco; el sistema Piuray suministra de agua potable a la población asentada en el cercado de Cusco y parte del distrito San Sebastián. En el 2008 tuvo una tendencia decreciente en la producción del sistema Piuray, motivada por decisiones operacionales como medida de precaución ante el fenómeno de eutrofización presentado en la laguna de Piuray, donde se presentaron problemas relacionados con el deterioro de la calidad del agua, observándose cambios físicos, químicos y biológicos en el cuerpo de agua”.

La EPS SEDACUSCO en su memoria anual 2016 dice: “Para efectos de determinar el proceso de eutrofización de la laguna, además del estudio limnológico, es necesario evaluar las variaciones de la transparencia de las aguas y asociarlas con los cambios estacionales, sobre todo con los períodos de lluvias y estiaje; evaluar el comportamiento estacional del

fitoplancton y de las algas, sobre todo las cianofíceas y su tendencia a expandirse, presencia de algas conjugadas, apariciones bruscas de algunas especies de plancton y algas, cambios en las poblaciones de diatomeas.” (SEDACUSCO, 2001).

La afectación a la laguna de Piuray ha tenido repercusiones importantes. Es así que por ejemplo en el año 1998 se observó el crecimiento de algas, mientras que en el año 2008 se presentó un proceso trófico, presentándose organismos fotosintéticos. Así también, se tuvo un incremento de más del 200% en la presencia de nitratos, las unidades de color pasaron de 7 a 30, la turbiedad pasó de 4 a 16 UNT y el pH pasó de 7.5 a 8.8. Estos hechos incrementan el costo de producción de agua potable para la EPS (SEDACUSCO, 2001).

Algas diatomeas

Para estudiar la relación entre el uso de suelo y la calidad del agua, se han utilizado organismos indicadores como las algas bentónicas, en particular las diatomeas. Algunas características importantes por las que este grupo se considera como buen indicador ecológico son su alta diversidad, sus ciclos de vida cortos, y su respuesta rápida a las alteraciones del ambiente (Vázquez G., 2015).

En este mismo sentido, se tienen los resultados del estudio microscópico de los sedimentos a partir muestras de agua procedentes de la laguna de Piuray de la investigación (Mendoza-Muñoz, Y. y col., 2020, pág. 38), quienes reportaron dentro de sus resultados: presencia de microalgas de los géneros *Anabaena*, ***Cymbella*** y ***Navicula*** (taponadoras de filtros y que se encuentran en aguas contaminadas); la presencia de las microalgas indica que los métodos de coagulación y sedimentación no son muy efectivos.

La presencia de la microalga ***Navicula*** como la hallada en el estudio microscópico de la investigación de Mendoza-Muñoz, Y. y col. (2020, pág. 38) y el género “*Nitzschia* dentro del grupo de las Bacillariophyceae están indicando el impacto antropogénico causado por el vertimiento de residuos sólidos y desagües domésticos” (Velez-Azañero A. y col., 2016) en la laguna de Piuray.

Las diatomeas son reconocidas mundialmente como indicadoras de contaminación orgánica y eutrofización, pues como grupo poseen una amplia distribución, permitiendo la comparación en diversos hábitats. Son excelentes indicadores por su alta tasa reproductiva

y presentan una respuesta rápida a los cambios de las condiciones de los cuerpos del agua, y una pared de sílice resistente a los daños causados por la remoción a partir de un sustrato rígido (Vargas, E. y col., 2016).

La abundancia de las especies *Eunotia zygodon*, *E. camelus*, *E. serra*, *Encyonema mesianum*, *Stauroneis* sp., ***Cymbella*** naviculiformis y *Brachisira* sp decrecieron debido al incremento del pH, puesto que la deposición ácida ha tenido efectos significativos en comunidades acuáticas, incrementando las especies ácido tolerantes como diatomeas, registradas en ambientes con enriquecimiento de actividades agropecuarias (Morales Velasco S. y col., 2012).

¿Cuáles son las bases para la gestión de la laguna de Piuray?

La presencia de lagos en las ciudades hoy se considera un indicador de sustentabilidad y de salud de la ciudad.

Principalmente, la calidad del agua se ve afectada a través de la acumulación de nutrientes y otros contaminantes, por lo que en su mayoría se encuentran eutrofizados, siendo un problema en varias ciudades del mundo debido a que pueden llegar a convertirse en un riesgo para la salud humana por la presencia de floraciones tóxicas así como por altas concentraciones de bacterias y metales pesados (Almanza-Marroquín V. y col., 2016).

Es importante remarcar que las aguas negras o aguas servidas o aguas residuales deben ser descontaminadas o tratadas antes de su liberación en la naturaleza porque:

- a) Salva vidas y mejora la salud de los ecosistemas.
- b) Contribuye a fomentar el crecimiento sostenible.

Todos estos aspectos ya los hemos visto en el río Huatanay y ahora puede replicarse en la laguna de Piuray, por ello todo esfuerzo que se haga redundará en la salud de los mismos pobladores de Chinchero y de Cusco.

Para lograrlo se necesitaría la planificación urbana pertinente y adecuada; es más, si se espera un crecimiento acelerado en las próximas décadas sería imprescindible considerar la **rehabilitación de la laguna de Piuray**, para lo que es importante:

1. La delimitación de la faja marginal.
2. Conocer los valores actuales del índice trófico.
3. Trabajar en un mejor estado de la laguna de Piuray que permitiría:
 - Contribuir al uso eficiente y sustentable del recurso agua;
 - Mejorar el paisaje urbano; y
 - A largo plazo contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Serie de medidas que podrían contribuir a disminuir el actual estado eutrófico de los lagos, para la implementación de procedimientos o métodos se deben considerar:

Las particularidades de cada lago urbano en cuanto a su profundidad, variabilidad estacional y estado trófico (Almanza-Marroquín V. y col., 2016).

Un método efectivo de reducción de la eutrofización en lagos y embalses templados a largo plazo es:

- » La reducción de las entradas de fósforo total (PT) en la columna de agua de los sistemas acuáticos.
- » La reducción de los nutrientes en la columna del agua y sedimentos.
- » Así como de las variables que modifican su concentración (31).

Para la disminución de las cargas internas desde el sedimento, se pueden implementar diferentes medidas, como:

- » El sellado o remoción de los sedimentos.
- » La introducción controlada de macrófitas que, además de contribuir con la reducción de la resuspensión, favorece la regeneración del hábitat.
- » Mejoras en el flujo del agua.
- » Aireación de la columna de agua.
- » Recuperación de la ribera (arborización) y la implementación de humedales artificiales en las entradas puntuales (Almanza-Marroquín V. y col., 2016).

El tema del agua es de importancia mundial. El agua es parte de nuestra propia vida, más aun en el actual contexto de cambio climático, con deglaciaciones significativas observables a simple vista y con probable escasez del agua. Debemos recordar que todos somos cusqueños y que la ciudad de Cusco es patrimonio mundial y es turística, con tecnología hidráulica incaica; por todo ello merece una mejor calidad de agua segura para consumo humano.

En este entender, la “misión del Municipio de Chincheros es contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población, apoyando y facilitando el acceso de los servicios de agua potable y saneamiento a la población bajo su ámbito, concretar el desarrollo local” (Portal del Estado peruano, 2019); aunado a la visión de SEDACUSCO que es “ser la empresa líder en el mundo, ofreciendo un producto y servicio que cumpla con los estándares de calidad internacional, sostenibilidad y ecología” (SEDACUSCO, 2019); la misión de la ANA, que es “ejercer la rectoría técnica - normativa y establecer procedimientos para la gestión integrada, sostenible y multisectorial de los recursos hídricos en beneficio de los usuarios de agua y población en general, de manera oportuna y eficaz (ANA, 2019); así también la Misión de OEFA es “promover el cumplimiento de las obligaciones ambientales en los agentes económicos y la mejora del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA) de manera articulada, efectiva y transparente, contribuyendo con el desarrollo sostenible del país y el bienestar social” (OEFA, 2019); la misión de la Superintendencia Nacional de servicios de saneamiento (SUNASS) es “regular, normar y supervisar la provisión de servicios de saneamiento por parte de los prestadores, de forma independiente, objetiva y oportuna” (SUNASS, 2019); y la Investigación CANON-UNSAAC, de la que somos parte, tiene por finalidad colaborar en lograr que la efectividad sea positiva en favor de la salud, especialmente de los niños menores de 5 años.

La ONU (2016) dice que “el agua es un elemento esencial del desarrollo sostenible, los recursos hídricos y la gama de servicios que prestan juegan un papel clave en la reducción de la pobreza, el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental”.

Para lograr concertar misión, visión y objetivos se está concertando a través de las mesas técnicas y mesas de diálogo, que se vienen realizando desde abril y mayo de 2019. Si se logra la participación activa de la población de Chinchero en el sentido de colaborar en las acciones de mejorar su propia calidad de vida, iniciando con la implementación de la faja marginal y el cumplimiento de la normativa legal. Todas las instituciones antes mencionadas podrán cumplir su rol y la anhelada calidad de vida.

¿Qué normas de control se tienen?

Dentro del Estado de Derecho en el que todos los peruanos nos encontramos, para reclamar nuestros derechos también debemos cumplir las reglas, las normas, los decretos, las leyes. En este entender el conocimiento legal es muy importante.
(Ley de Recursos Hídricos 29338.)

¿Cuál es la importancia de la faja marginal?

Con la finalidad de comprender que la protección de la laguna de Piuray es indispensable para mantener la salud pública de los pobladores de Chinchero y de Cusco, se hace necesaria:

La Inspección sanitaria, que se compone de:

1. Evaluación de las condiciones físicas; y
2. Evaluación del estado de higiene.

Las condiciones físicas están relacionadas con la seguridad del componente, y el nivel de higiene con las prácticas de limpieza de los alrededores de la instalación (SEDACUSCO, 2001).

Para preservar la calidad sanitaria de las aguas de consumo en las fuentes de abasto, se debe observar lo siguiente:

- » El área establecida como zona de régimen estricto debe estar cercada y con acceso limitado.
- » No deben existir construcciones ajenas al servicio.
- » No aplicación de plaguicidas, fertilizantes y otras sustancias químicas.
- » No vertimientos de residuales líquidos o desechos sólidos.
- » No se debe permitir la presencia de animales.
- » En el área establecida como perímetro de restricción no se deben practicar deportes acuáticos, no debe existir acceso a animales, no vertimiento de residuales líquidos o desechos sólidos, no aplicación de sustancia químicas, no viviendas, industrias o instalaciones agropecuarias.
- » En el área establecida como perímetro de observación no debe existir disposición de residuales líquidos o desechos sólidos sin tratamiento adecuado.
- » Se deben realizar actividades de educación ambiental en poblaciones aledañas a las fuentes de consumo, con el objetivo de disminuir los posibles factores de riesgo contaminantes de las aguas y aumentar la exigencia por parte de los decisores involucrados en la preservación de estos recursos (Mendes Martinez], y col., 2007).

Del agua potable. Es el agua exenta de todo elemento, organismo o sustancia que ponga en riesgo la salud de los consumidores y que cumple con los requisitos microbiológicos, físicos, químicos y organolépticos que se especifican en las normas vigentes. Entiéndase también por agua para consumo humano (CONACYT, 1997, DIGESA, 2006).

De la calidad del agua de consumo humano. Está basado en los siguientes cinco principios:

1. Prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo de agua apta para consumo humano.
2. Protección de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano.
3. Adecuado proceso de tratamiento, distribución y almacenamiento del agua para consumo humano.
4. Control de la calidad del agua para consumo humano por parte del abastecedor de agua, basado en el análisis de riesgos y de puntos críticos de control en el proceso.
5. Derecho del consumidor a la información sobre la calidad del agua suministrada (DIRESA, 2001).

Estándares requeridos para la calidad de agua potable

CUADRO 1. PARÁMETROS, ESTÁNDARES, CRITERIOS DE CALIDAD Y REFERENCIAS LEGALES

Fuente: CONACYT, 1997; OMS, s/f; DIGESA, 2006; DIRESA, 2001; OPS. OMS, 2004; OMS, 2006.

Parámetros Unidades	Estándar (referencial) Valor máximo admisible- LMP	Valor recomendado - LMP	Criterios de calidad	Referencias
Cloro residual libre (mg/L)	1.0 mg/L	0.5 mg/L	El 80% de las muestras debe contener > 0.5 mg/L El 20% de las muestras puede contener > 0.3 - < 0.5 mg/L	Directiva sobre desinfección del agua R.S. N.º 190-97 SUNASS
Ph	6.5 – 8.5	No debe ser mayor de 10.6 y la alcalini- dad a carbonatos no excederá 120 mg/L	N.A.	Directiva sobre desinfección del agua R.S. N.º 1121-99-SUNASS.
Color verdadero (UC) mg/L (Pr-Co)	15		N.A.	NTP 214.003-87: ITINTEC
Olor y sabor (N.º de umbral de olor y sabor)	N.A.	N.A.	Inofensivo a la mayoría de consumidores.	NTP 214.003-87: ITINTEC
Organismos patógenos- Parásitos y protozoos	Ausencia (9)			NTP 214.003-87: ITINTEC

Donde: NA = No aplica - LMP = Límite Máximo Permisible

NTP = Norma Técnica Peruana e ITINTEC = Instituto de Investigación Tecnológica Industrial

CUADRO 2. REGULACIONES PARA EL AGUA POTABLE, EPA - 2011

Fuente: Menocal Heredia, L. y col., 2014.

Indicador	Nivel máximo		Técnica de trata-miento
	Meta	Admisible	
<i>Cryptosporidium spp</i>	-	Técnica de tratamiento. (Proceso requerido para reducir el nivel de contaminación en agua potable)	Sistema con filtros deben remover el 99% de ooquistes de <i>Cryptosporidium</i>
<i>Giardia lamblia</i>	-	Técnica de tratamiento. (Proceso requerido para reducir el nivel de contaminación en agua potable)	99.9% muertos / inactivos

Referencias bibliográficas

- Almanza-Marroquín Viviana, Figueroa Ricardo, Parra Oscar, Fernández Ximena, Baeza Carolina, Yañez Jesús *et al.* 2016. Bases limnológicas para la gestión de los lagos urbanos de Concepción, Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res. [Internet]. 2016 Mayo [citado 2019 Mayo 20] : 44(2) : 313-326. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So718
- Aurazo De Zumaeta Margarita. s/f Capítulo 2. Aspectos biológicos de la calidad del agua. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual1/tomol/dos.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. Portal de transparencia. [Internet]. 2019. [citado 2019 Mayo 24]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/nosotros/la-autoridad/mision-vision>
- Bokova Irina. UNESCO. Dia mundial del agua 2017. Las aguas residuales, el recurso desaprovechado. <http://www.unesco.org/new/es/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-days/world-water-day-2017/>
- Carbajal Fabela Alondra Viridiana. Estudio de identificación de *Giardia spp.* en perro (*Canis familiaris*) de la Zona Centro de Valle Bravo. 2016. [Citado el 179 de mayo del 2019]. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Tesis. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66306/TESIS%20ALONDRA%20VIRIDIANA%20CARBAJAL%20FABELA-split-merge.pdf?sequence=3>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2017. Giardiasis. <https://www.cdc.gov/dpdx/giardiasis/index.html>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2019. Criptosporidiosis. <https://www.cdc.gov/dpdx/cryptosporidiosis/index.html>
- CONACYT. 1997. Compendio de norma técnica de calidad de agua potable. Agua. Agua Potable. Aprobado como NSO 13.07.01:97. [En línea] [URL: http://www.gaisa-mspas.gob.sv/vagua/COMPENDIO_A_%20POTABLE.pdf]
- DIGESA. 2006. EL PERUANO diario Oficial. Ministerio de Salud. Prepublicación. Anteproyecto de reglamento de la calidad del agua para consumo humano. 24 de febrero 2006. Barraza Soto Gerardo Director. http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/reglamento_agua.pdf
- DIRESA CUSCO. 2001. (DIRECCION REGIONAL DE SALUD CUSCO). DIRECCION DE EPIDEMIOLOGIA. 2001. Análisis de situación de salud y determinación de prioridades sanitarias. Dr. Edgar Briceño Ocampo: Director General. Análisis De La Situación De Salud Elaborado Por: Dra. Marina Ochoa Linares: Directora De Epidemiología. Sr. Santiago Quispe Peralta: Apoyo Informático. Sr. Edgar Cap-

- cha Salcedo: Apoyo Informático. Fuentes De Información: Dirección De Epidemiología. Dirección De Estadística E Informática. Dirección De Atención De Salud A Las Personas. Dirección De Planificación Y Presupuesto. <http://www.diresacusco.gob.pe/inteligencia/epidemiologia/asis/ASIS%202006/BIBLIOTECA%20ASIS/ASIS%20CUSCO%202001.pdf>]
- E.P.S. SEDACUSCO S.A. Memoria 1998 - 2004. "Visita guiada para Coordinadores de clubes ecologistas, al Sistema Vilcanota". 19 de julio del 2003). Plan Maestro optimizado 2012-2016 EPS SEDACUSCO S.A.
- ENTIDAD MUNICIPAL PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO De Cusco S.A. EPS SEDACUSCO S.A. 2001. Memoria 2000. Cusco Perú. [En línea]. [URL: <http://www.sedacusco.com.pe/>]
- EPS SEDACUSCO S.A. 2001. Equipo funcional control de calidad y monitoreo ambiental. Calidad del agua que se suministra a la población de Cusco. 2001. Oficina de imagen Institucional. Tef 228050. Cusco. Perú.
- EPS SEDACUSCO S.A. 2016. Plan Maestro optimizado 2012-2016. [Internet]. Disponible en: <http://www.sedacusco.com/docs/PMO2012-2016.pdf>
- EPS SEDACUSCO S.A. 2001. Equipo funcional control de calidad y monitoreo 2016o ambiental. Calidad del agua que se suministra a la población de Cusco. 2001. Oficina de imagen Institucional. Tef 228050. Cusco. Perú.
- EPS SEDACUSCOS S.A. Misión visión y principios. [Internet]. 2019. [citado 2019 Mayo 24]. Disponible en: <https://www.sedacusco.com/?s=mision>
- Espigares García M. Pérez López J.A. Aguas residuales. Composición. Universidad de Granada. Servicios de publicaciones. Granada 1985. [Internet] Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- Fondo Nacional De Capacitación Laboral Y Promoción Del Empleo. 2004-2006. Fórmula del Análisis Costo efectividad. Lima Perú. [Internet]. [citado en el 2008 y el enero 2019]. URL: <http://www.fondoem-pleo.com.pe/costo-beneficio7.htm> y <http://fondoempleo.com.pe/nuestra-organizacion/>]
- Friedlander, Paul. - CEPIS/ IRC. 1990. Water for the urban poor. Waterlines: journal of appropriate water supply and sanitation technologies. (9(1):6-8) Julio. México.
- García Zárate César consultor. 2004. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima. 2004. Diagnóstico Sobre La Situación De Los Sistemas De Vigilancia Y Control De La Calidad De Agua Para Consumo Humano. OPS OMS CEPIS.
- Guías OMS para la calidad del agua de bebida. 2000. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/caliagua/guiasoms.html>
- Heller Léo, Vieira Maria Berenice Cardoso Martins, Brito Ludmila Ladeira Alves de, 2016 Salvador Daniella Pedrosa. 2011. Association between the concentration of protozoa and surrogates in effluents of the slow sand filtration for water treatment. Braz. J. Microbiol. [periódico en Internet]. 2007 Jun [citado 2011 Jun 15] ; 38(2): 337-345. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822007000200029&lng=pt. doi: 10.1590/S1517-83822007000200029
- Hernández-Gallo Nicolás, Cortés-Vecino Jesús A. 2012. Prevalencia y factores de riesgo de Cryptosporidium spp. y Giardia spp. en terneros de ganado lechero de la zona noroccidental de la Sabana de Bogotá Rev. [Internet]. Salud pública. 14 (1): 169-181, 2012. https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/rsap/v14n1/v14n1a14.pdf https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2016000200012
- IAGUA. 2019. Smart Water Magazine. Eutrofización: causas, consecuencias y soluciones. <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones>

- JAVIER VELÁSQUEZ QUESQUÉN Presidente del Congreso de la República. Ley de Recursos Hídricos. [Internet]. 2009. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/media/316755/leyrh.pdf>
- La contraloría General de la Republica. 2017. Oficio N.º 00004-2017.CG/DC. Solicita informe a Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. http://lfweb.contraloria.gob.pe/BuscadorInformes/o/edoc/3528557/Informe_Control_00002-2017-CG-PREV.pdf
- LENNTECH. 1998-2007. Estándares de calidad del agua potable. Valores guía de la OMS 1993, 1995 y 2004. <http://www.lennotech.com/espanol/est%C3%A1ndares-de-calidad-del-agua.htm>] Holanda España México Estados Unidos Chile Perú Argentina. <http://www.lennotech.com/espanol/Desinfeccion-del-agua/Necesidad-desinfeccion-agua.htm>
- Loret, J. F., M. Jousset, *et al.* (2008). "Amoebae-resisting bacteria in drinking water: risk assessment and management." *Water Sci Technol* 58(3): 571-577. on physical removal rather than disinfection should be adopted where necessary.
- Lura, María C; Beltramino, Daniel; Abramovich, Beatriz; Carrera, Elena; Haye, Miguel A; Contini, Liliana. 2002. El agua subterránea como agente transmisor de protozoos intestinales. *Rev Chil Pediatr*; 73(4): 415-424, jul.-ago. 2002. Tab. [LILACS ID: 325999] Idioma: Español. URL: <http://pesquisa.bvsalud.org/regional/resources/lil-325999>
- Macy Jonathan T. Y Quick Robert E. 2000 y 2006. Tecnologías Apropriadas de Agua y Saneamiento. Abastecimiento y Calidad de Agua. [En línea]. Organización Panamericana de la Salud OPS. CDC. (Anual). [Setiembre 2000 y marzo 2006]. Disponible en: <http://www.disaster-info.net/disaster-info.net/desplazados/publicaciones/Saneamiento/1/index.htm>].
- Mc Junkin F. Eugene. 1988 - 2000 Agua y salud humana. OPS Oficina Sanitaria Panamericana. OMS Oficina Regional. México. Editorial Limusa S.A. de C.V. Serie paltex # 12. Segunda reimpresión
- Méndez Martínez J, Guerra Báez E, Bayón Llorén M, Moreno Manríquez I. 2007. Calidad sanitaria del agua en principales fuentes de abasto de la ciudad de Matanzas. *Rev méd electrón [Seriada en línea]* 2007; 29(5). Matanzas. Cuba. 2007. URL:<http://www.cpimtz.sld.cu/revista%20medica/ano%202007/vol5%202007/%20tema%201.htm>]
- Mendoza Muñoz Yanet. s/f Gestión Estratégica En La Vigilancia De La Calidad Del Agua Potable En El Cusco. En Mendoza-Muñoz Yanet, Costa Taborga Juan F., Curo Miranda Jorge Luis, Ocampo Huaycho Aldo, Dueñas Quispe Julio C. 2020. Pág. 38. *Libro De Resúmenes del Congreso Científico Internacional Sistema de Múltiples Barreras Para La Preservación Del Agua Segura y Saludable*. 2020. Pp 155. Proyecto Canon. Depósito legal en la Biblioteca Nacional N.º 2021-00658. ISBN: 978-612-4236-26-6. Edición virtual, enero de 2020. Cusco – Perú: Editorial **VRIN-UNSAAC**. <http://vrin.unsaac.edu.pe/data/494-Libro-Agua-Segura-Resumenes.pdf>
- Menocal Heredia Lenina Tamara, Caraballo Sánchez Yuria Ysabel. 2014. Importancia de la vigilancia de los parásitos en la calidad del agua, según su uso. Instituto nacional de higiene, epidemiología y microbiología (INHEM). La habana Cuba. *Rev Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2014;52(2). Disponible en:http://www.bvs.sld.cu/revistas/hie/vol52_2_14/to206214.gifhttp://www.bvs.sld.cu/revistas/hie/vol52_2_14/hie06214.htm
- Ministerio De Salud Del Perú. Mayo 2003. Conclusiones De La Segunda Evaluación De Proyectos Institucionalizados Con Cooperación Internacional. [En línea] [URL: <http://www.minsa.gob.pe/ogci/servicios/evaluaciones/CONCLUSIONES%20SEGUNDA%20EVALUACION%202003.doc>]
- Morales Velasco, Sandra, Salazar Sánchez Margarita. 2012. Diatomeas Perifíticas De Lagos Con Diferente Estado Trófico En El Departamento Del Cauca (Colombia). No. 35, julio - diciembre 2012. *Luna Azul* ISSN 1909-2474. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n35/n35a02.pdf>

- Municipalidad Distrital de Chinchero. 2013. Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil Informe Final. Abril 2013. [Citado el 06 de mayo del 2019]. http://www.proinversion.gob.pe/snip/consulta_snip.asp?codigo=258494)
- Municipalidad Distrital de Chinchero. 2013. Proyecto de Inversión Pública Código SNIP N.º 258494. Del 03 de del 2013. Instalación de la red de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de comunidades de la Microcuenca Piuray. Distrito de Chinchero – Urubamba – Cusco. Localidad de la Microcuenca Piuray (Pongobamba, Umasbamba, Pucamarca, Cuper Alto, Cuper Bajo, Taucca, CCorccor, Ocutuan, Piray y Huitapujio. Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil Informe Final Abril 2013. [Internet]. 2013 y 2018. <http://ofi4.mef.gob.pe/bp/ConsultarPIP/frm-PIP.asp?codigo=258494> y http://www.proinversion.gob.pe/snip/consulta_snip.asp?codigo=258494)
- Municipalidad Distrital de Chincheros. 2015. Estudio de Factibilidad: Mejoramiento Y Ampliación De Los Sistemas De Agua Potable Y Alcantarillado En La Localidad De Chincheros - Distrito De Chincheros – Provincia De Urubamba – Región Cusco. Código SNIP 343733. 2015. Disponible en: http://www.proinversion.gob.pe/snip/consulta_snip.asp?codigo=343733
- OEI - Organización De Los Estados Iberoamericanos Para La Ciencia Y Cultura. 2006. El agua recurso vital (Andrea Griselda Rincón). 2005. Citado en julio 2006. República Dominicana. [En línea] [URL: <http://www.oei.org.co/fpciencia/art20.htm#3.5>]
- OMS. 2006. Agua, saneamiento y salud. Calidad del agua potable. [serie Internet] [Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/] (123.d).
- OMS. s/f. Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición-. Volumen 1. ISBN 92 4 154696 4 file:///C:/Users/User/Documents/Downloads/220%20(1).pdf
- ONU. Objetivos de desarrollo sostenible. 2016. 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Día mundial del agua. 22-03-2016. [Internet]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/events/dia-mundial-del-agua/>
- ONU. 2016. Objetivos de desarrollo sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Día mundial del agua. 22-03-2016. [Internet]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/events/dia-mundial-del-agua/>
- OPS. OMS. CEPIS/OPS. 2004. Diagnóstico sobre la situación de los sistemas de vigilancia y control de la calidad de agua para consumo humano. 2004. Lima. [En línea] URL: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/i118-04Diagnostico.pdf>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). 2019. [citado 2019 Mayo 24]. <https://www.oefa.gob.pe/somos-oefa/vision-y-mision>.
- Portal de Estado Peruano. Municipalidades. Municipalidad Distrital de Chinchero. 2019. [citado 2019 Mayo 24]. https://www.peru.gob.pe/directorio/pep_directorio_detalle_institucion.asp?cod_institucion=11053
- Portal de transparencia de la SUNASS. Misión y visión. [Internet]. 2019. [citado 2019 Mayo 24]. Disponible en: <https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/quienes-somos/mision-y-vision>
- Rapaport Jonathan. 2005-2006. Agua y saneamiento. Diccionario de acción humanitaria y cooperación al desarrollo. [En línea] [URL: <http://dicc.hegoa.efaber.net/listar/mostrar/8>] [Mayo 2006]
- Reateguá Elía Rosa Amelia. Abril 2004. Módulo III: Agua segura y saneamiento. Curso de especialización en Gestión de la Salud Ambiental en Establecimientos de Salud. Lima (Cusco) Perú. Universidad Ricardo Palma Facultad De Medicina Humana.
- Resolución Directoral Nro. 389-2020-AMA-AAA-UV de fecha 14 de octubre 2020. Procedimiento administrativo Sancionador contra la Municipalidad distrital de Chinchero por la presunta infracción d la Ley RH N! 29338 y su reglamento. <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/58-RD-0389-2020-04.pdf>

- Rodriguez Pimentel Hector. Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. Ilagua Magazine.23 [Internet]. 2019. [citado 2019 Mayo 24]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Rojas Ricardo Asesor OPS/CEPIS. 2002. Guía Para La Vigilancia Y Control De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano. Lima, Perú. Con el auspicio de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. http://www.crid.or.cr/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14574/doc14574-contenido.pdf
- Roldán-Pérez Gabriel. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. eISSN 2382-4980 ISSN 0370-3908 DOI: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>. Vol. 40, Núm. 155 (2016) <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/335>
- SUNASS. Nº 10 -2006-SUNASS-CD. Aprueban Sistema de Indicadores de Gestión de las Empresas de Servicios de Saneamiento. RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO. 11 marzo 2006. http://www.sunass.gob.pe/docs/normas%20legales/normas_2004.htm
- Universidad Peruana Cayetano Heredia. Centro De Salud Pública. Diciembre 1997. Curso Gerencia en Servicios de salud. "Calidad total en los servicios salud. Módulo V. Lima Perú.
- Uribarren Berrueta Teresa. 2018. Cryptosporidiosis O Cryptosporidiasis O Criptosporidiosis. Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. 2018 <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/parasitologia/cryptosporidiasis.html>
- Valenzuela Warthon Aydee. 19942005 Manual de análisis microbiológico de aguas. DIGESA. Lima Perú. 1994
- Vargas, Edwin; Umaña-Villalobos, Gerardo; Silva-Benavides, Ana Margarita. 2016. Tolerancia de diez especies de diatomeas (Bacillariophyceae) a los factores físicoquímicos del agua en el Río Sarapiquí, Costa Rica Revista de Biología Tropical, vol. 64, núm. 1, marzo, 2016, pp. 121-131 Universidad de Costa Rica San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Revista de Biología Tropical ISSN: 0034-7744 rbt@cariari.ucr.ac.cr Universidad de Costa Rica Costa Rica.Céspedes- <http://www.redalyc.org/pdf/449/44943437011.pdf>
- Vázquez Gabriela. 2015. diatomeas de arroyos de la cuenca alta del rio La Antigua. Veracruz. Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, A.C. . Boletín de la Sociedad Mexicana de Ficología. Vol 1. N.º3 (2015). Cymbella. Revista de investigación y difusión sobre algas. México, https://www.cymbella.mx/articulos/03/Diatomeas_de_arroyos_de_la_Cuenca_alta_del_Rio_la_Antigua.html
- Vélez-Azañero Armando, Lozano Sebastián, Cáceres-Torres Keytel. 2016. Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la Cuenca Baja del Río Lurín, Lima, Perú. Ecol. apl. [Internet]. 2016 Jul [citado 2019 Mayo 19] ; 15(2): 69-79. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162016000200002&lng=es. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.745>
- Veney J. Y Kalusny AD. 1998. Resumen sobre la calidad. MSP-UNSAAC. J. Veney y A.D. Kalusny y Pabón. 1985. Evaluación J. Veney y AD. Kalusny 1998. Evaluación, ex ante y ex post. Pabón 1985, modificado por Axel Kroeger, Wolfgang Bichmann, David Griffith y Carlos Montoya Aguilar. 1990:49-56.
- Villalva Balsa K.M. y col. (2020), pág. 92, Artículo científico: Estado trófico de la laguna de Piuray-Chinchero-Cusco. En Mendoza-Muñoz Yanet y col. *Libro De Resúmenes Del Congreso Científico Internacional Sistema de Múltiples Barreras Para La Preservación Del Agua Segura y Saludable*. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional N.º2021-00658. ISBN: 978-612-4236-26-6. Edición virtual, enero de 2020. Cusco Perú. <http://vrin.unsaac.edu.pe/data/494-Libro-Agua-Segura-Resumenes.pdf>

8. LA RESPUESTA DE SEDACUSCO S.A. HECHOS CONCRETOS

Yanet Mendoza-Muñoz
y Equipo de Investigación Agua Piuray

Setiembre de 2022: El proyecto de la Planta de Pretratamiento del Sistema Piuray (EPS SEDACUSCO S.A. 2022)

Los parámetros de calidad de agua de esta fuente, que data todavía de la década de los años setenta, que han permitido contar únicamente con una planta de tratamiento de filtración y cloración directa

Ello hace necesario pre tratar el agua de esta fuente de captación, antes de su ingreso a la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santa Ana.

Para tal efecto la EPS SEDACUSCO S.A., en concordancia con sus objetivos institucionales de mejorar la calidad del agua potable para la ciudad de Cusco, viene ejecutando el proyecto de la Planta de Pretratamiento del Sistema Piuray.

La planta de pretratamiento

- Permitirá tratar el agua proveniente de la laguna de Piuray mediante la filtración de partículas de mayor tamaño con un micro filtrado grueso.
- Para una mayor eficiencia en la remoción de partículas grandes no removidas por la sedimentación
- Con un polímero aniónico y la respectiva cloración, antes de ingresar a la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santa Ana.

Además, el proyecto contempla...

- Una estación de bombeo, sedimentadores, tanque elevado, micro tamiz y un sistema de tratamiento de aguas residuales.
- De esta manera la EPS SEDACUSCO busca garantizar eficientemente la calidad del agua filtrada y clorada que viene de la fuente de captación del Sistema Piuray.
- Sin turbiedad antes de que las tuberías lleguen a la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santa Ana, con el fin de seguir brindando un buen servicio en materia de saneamiento a la población cusqueña (EPS SEDACUSCO S.A. 2022).

La Entidad Municipal Prestadora de Servicios de Saneamiento de Cusco, EPS. SEDACUSCO S.A., encargada de administrar los servicios de agua y alcantarillado de aproximadamente el 90% de la ciudad de Cusco, ampliando la cobertura, impulsando mayores inversiones para mejorar la calidad de vida de la población cusqueña, actualmente viene ejecutando el proyecto **“Creación de la Planta de Pretratamiento del Sistema Piuray, Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba, Departamento de Cusco”**, con un presupuesto superior a los 17 millones de soles (EPS SEDACUSCO S.A. NP 046 2022).

Esta obra nace como una necesidad de intervenir la actual infraestructura existente en la laguna de Piuray, que constituye una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Cusco, suministrando en la actualidad a un total de 16,350.00 conexiones domiciliarias de agua potable con una producción de 673,369 metros cúbicos, que representa el 38% de la totalidad de producción de la EPS. SEDACUSCO (EPS SEDACUSCO S.A. NP 046 2022).

El proyecto “Creación de la Planta de Pretratamiento del Sistema Piuray, Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba, Departamento de Cusco” contempla, dentro de la construcción de toda la infraestructura, las siguientes obras civiles: caja de derivación, estación de bombeo, batería de sedimentadores, tanque elevado de 10m³, micro tamiz, cámara de paso, cisterna y caseta de bombeo, laboratorio para control de procesos, sala de dosificación, cisterna de desagüe, lechos de secado, sistema de tratamiento de aguas residuales y obras exteriores (EPS SEDACUSCO S.A. NP 036 2022).

Fuente de captación el año 2020: Piuray 40.8%

Mantenimiento de redes. Las actividades ejecutadas principalmente responden al mantenimiento correctivo de las redes de agua potable. Este mantenimiento preventivo se realiza con los programas de mejoramiento y renovación de redes, tanto de agua potable como desagüe, los mismos que se ejecutan sobre todo en vías que se encuentran en proceso de pavimentación por las diferentes municipalidades que conforman la ciudad de Cusco (Cusco, Santiago, Wanchaq, San Sebastián, San Jerónimo, últimamente Poroy y Saylla), así como entidades subnacionales como la Región de Cusco, Plan COPESCO, etc. (SEDACUSCO, 2021) El tipo de material de las tuberías que conforman las líneas de conducción, interconexión, aducción, impulsión y distribución es muy variada, debido a la existencia de tuberías de concreto reforzado, PVC, fierro fundido, asbesto cemento, hierro dúctil, etc. (SEDACUSCO S.A., 2021). Sin embargo, hasta la fecha la laguna de Piuray no cuenta con la faja marginal.

Referencias bibliográficas

- EPS SEDACUSCO S.A. 2021. Memoria anual 2020. <https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2020.pdf>
- EPS SEDACUSCO S.A. 2022. Notas de Prensa N.º 036. SEDACUSCO viene ejecutando la obra planta de pre tratamiento de agua potable – Piuray en el distrito de Chinchero <https://www.sedacusco.com/comunicados/nota-de-prensa-n-036-sedacusco-2022/>
- EPS SEDACUSCO S.A. 2022. Notas de Prensa N.º 046. Modificado por última vez: Septiembre 22, 2022. Planta de pre tratamiento de agua potable – Piuray registra un 26% de avance físico . <https://www.sedacusco.com/comunicados/nota-de-prensa-n-046-sedacusco-2022/>

9. EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DEL AGUA. LA CALIDAD EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA, 2019

Nicole Adriana Luque-Callo

Yanet Mendoza-Muñoz

del equipo de Investigación Agua Piuray

Introducción

El agua es un elemento indispensable para la vida en la Tierra; el planeta está formado aproximadamente por tres cuartas partes de agua. No obstante, apenas el 0.62 por ciento es apta para el consumo humano lo cual, sumando la escasez de este recurso en algunas regiones, hace que el agua dulce sea un recurso muy valioso (Salamanca, 2014).

SEDACUSCO S.A. en su memoria anual de 2019, menciona que el producto final del tratamiento del agua es el agua potable, completamente garantizada y que ha pasado por todos los controles de calidad, desde la fuente, líneas de conducción, plantas de tratamiento, reservorios de almacenamiento, y finalmente en las redes de distribución (SEDACUSCO S.A., 2020).

En el proceso de tratamiento del agua, **la fase de filtración es una clave** para que el agua distribuida sea un agua apta para el consumo humano, que contribuya a mantener la salud y evite enfermedades. Por esta razón se ha realizado la investigación titulada “Eficacia de los filtros horizontales de la Planta de Tratamiento de Agua Potable - Santa Ana - EPS SEDACUSCO 2019”. Por otra parte, los resultados obtenidos se alcanzarán a la EPS SEDACUSCO con el fin de mejorar el manejo integral y el tratamiento del agua del sistema Piuray, contribuyendo a preservar la salud y desarrollo de la población usuaria.

Objetivos

General: Analizar la eficacia de los filtros horizontales en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santa Ana EPS SEDACUSCO S.A.

Específicos:

1. Evaluar el estado de conservación de la infraestructura y operatividad de los filtros

horizontales en el tratamiento de agua potable de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Ana.

2. Determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras de agua antes y después de pasar por los filtros de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santa Ana.

Marco teórico

Antecedentes internacionales

Pérez, A.; Díaz, J.; Salamanca, K.J. et al. (2016). Artículo de investigación de tipo experimental “Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw y Olla Cerámica”. La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad de Boyacá (Tunja, Colombia), con una duración 6 meses, usando ambos tipos de filtros.

En la fase de experimentación se desarrollaron tres fases:

Primero se preparó un sustrato sintético para filtrar con variables ajustadas (se preparó con turbiedad de 30 UNT, STD de 1500mg/L y *E. coli* de 1×10^5 UFC/100ml).

Segundo se realizó la parte de operación y mantenimiento de ambos filtros.

Tercero se realizaron los análisis estadísticos que se basaron en un modelo al azar, tomando como variables de respuesta turbiedad y *E. coli*, en los cuales se utilizaron herramientas de estadística descriptiva y análisis de varianza ANOVA, y finalmente usaron el software “R-project”.

Los autores concluyen que ambos filtros son útiles para la reducción de los parámetros estudiados en el trabajo de investigación,

La disminución de la eficiencia de los filtros se podría deber a una mala limpieza. Dar mantenimiento a los sistemas de filtración es fundamental para su rendimiento, siendo indispensable tener el cuidado correspondiente al manipularlos (Pérez, A. et al., 2016).

Pérez, A.; Delgado, L.G; Escobar, J.C. et al. (2018). Artículo científico “Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en Plantas Convencionales de Tratamiento de Agua”, realizado en el río Cauca, Colombia.

Las variables tomadas fueron:

Físico-químicas: pH, alcalinidad total, turbiedad, color aparente, carbono orgánico total, hierro total, cloro residual; y

Microbiológicas: bacterias heterotróficas, *E. coli*, estreptococos fecales y *Clostridium perfringens* (APHA/WWA-WEF, 2012).

En la filtración se encontraron tres eventos peligrosos:

- a) La incorrecta operación de los filtros;
- b) El deficiente lavado de los filtros; y
- c) La elevada contaminación orgánica de la fuente (Oxígeno Disuelto-OD menor o igual a 3.0 mg/L), este último consecuencia de los eventos peligrosos sin medidas de control de las anteriores fases del proceso de la PTA.

Finalmente concluyen que el seguimiento continuo de la eficacia de las medidas de control se debe realizar durante todo el procedimiento de tratamiento de las aguas de consumo.

Uno de los puntos críticos de control en las plantas de tratamiento es la fase de la filtración (Pérez, A. *et al.*, 2018).

Antecedentes locales

SEDACUSCO S.A. (2020), en su memoria de 2019, informa acerca de los filtros de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Santa Ana, Cusco.

La empresa francesa Degrémont implementó las unidades de:

- a) Tratamiento (floculación - filtros - desinfección); y
- b) Pruebas post operatorias, en el año 1972.

Sigue operando hasta la actualidad y está cumpliendo 50 años de labor ininterrumpida y de servicio a nuestra ciudad (SEDACUSCO S.A., 2020).



Figura 1. PTAP Santa Ana: 50 años velando cada día por la salud.

Fuente: SEDACUSCO S.A., 2020.

Construcción de la planta de tratamiento de agua (SEDACUSCO S.A. 2020)

Patentada con métodos de filtración directa Patente Degrémont:

- » Crearon en el mundo tres plantas piloto de 350 litros por segundo de capacidad con toberas de filtración, que fueron instaladas una en Arabia, otra en Curitiba (Brasil) y la tercera en Cusco (Perú).
- » Capacidad de operación de 300 litros por segundo.
- » Implementada con una batería de 10 filtros rápidos horizontales a presión. Cerradas e idénticas en su operación y mantenimiento, dispuestas en forma paralela en pares de cinco filtros (SEDACUSCO S.A. 2020).
- » Tienen como particularidad unos dispositivos conocidos como toberas de filtración de cola larga, fabricadas en material de polipropileno de alta densidad.
- » Los filtros tienen forma cilíndrica horizontal, divididos transversalmente por la mitad con una plancha metálica, que cruza de extremo a extremo interiormente de forma horizontal; adosados a esta plancha metálica hay 970 a 980 toberas de filtración, que están sujetadas por una contratuerca por la parte baja.
- » La peculiaridad está en que las cabezas se encuentran al filo de la plancha metálica; estas cabezas cuentan con unas ranuras milimétricas que permiten el paso del agua filtrada y para protegerlas se coloca de 20 a 30 cm de grava mayor a 3 mm.
- » Finalmente, se coloca encima aproximadamente un metro de arena filtrante. Debe ser una arena que contenga cuarzo o sílice; si es de sílice, el contenido de cuarzo



Figura 2. Imagen de los 10 filtros Degremon.

Fuente: SEDACUSCO S.A., 2020.



Figura 3. Válvulas de control de los filtros Degrémont.

Fuente: SEDACUSCO S.A., 2020.

debe ser del 60%, y si es de cuarzo debe cumplir con características de tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad de acuerdo a las recomendaciones de la patente: tamaño efectivo de 0.7 mm, coeficiente de uniformidad de 1.5 mm.

- » El área de la PTAP Santa Ana tiene una superficie de 20 mil metros cuadrados, donde se encuentran los 10 filtros Patente Degrémont, un reservorio EPS SEDACUSCO S.A., 109 sistemas de macromedición de agua cruda, tratada y distribuida, laboratorios, patio de maniobras y oficina administrativa.

SEDACUSCO indicó: Se tiene conocimiento de que de las tres plantas fabricadas de 350 litros por segundo Patente Degrémont, sólo están en funcionamiento en la planta implementada de Cusco; las plantas construidas en Arabia y Brasil actualmente están fuera de funcionamiento (SEDACUSCO S.A. 2020).

En los años 2012 y 2013, con el financiamiento del Ministerio de Vivienda, se hizo mantenimiento integral a la PTAP Santa Ana.

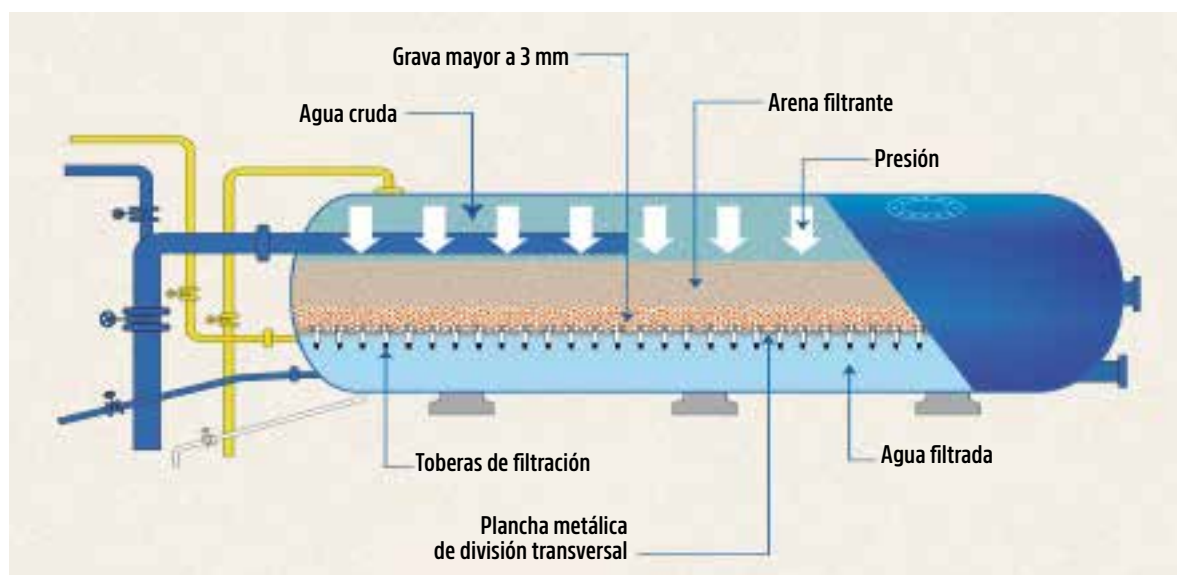
Método de funcionamiento (SEDACUSCO S.A., 2020).

- » El agua cruda ingresa en la parte superior por una canaleta que cruza de extremo a extremo, repartiendo de manera uniforme el agua a cada filtro. Es imperativo que la distribución del agua sea necesariamente uniforme para no romper con la disposición de la arena y evitar puntos muertos y espacios cortocircuitados.
- » El agua cruda pasa a presión por estos filtros y termina debidamente filtrada en la cámara inferior, denominada de baja presión.

El agua filtrada producida en cada filtro es recogida por una tubería de 16 pulgadas y, luego de ser desinfectada, es conducida hacia el reservorio de la planta, que cuenta con 6500 m³ de capacidad. Posteriormente el agua es distribuida a otros reservorios para finalmente ser distribuida a los usuarios del centro histórico y otras zonas.

FIGURA 4. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO

Fuente: SEDACUSCO S.A. 2020.



Mantenimiento. SEDACUSCO S.A. informó:

La empresa francesa Degrémont propuso realizar el mantenimiento de los filtros con un sistema de bombeo (sopladores) de agua y aire para hacer el lavado y mantenimiento de filtros.

- » Con el tiempo estos filtros requieren mantenimiento, siendo necesario realizar su lavado. Para proceder con esto, se ingresa aire a presión suministrado por los sopladores, luego aire y agua; en este caso las toberas trabajan como difusores limpiando la arena y los agentes contaminantes que han sido retenidos en estos.
- » Una vez removidas todas las impurezas, se procede a enjuagar con agua filtrada en contra corriente. El agua resultante del lavado es conducida a un pozo de recolección; en éste se recupera la arena que pudiera haberse removido con el agua, ya que al ser una arena especial que contiene cuarzo en una proporción y medida específicas, es imprescindible conservarla para que el filtro opere con normalidad (SEDACUSCO S.A., 2020).

Respecto de la arena, no es una arena común que se pueda conseguir en Písaq o en Cunyaq; es una arena cuarzosa o silíceas. En los primeros años de operación de la planta, la arena cuarzosa se podía conseguir en el sector de Pampacahua-Machupicchu. En la actualidad se adquiere de proveedores que cuentan con canteras cercanas a Chimbote. El costo del metro cúbico puede alcanzar la suma de 700 a 800 dólares y cada filtro requiere aproximadamente 23 metros cúbicos de arena de cuarzo. Estos son renovados cada 5 años.

- » Las toberas están diseñadas de tal forma que cumplen dos funciones:
 - Filtrar.
 - Cuando trabajan como filtro, el agua cruda circula de arriba abajo, pasando por la capa de arena y por la grava, para finalmente depositarse en la cámara inferior.
 - Lavar.

El problema del que adolecen las plantas patentadas es el suministro de partes y accesorios (SEDACUSCO S.A., 2020).

Las toberas

Originalmente eran provistas por la francesa Degrémont, pero al retirarse quedaron en manos de Degrémont Perú, empresa que suministró las toberas durante un tiempo, hasta que finalmente también cerró. Afortunadamente, en Arequipa se pudo conseguir un proveedor de toberas, aunque no fue una solución definitiva porque cada mes era necesario cambiar un promedio de 100 toberas por cada filtro, lo que en suma representaba un promedio de 1000 toberas y además exigía un permanente trabajo de mantenimiento.

En el año 2010 la Gerencia de Operaciones contactó con la compañía franco-alemana KSH, compañía que fabrica toberas a un costo más elevado; sin embargo, desde el año 2012 hasta la fecha no ha sido necesario remplazarlas, lo que ha significado un gran ahorro de tiempo y costos de mantenimiento.

Respecto de las toberas de polietileno de cola larga (filtros interiores), el costo de cada una alcanza la suma de 10 dólares. Cada filtro requiere en promedio 980 toberas, lo que significa que se debe contar con aproximadamente 10 mil toberas para abastecer a toda la planta. Haciendo cálculos, se aprecia que el costo es relativamente alto, pero la función que cumplen y el tiempo que duran están dentro de márgenes técnicamente aceptables.

El agua de la laguna de Piuray está expuesta a condiciones de:

1. Clima; y
2. Actividades antrópicas realizadas en su entorno.

Es por eso que constantemente el agua de esta fuente es examinada y controlada química y biológicamente por profesionales del área de control de calidad (SEDACUSCO S.A., 2020).

Debido a que el agua de la laguna está expuesta, la Planta de Santa Ana cuenta con un sistema de floculación eventual, denominado así por ser utilizado sólo en las temporadas de mayor requerimiento por la presencia de microorganismos. Este sistema no se utiliza para bajar la turbiedad sino para bajar la carga orgánica (SEDACUSCO S.A., 2020).

En la **Sierra del Perú**, en la temporada de abril a noviembre las horas de luz solar son bastante prolongadas y en consecuencia la actividad fotosintética es elevada, lo que contribuye al crecimiento de micro algas, por lo que es necesario utilizar polímeros como floculante (SEDACUSCO S.A., 2020).

SEDACUSCO S.A. informa a cerca del reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N.º 031-2010-SA

En la actualidad se tiene el DS N.º 031-2010-SA, que fue promulgado el 24 de septiembre de 2010 y que ha sido actualizado recogiendo la experiencia de otros países, siendo todavía mucho más exigente, con más de 120 parámetros en los que uno de ellos indica que el agua de fuentes superficiales debe tener cero presencia de organismos vivos.

Es éste último un parámetro muy difícil de cumplir para las empresas que tienen como fuente aguas superficiales, dado que la actividad fotosintética siempre va a estar presente generando microorganismos y micro algas como las de la laguna de Piuray, más aún en los meses de abril a noviembre en que las horas de sol son bastante prolongadas, alcanzando desde casi las 6 am hasta pasadas las 5 pm (SEDACUSCO S.A., 2020).

Es por esta razón que la EPS SEDACUSCO S.A. ha iniciado la construcción de una nueva planta de pretratamiento al pie de la laguna de Piuray, a fin de cumplir a cabalidad con las exigencias de la nueva normativa.

Construida la nueva planta de pretratamiento en la laguna de Piuray, que se prevé concluya en el año 2023, y a sugerencia del Ing. Víctor Maldonado, consultor experto en tratamiento de aguas, se procederá a implementar filtros de carbón o de antracita en la actual Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santa Ana. Esto se hace con el fin de lograr purificar el agua a un nivel más allá de lo exigido por las normas, y de esta manera abastecer con agua de mejor calidad a la ciudad de Cusco (SEDACUSCO S.A., 2020).

El agua filtrada obtenida en el proceso de filtración es desinfectada utilizando cloro líquido, que se tiene envasado en cilindros de una tonelada de capacidad a alta presión. La planta cuenta con varios cilindros de cloro, suficientes para garantizar la desinfección del agua, de los cuales la mitad están en servicio en la planta de tratamiento y la otra mitad en ruta a la planta de fabricación de cloro para su recarga.

Se diferencia de otros tipos de desinfección como luz ultravioleta, ozono, cátodos de plata y otros, que sólo garantizan la desinfección del agua en el punto de aplicación.

Laboratorio de Control de Procesos de Producción de Agua SEDACUSCO S.A. (2020)

El Laboratorio de Control de Procesos de Producción de Agua de la EPS SEDACUSCO S.A. empezó como un laboratorio de procesos en 2003; en 2005 pasó a ser un programa de control de calidad con asesoría del CEPIS, y finalmente pasó a ser un E.F. de Control de Calidad; posteriormente, en el año 2017, pasó a denominarse Laboratorio de Control de Procesos de Producción de Agua.

El Laboratorio de Control de Procesos de Producción de Agua tiene más de 20 años de experiencia en la investigación, caracterización microbiológica y físico-química, mediante la cuantificación de parámetros analíticos. Desde el inicio de sus funciones ha contribuido realizando una mejora continua en todos los procesos de producción de agua en los cinco sistemas de agua que administra la EPS SEDACUSCO S.A., poniendo énfasis en el aseguramiento de la calidad.

El laboratorio es responsable de la calidad del agua que suministra SEDACUSCO S.A. para consumo humano y está obligado a aplicar un Plan de Control de Calidad, que incluye:

- » Monitoreo
- » Análisis microbiológico y físico-químico de muestras de agua de:
 - Fuentes de captación
 - Plantas de tratamiento
 - Reservorios
 - Redes de distribución de Cusco y Paucartambo

Con el fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad del agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano - DS N.º 031-2010-SA, y bajo las frecuencias establecidas de acuerdo a lo aprobado en la Resolución de Consejo Directivo N.º 015-2012-SUNASS-CD, en el ámbito de la jurisdicción de la EPS SEDACUSCO S.A.

En la actualidad, para los análisis de laboratorio en sus áreas de microbiología y físico-química, el laboratorio cuenta con:

- » Una infraestructura amplia.
- » Equipos de tecnología moderna.
- » Personal profesional y técnico altamente capacitado.

Mediante procedimientos y estándares de calidad garantizan la confiabilidad de los resultados de análisis que reporta como datos de control de calidad (SEDACUSCO S.A., 2020).

Referencias

EPS SEDACUSCO S.A. 2020. Memoria Anual 2019.

<https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2019.pdf>

EPS SEDACUSCO S.A. 2021. Memoria anual 2020.

<https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2020.pdf>

Conceptos generales

Marco legal

El marco jurídico general en que se ubica el presente trabajo de investigación se rige, en principio, por los preceptos indicados en la Constitución Política del Perú y las distintas leyes emanadas de la propia Constitución y otras disposiciones de observancia general relativas al saneamiento ambiental básico.

Tienen orientación en la implicancia de las políticas del sub sector saneamiento, que comprende: derecho a la salud, descentralización y servicios públicos. Aplican las siguientes leyes, decretos y normas:

- » Ley general de los Servicios de Saneamiento, Ley N.º 26338.
- » Decreto Legislativo N.º 1280 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017).
- » Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N.º 27972.
- » Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611.
- » Decreto Legislativo N.º 1357, Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento (2018).
- » Ley de creación de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento-SUNASS, Decreto de Ley N.º 25965.
- » Decreto Legislativo N.º 004-2017, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental del agua para consumo humano y otros fines.

El agua y la salud

La WHO (World Health Organization u Organización Mundial de la Salud), indica que el agua es esencial para la vida y un suministro de buena calidad debería ser accesible para todos, ya que un agua de buena calidad es sinónimo de mejoras para la salud poblacional; posteriormente agrega que por dichas razones se debe hacer lo posible para que el agua suministrada sea de la mejor calidad ya que la población que corre más riesgo de contraer enfermedades por el consumo de un agua de calidad precaria son los niños y ancianos. (World Health Organization, 2017).

Sistemas de abastecimiento de agua

Todas las estructuras que forman parte de un sistema de agua para consumo humano deben estar:

- » Siempre operativas y en buen estado de mantenimiento, con las medidas de seguridad correspondientes, como son:
 - Accesorios de seguridad (tapas, válvulas, cerco de protección).
 - Estructuras libres de rajaduras.
 - Tuberías de líneas de conducción y distribución enterradas en toda su extensión.
- » La evaluación de la operatividad del sistema de agua permite conocer el estado sanitario en el que se encuentran cada una de las partes (MVCS, 2017).

Calidad del agua

La calidad del agua es uno de los puntos más sensibles en la prestación de los servicios de saneamiento. Una mala calidad puede tener efectos devastadores sobre la población, razón por la cual es necesario realizar constantes monitoreos a fin de prevenir cualquier problema relacionado a una deficiente calidad. (SUNASS, 2003; MINAM, 2017).

Normativa

1. Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua.
2. Los estándares de calidad del agua (ECAs), se establecen mediante valores Límites Máximos Permisibles (LMP), referidos a todos los parámetros presentes en el agua (SUNASS, 2003; MINAM, 2017).
3. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano - DS N.º 031-2010-SA, (DIGESA, MINSA, 2011).
4. Frecuencias establecidas de acuerdo a lo aprobado en la Resolución de Consejo Directivo N.º 015-2012-SUNASS-CD (SEDACUSCO, 2020)

La WHO considera los siguientes aspectos

Aspectos microbianos

Según la WHO, Asegurar la seguridad microbiana de los suministros de agua potable se basa en el uso de **múltiples barreras**, desde la captación hasta el consumidor, para prevenir la contaminación del agua potable o para reducir la contaminación a niveles no perjudiciales para la salud.

La seguridad aumenta si existen múltiples barreras, incluyendo:

- » La protección de los recursos hídricos.
- » La selección y operación adecuada de una serie de pasos de tratamiento.
- » La gestión de los sistemas de distribución para mantener y proteger la calidad del agua tratada.

Si no se siguen estos aspectos de manera cuidadosa, la calidad de vida de la población se verá en riesgo con la adquisición de enfermedades digestivas por consumo de agua de calidad precaria (World Health Organization, 2017).

Aspectos químicos

Los problemas de salud relacionados con los componentes químicos del agua potable difieren de los relacionados con la contaminación microbiana y se derivan principalmente de la capacidad de los componentes químicos para causar efectos nocivos para la salud después de períodos prolongados de exposición. No obstante, muy pocos químicos son de preocupación inmediata para la salud (World Health Organization, 2017).

Desinfección

La WHO indica que la desinfección es una barrera eficaz contra muchos patógenos (bacterias) durante el tratamiento del agua potable y debería utilizarse para las aguas superficiales y las aguas subterráneas sujetas a contaminación fecal.

La desinfección residual se utiliza para proporcionar una protección parcial contra la contaminación de bajo nivel y el crecimiento dentro del sistema de distribución. (World Health Organization, 2017), lo que da a entender que este aspecto complementa al anterior.

Tipos de filtración

Existen varios tipos de filtros. Los de filtración lenta son un tratamiento de tipo biológico. Los filtros rápidos de gravedad, horizontales y de presión se pueden utilizar para la filtración de agua cruda, sin tratamiento previo.

Los **filtros rápidos** de gravedad y **presión** se utilizan comúnmente para filtrar el agua que ha sido pretratada por coagulación y sedimentación (World Health Organization, 2017).

Desde hace 50 años SEDACUSCO utiliza filtros rápidos horizontales a presión. La empresa francesa Degrémont implementó las unidades de tratamiento (floculación - filtros - desinfección) (SEDACUSCO, 2020).

Control del proceso de filtración

La función principal de este paso es la optimización del funcionamiento y explotación del filtro (Pérez de la Cruz, 2013).

Uno de los aspectos que se debe tomar en cuenta es el evitar la rotura del filtro, lo cual traería consecuencias considerables tales como la resuspensión de las partículas previamente retenidas. Las causas de este acontecimiento serían las fuertes oscilaciones del caudal y sobretodo de la velocidad de filtración. (Pérez de la Cruz, 2013).

Posteriormente se explica de manera más detallada que si la velocidad aumenta durante el ciclo de filtración, las partículas retenidas por el lecho vuelven a ser arrastradas y, en situaciones más fuertes, el lecho puede ser descolocado (Pérez de la Cruz, 2013). Sin embargo, al disminuir la velocidad del tratamiento, lo único que disminuye es la capacidad del tratamiento. Por ello se debe aclarar que es necesario colocar sistemas que garanticen el control y regulación de los filtros.

El agua debe ser “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. Por lo tanto, el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores (OMS).

(MINSA-INS. 2018. Vigilancia y control de la calidad del agua / Coordinado por la Oficina Ejecutiva de Transferencia Tecnológica y Capacitación. ISBN: 978-612-310-105-3 Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2018-06056 <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4516.pdf>).

Área de estudio

Ubicación geográfica

La planta de tratamiento de agua potable de Santa Ana se encuentra dentro del distrito de Cusco, en la zona noreste (NE) a 3553 m s.n.m., con georreferenciación UTM 0176460 E Y 8504469 N.

FIGURA 5. UBICACIÓN DE LA PTAP SANTA ANA - ESP SEDACUSCO S.A.

Fuente: Google Earth.



Accesibilidad

La accesibilidad a la planta es mediante una carretera asfaltada a 15 minutos de la Plaza de Armas de Cusco; se puede tomar servicio de transporte urbano o ir en auto particular.

Materiales y métodos

Materiales

Materiales de campo:

- » Muestras de agua obtenidas antes y después de pasar por los filtros
- » Frascos de muestreo de 1 l.
- » Frascos de muestreo estériles
- » Guantes de látex
- » Cooler
- » Libreta de campo
- » Etiquetas
- » Plumón indeleble

- » Cámara fotográfica
- » Termómetro de campo
- » GPS

Materiales de laboratorio:

- » Microscopio óptico marco Olympus y microscopio de fotografías marca Leica
- » Porta y cubreobjetos
- » Tubos de ensayo
- » Placas Petri
- » Centrífuga de 4500 rpm
- » Incubadora
- » Autoclave
- » Agares

Materiales de gabinete:

- » Mapas
- » Croquis
- » Laptop
- » Lapiceros

Metodología

Tipo de investigación: descriptivo, transversal

1. Para la evaluación del estado de conservación de la infraestructura y de los filtros horizontales

Técnica utilizada:

- » Observación directa, verificación *in situ*.
- » Revisión bibliográfica.

Instrumento utilizado:

Se utilizó una ficha de monitoreo adaptada del formulario PVICA-3 DIGESA “Formulario para evaluar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua”.

2. Determinación de los parámetros físicos y químicos de las muestras de agua antes y después de pasar por los filtros de la PTAP - Santa Ana

Se mandó realizar los análisis químicos en el laboratorio particular del Ing Cumpa. Se siguió el protocolo de procedimientos para toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano de la DIGESA, aprobada por resolución directoral N.º 160-2015/DIGESA/SA.

Se mandó analizar:

- » El primero es antes de pasar por los filtros; y
- » El segundo es del agua filtrada (Filtro 7).

2.1. El laboratorio particular del Ing. Mario Cumpa realizó:

2.1.1. Determinación de los parámetros físicos

De acuerdo al protocolo de laboratorio de la DIGESA. se tomaron los siguientes parámetros:

- a) **Turbidez.** Según el Decreto Supremo N.º 004-2017 de la MINAM, las aguas que se pueden potabilizar por un tratamiento convencional deben presentar una turbidez que no debe pasar de los 100 UNT.
- b) **Dureza.** Según DIGESA, en el Decreto Supremo N.º 004-2017 de la MINAM se indica que el cuerpo de agua que se puede potabilizar en un tratamiento convencional debe tener un valor de dureza de 0 mg/ L.
- c) **Sólidos Totales STD (mg/L).** Siguiendo los protocolos de laboratorio de la DIGESA, tomando en cuenta el Decreto Supremo N.º 004-2017 de la MINAM, los STD no deben pasar de los 1000 mg/L.
- d) **Temperatura.** Se midió mediante el uso de un termómetro de campo.

2.1.2. Determinación de los parámetros químicos

- a) **pH.** Se utilizó un pHmetro de campo y el procedimiento se hace de acuerdo a los protocolos de laboratorio de la DIGESA, tomando en cuenta el Decreto Supremo N.º 004-2017.
- b) **Oxígeno Disuelto.** Según el Decreto Supremo N.º 004-2017 de la MINAM, las aguas que se pueden potabilizar por un tratamiento convencional el valor de OD requerido es mayor o igual a 5 mg/ L (método de titulación).
- c) **Fosfatos y nitratos.** Según Decreto Supremo N.º 004-2017 de la MINAM:
 - **Fósforo total:** 0,15 mg/ L.
 - **Nitratos:** 50 mg/L.

2.2. Laboratorio CERPER S.A. Contratado por DIGA-UNSAAC e Investigación Agua Piuray

CERPER S.A. fue contratado por la Dirección General de administración (DIGA) de la UNSAAC y el proyecto Investigación Agua Piuray ya mencionado.

Certificaciones del Perú S.A. (CERPER S.A.) es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA, con registro N.º LE 003.

Para la determinación de Cloro Residual en campo: Se basaron en SMEWW-APHA-AWWA-WEF art 4500-Cl G, 23rd. Ed. DPD

Método: Colorimetric Method.

3. Determinación de los parámetros biológicos de las muestras de agua antes y después de pasar por los filtros de la PTAP - Santa Ana

LMP para las muestras de agua cruda 1 y agua cruda 2: Siguiendo los protocolos establecidos. según el Decreto Supremo N.º 004-2017 de la MINAM, las aguas que se pueden potabilizar por un tratamiento convencional deben presentar menos de 5×10^6 organismos/L.

Para la evaluación de la calidad de las muestras de agua de los filtros, se utilizó el Límite Máximo Permisible (LMP) del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del DS N.º 031-2010-SA (Anexo 1. DIGESA, MINSA, 2011).

3.1 Determinación de los parámetros parasitológicos - presencia/ausencia de protozoarios patógenos y de los parámetros hidrobiológicos - determinación de algas

Para obtener datos válidos en los resultados se utilizó el método de triangulación, tanto para métodos como para investigadores.

Los laboratorios y sus métodos fueron:

3.1.1 El laboratorio CERPER S.A. Contratado por DIGA-UNSAAC y la Investigación Agua Piuray

Utilizó los mismos métodos en todas las muestras, los cuales se indican en el informe de ensayo N.º 2-01511/2019 (CERPER S.A. (2019),

Los parámetros Parásitos - Protozoarios y organismos de vida libre (como algas), se analizaron en su laboratorio de Fitoplancton del Callao, Lima / Laboratorio Toxinas, con la inspección ambiental del laboratorio de Arequipa.

Parásitos - Protozoarios. Se basaron en CEPIS, 1993. Manual de identificación y cuantificación de enteroparásitos en aguas residuales.

ANEXO 1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS, SEGÚN DS N.º 031-2010-SA (DIGESA - MINSA) 2011			
	PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1.	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2.	<i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
3.	Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
4.	Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5.	Huevos y larvas de Helminetos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	Nº org/L	0
6.	Nº org/L	UFC / mL	0
7.	Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0
UFC = Unidad formadora de colonias			
(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml			

Método: Centrifugación-flotación con sulfato de zinc. Páginas 5-6, 11 y 13. Instituto Nacional de Salud.

Para Organismos de Vida Libre (como algas, fitoplancton), se basaron en SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C.1, F.2, c.1, 23 rd ED.2017. Plankton.

Técnicas de concentracion, técnicas de conteo de fitoplancton.

3.1.2 Laboratorio de Microbiología Medica -UNSAAC, Investigación Agua Piuray, utilizó los siguientes métodos:

- » Método de detección por inmunofluorescencia: técnica Merifluor (Cryptosporidium/ Giardia). Es un procedimiento por detección in vitro por inmunofluorescencia directa para la detección simultánea de ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia* en la materia fecal (Merifluor, 2008).
- » Método de detección e identificación de algas:
 - Técnica de sedimentación - uso de formol.
 - Técnica sedimentación- uso de azul de metileno.

Principios biológicos

En la prueba del Merifluor utiliza el principio de la inmunofluorescencia directa. Su reactivo de detección contiene un conjunto de anticuerpos monoclonales que se encuentran unidos a FITC que se dirigen a los antígenos de la pared celular de los microorganismos, que son

objetivos de detección (Merifluor, 2008). Las muestras preparadas se conservan en agua y, posteriormente, se coloca una porción en los pocillos tratados del portaobjetos del kit.

La muestra se trata con reactivo de detección y tinción de contraste; en este proceso, los anticuerpos monoclonales reconocerán los antígenos de *Giardia* y *Cryptosporidium* uniéndose a estos (Merifluor, 2008). Los portas tratados se deben lavar para retirar el exceso de anticuerpos que no se encuentran unidos; se fija un cubreobjetos utilizando un medio de montaje y luego se examinan mediante el uso de un microscopio de fluorescencia (Merifluor, 2008). El color verde manzana es característico de *Cryptosporidium* y *Giardia*. El fondo toma un color naranja-rojizo (Merifluor, 2008).

Materiales / Reactivos

Reactivos y materiales proporcionados

- » **Reactivo de detección:** Compuesto por anticuerpos monoclonales Anti-Cryptosporidium y Anti-Giardia unidos a FITC en una solución tamponada que contiene un estabilizante proteico y 0.1% de azina sódica.
- » **Tinción de contraste:** Solución de Negro de Eriocromo.
- » **Tampón de lavado 20X:** Tampón de lavado concentrado con un conservante.
- » **Control Positivo:** Preparación de heces en formalina que contienen ooquistes de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia*. Contiene 0.09% de Timerosal.
- » **Control Negativo:** Heces en Formalina con 0.09% de Timerosal.
- » **Medio de montaje:** Glicerol tamponado que contiene formalina y 0.05% de azina sódica.
- » **Asas de transferencia.**
- » **Portas tratados.**

Todos estos reactivos contienen formolaldehído.

Materiales no proporcionados

- » Agua destilada
- » Botella para el lavado
- » Cámara húmeda
- » Cubreobjetos de 22x50 mm, grosor N.º 1
- » Microscopio de fluorescencia
- » Aplicadores de madera

Precauciones

- » Todos los reactivos y componentes son para uso in vitro.
- » No se deben mezclar kits con diferentes números de lote.
- » No utilizar los componentes del kit posteriormente a la fecha de caducidad.
- » No exponer el reactivo de detección y la tinción de contraste a la luz.
- » Agitar los reactivos antes de usarlos.
- » Colocar los tampones en los viales correspondientes luego de su uso.
- » Al colocar las muestras en los pocillos del porta, no debe raspar la superficie con las asas de traslado ni los aplicadores de madera.
- » Tanto el medio positivo como el negativo contienen formolaldehído.
- » Evitar el contacto con la piel. Si hay contacto, lavar la parte afectada con abundante agua. Trabajar con sumo cuidado ya que también es un cancerígeno potencial.
- » El control positivo del kit contienen ooquistes y quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* respectivamente, que están muertos; sin embargo, se debe tratar con las respectivas medidas de bioseguridad.
- » Las muestras conservadas en formalina pueden ser utilizadas para la prueba de Merifluor.
- » Puede ocurrir pérdida de muestra si no se respeta el tiempo de secado de la muestra en los pocillos o se excede el tiempo de lavado para quitar los excesos.

Advertencia

Los reactivos, al ser desechados en cañerías, pueden generar sustancias explosivas al reaccionar con el cobre o plomo; esto es debido a que algunos contienen en su composición azidas sódica. Se puede evitar corriendo una gran cantidad de agua durante el desechamiento (Merifluor, 2008).

Vida útil y almacenamiento

La fecha de caducidad está indicada en la parte posterior del kit. Para mantener un rendimiento óptimo, se deberá mantener almacenado en un rango de temperatura de 2 a 8°C y ser colocado inmediatamente luego de cada uso (Merifluor, 2008).

Preparación de reactivos

Los kit deben alcanzar la temperatura ambiente antes de ser utilizados.

Se debe preparar la cantidad de tampón de lavado 1X que se utilizará en la prueba que se desea realizar. Por ejemplo: 2,5 ml de tampón 20X y 47,5ml de agua destilada. Si sobra, se debe almacenar en el refrigerador; puede durar hasta tres meses.

Recolección y preparación de la muestra

Se utilizaron sedimento de muestras en formol al 10%

Procedimiento de la prueba

Se debe utilizar un asa de transferencia para extraer una gota de la muestra y colocarla en el pocillo del portaobjetos tratado.

Se debe utilizar una nueva asa de transferencia para extraer una gota del control positivo y otra asa para el control negativo y transferirlos a los otros pocillos.

Interpretación de los resultados

Reacciones de control

- » Los ooquistes de *Cryptosporidium* son de forma ovalada y hasta redonda, con un diámetro de 2 a 6 mm. Las paredes se teñirán de verde manzana a verde intenso.
- » Los quistes de *Giardia* son organismos de forma ovalada y de 8 a 12 mm de diámetro y las paredes se tiñen de verde manzana brillante.
- » El color del fondo generalmente debe ser de color naranja-rojizo, aunque en algunos casos esta coloración puede variar.

Muestras

- » **Resultado positivo para *Cryptosporidium*:** Cuando la muestra que presente fluorescencia de ooquistes de morfología y tamaño característicos.
- » **Resultado positivo para *Giardia*:** Cuando la muestra que presente fluorescencia de quistes de morfología y tamaño característicos.
- » **Resultado negativo:** Cuando la muestra no presentan fluorescencia de quistes ni ooquistes.

Referencias bibliográficas

Meridian Bioscience MERIFLUOR CRYPTOSPORIDIUM/GIARDIA. 2008. *Procedure and revision number*: SN11220 CLSI o4/16m Procedure: MERIFLUOR CRYPTO-SPORIDIUM/GIARDIA. 2008 [Consultado el 22 de marzo del 2020]. Disponible en: <https://www.meridianbioscience.com/human-condition/gastrointestinal/cryptosporidium-giardia/merifluor-cryptosporidium-giardia/>

Método de detección e identificación de algas

Técnica de sedimentación - uso de formol. Es un procedimiento mediante el cual, usando la técnica de sedimentación, se pueden observar una variedad de estructuras de los organismos objeto de estudio.

Características generales de las algas

Tal como se mencionó anteriormente, son la base de las cadenas tróficas en los cuerpos de agua, por lo tanto deben ser primariamente autótrofos. Otra característica que poseen estos organismos es la presencia de una pared celular generalmente compuesta por polisacáridos o proteínas.

Diatomeas. Familia Bacillariophyceae, han sido ampliamente utilizadas como indicadores de las condiciones del medio acuático. El grado de tolerancia en algunas especies permite inferir o asociar niveles de polución y contaminación basándose únicamente en su composición. El cambio de especies, reducción del número total de especies, cambios en el número de individuos por especie y cambios en la proporción relativa de especies dentro de la comunidad, son los principales indicadores utilizados (Descy y Micha, 1988; Stevenson y Pan 1999; Díaz-Quirós y col., 2004).

Poseen hábitats variables, pero generalmente son acuáticas; sus colores varían de acuerdo a los pigmentos que tengan en los cromatóforos, los cuales les permiten captar la luz solar de acuerdo a la estratificación vertical en la cual se encuentran. Los cigotos no se desarrollan jamás para dar embriones pluricelulares dentro del órgano sexual femenino. En la mayoría de los grupos las células reproductoras son flageladas (gametas, esporas) (Cabral, S., 2013).

Diversidad morfológica

El talo es el característico cuerpo vegetativo que poseen las algas; este presenta variación morfológica dependiendo a la división que pertenece, en algunos casos es mucho más exclusiva de algunos géneros lo cual, en muchos casos, no lo hace muy útil para la caracterización taxonómica. En estos casos hay tres niveles: unicelular, pluricelular y colonial (Cabral, S., 2013).

Hábitat

Estos organismos viven suspendidos en una zona específica de la columna de agua denominada zona fótica, en la cual desempeñan su función de ser la base de la producción primaria; sin embargo algunas especies pueden ser heterótrofas por cortos tiempos (Oliva-Martinez, M.G. y col., 2014).

Los hábitats de las algas son variados, pero casi en su totalidad son acuícolas; pueden vivir en aguas dulces, saladas o salobres, poseen distintos rangos de tolerancia dependiendo de la especie. Algunas algas pueden ocupar otros tipos de hábitats tales como rocas, corteza de árboles e incluso nieve (Cabral, S., 2013).

También hay que destacar el hecho de que las algas compartan el ambiente acuático, lo que indica la existencia de la convergencia evolutiva de los diferentes grupos ya que se encuentran sujetas a los mismos factores limitantes selectivos (Dreckmann, K.M., 2013).

Reproducción y ciclos vitales

Los ciclos de vida de las algas fitoplanctónicas son cortos e incluyen la formación de esporas de resistencia, con las cuales sobreviven durante periodos desfavorables y como una forma de conservar su diversidad genética; incluye procesos asexuales y sexuales, se define por el sitio donde ocurre la meiosis durante la reproducción sexual. Otros autores indican que la variación de la reproducción de las algas tiene que ver según los distintos grupos.

Como es sabido, existen dos tipos de reproducción, la asexual y la sexual y esta varía de acuerdo a la división; por ejemplo, en el caso de las algas verde-azules su reproducción asexual es típicamente fisión binaria, pero en otras algas unicelulares es mitosis.

En cuanto a la reproducción sexual se puede observar la oogamia, isogamia o anisogamia. Sin embargo, además de divisiones que se reproducen solo asexualmente (Cyanobacteria o algas verde-azules), la mayoría de las algas eucariontes alternan ambos tipos de reproducción a lo largo de su ciclo vital (Cabral, S., 2013).

Materiales / Reactivos

Materiales

- » Agua destilada
- » Portaobjetos

- » Cámara húmeda
- » Cubreobjetos de 22x50 mm, grosor N.º 1
- » Microscopio óptico marca Olympus y microscopio de fotografía marca Leica
- » Pipeta

Reactivo

- » **Formol:** Sirve como fijador de la muestra; colocada cierta cantidad, puede actuar como colorante y éste resalta ciertas estructuras.

Precauciones

- » Todos los reactivos y componentes son para uso in vitro.
- » No exponer los reactivos a la luz.
- » Agitar los reactivos antes de usarlos .
- » Sellar las muestras como corresponde luego de extraer la gota para su observación.
- » Las pipetas que se usen en cada muestra son de uso exclusivo y no se pueden usar en otra muestra; de esta forma se evita la contaminación cruzada.
- » Se debe trabajar con cuidado el reactivo de coloración.
- » Usar mascarilla durante todo el procesado de la muestra, debido a la presencia de formol.
- » Utilizar bálsamo de Canadá para observaciones en 100x.
- » Los portaobjetos deben ser exclusivos para una sola gota de muestra.
- » Las muestras conservadas en formol pueden ser utilizadas para esta técnica.
- » Pueden ocurrir limitaciones en las observaciones (formación de detritos) si la muestra, luego de ser colocada en el portaobjetos, no se mantiene fresca debido al paso de los minutos.
- » Se recomienda el uso de las cámaras húmedas para conservar las muestras de los portaobjetos que se observaran posteriormente.

Advertencia

Se debe trabajar con el equipo de bioseguridad reglamentado ya que el formol es un componente volátil que, al ser inhalado, puede generar malestares.

Vida útil y almacenamiento

La fecha de caducidad está indicada en el envase del formol. Para mantener un rendimiento óptimo, se deberá mantener almacenado en un espacio sin contacto con la luz y que no tenga mucha humedad.

Preparación de reactivos

Para la conservación de las muestras se debe tener a la mano una solución de formol al 40%. Colocar 15 gotas de formol por tubo de ensayo.

Procedimiento de la prueba

Se debe centrifugar la muestra 200 R por minuto durante 3 minutos. Utilizar una pipeta para extraer una gota de la muestra y colocarla en el portaobjetos y repetir.

Colocar un cubre objetos limpio para las observaciones correspondientes en el microscopio óptico.



Diatomea del genero Cymbella a 40x

Fuente : Observaciones microscopicas realizadas.

Referencias bibliográficas

- Cabral, E., & Vallejos, S. V. Algas Diversidad Vegetal. 2013. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste
- Oliva Martínez, M. G., Godínez Ortega, J. L., & Zúñiga Ramos, C. A. 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 2014; 54-61.
- Dreckmann, K. M., Senties, A., & Núñez, M. L. 2013. Manual de prácticas de laboratorio. Biología de Algas. México; Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Método de detección e identificación de algas

Técnica sedimentación - uso de azul de metileno (observación de algas)

Es un procedimiento mediante el cual, usando el método de sedimentación y como colorante el azul de metileno, se pueden observar una variedad de estructuras de los organismos objeto de estudio.

Resumen y explicación de la prueba

Los colorantes sintéticos son una clase importante de compuestos orgánicos y con frecuencia se encuentran en el medio ambiente como resultado de su amplio uso industrial (Angulo, M. y col., 2012).

Azul de metileno

Se entiende por colorante cualquier sustancia de origen químico o biológico que contiene en su estructura un grupo cromóforo que le proporciona la capacidad de teñir de forma casi permanente al aplicarlo a un sustrato (Melendez-Zambrano, N. y col., 2019).

El cloruro de metiltionina, más conocido como azul de metileno o cloruro de 3,7-bis[dimetilamina]-fanazationio, es el colorante catiónico básico más importante y es el más utilizado en la industria textil (Melendez-Zambrano, N. y col., 2019).

Sumado a esto, el azul de metileno pertenece a un grupo de colorantes conocido como fotosensibilizador, ya que a la luz visible (en el rango de 585-670nm) excita la estructura de fenotiazina a un estado de radical libre o triplete. Adicionalmente, este colorante en solución en estado triplete pasa a electrones oxígeno diatómico permitiendo la formación de radicales superóxidos (Melendez-Zambrano, N. y col., 2019).

Materiales/reactivos

Materiales

- » Agua destilada
- » Portaobjetos
- » Cámara húmeda
- » Cubreobjetos de 22x50 mm, grosor N.º 1
- » Microscopio óptico marca Olimpus y microscopio de fotografías marca Leica
- » Pipeta

Z

Reactivo

- » **Azul de metileno:** Colorante que se utiliza para la identificación de estructuras de microorganismos.
- » **Formol:** Sirve como fijador de la muestra.

Precauciones

- » Todos los reactivos y componentes son para uso in vitro .
- » No exponer los reactivos a la luz.
- » Agitar los reactivos antes de usarlos .
- » Sellar las muestras como corresponde luego de extraer la gota para su observación.
- » Las pipetas que se usen en cada muestra son de uso exclusivo y no se pueden usar en otra muestra; de esta forma se evita la contaminación cruzada.
- » Se debe trabajar con cuidado el reactivo de coloración.
- » Usar mascarilla durante todo el procesado de la muestra, debido a la presencia de formol.
- » Utilizar bálsamo de Canadá para observaciones en 100x.
- » Los portaobjetos deben ser exclusivos para una sola gota de muestra.
- » Las muestras conservadas en formol pueden ser utilizadas para esta técnica.
- » Puede ocurrir limitaciones en las observaciones (formación de detritos) si la muestra, luego de ser colocada en el portaobjetos, no se mantiene fresca debido al paso de los minutos.
- » Se recomienda el uso de las cámaras húmedas para conservar las muestras de los portaobjetos que se observaran posteriormente (CTR, 2018).

Advertencia

Se debe trabajar con el equipo de bioseguridad reglamentado ya que los reactivos a utilizar, son tóxicos (CTR, 2018).

Procedimiento de la prueba

Se debe utilizar una pipeta para extraer una gota de la muestra y colocarla en el portaobjetos.

Colocar un cubre objetos limpio para las observaciones correspondientes en el microscopio óptico.

Se debe utilizar una pipeta para extraer una gota de otra muestra y repetir el procedimiento anteriormente mencionado.

Referencias bibliográficas

- Angulo Mercado, Edgardo R.; Castellar Ortega, Grey C.; Morales Avendaño, Ever; Barrios Solano, Merly C. (2012). Remoción de azul de metileno por la microalga *Chlorella* sp. Viva. *Prospect*. 2012; 10 (1): 53-60.
- Cabral, E., & Vallejos, S. V. (2013). Algas Diversidad Vegetal. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste.
- Martínez Silva, P. (2015). Variación Espacio-Temporal De Microalgas Acuáticas Del Embalse De Betania – Huila Y Su Relación Con La Calidad Del Agua . *Intrópica*. 2015;25(1) 11-19 (Martínez-Silva S. (2015).
- CTR científico. (2018). HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD AZUL DE METILENO [Internet]. Dcne.ugto.
- mx. 2018 [cited 28 March 2020]. <http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/CCESH/Fichas%20Seguridad/Azul%20de%20Metileno.pdf>
- Meléndez Zambrano N, Navarro Ramírez M. (2019). Evaluación de la degradación de azul de metileno mediante la técnica de oxidación de aire húmedo con peróxido de hidrógeno empleando óxidos mixtos de Mn, Cu Y/O Fe como catalizador para el tratamiento de aguas residuales provenientes del Laboratorio de Microbiología de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá [Internet]. *Repository.uamerica.edu.co*. 2019 [cited 28 March 2020]. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/am/20.500.11839/7394/1/6132170-2019-1-IQ.pdf>

Muestreo

CUADRO 1. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO: AGUA CRUDA Y FILTROS DE LA PTAP SANTA ANA, SEDACUSCO S.A.

Fuente: Monitoreo - CERPER y Proyecto Agua Piuray.

N.º	Estación de Muestreo	Coordenadas ESTE	UTM WGS 84 NORTE
1	Agua Cruda	19L0176420	8504457
2	Agua Cruda 2	19L0176420	8504457
3	FILTRO N.º 3	19L0176460	8504469
4	FILTRO N.º 7	19L0176461	8504472
5	FILTRO N.º 9	19L0176459	8504469
6	FILTRO N.º 9 B	19L0176459	8504469

Resultados

Evaluación del estado de conservación de la infraestructura y de los filtros horizontales

En la entrevista realizada al ingeniero Efraín Silva, se obtuvieron datos esenciales acerca del estado de conservación de la infraestructura de los filtros, los cuales están ubicados en la PTAP de Santa Ana con georreferenciación UTM 0176460 E Y 8504469 N a 3553 m s.n.m.

En primer lugar se obtuvieron datos básicos del sistema de agua Piuray, que se especifican en el siguiente cuadro:

CUADRO 2. DATOS DEL SISTEMA DE AGUA PIURAY EPS SEDACUSCO

Fuente: Elaboración propia.

Sistema de agua potable									
Año de instalación				1970		Ente Ejecutor			SEDACUSCO
Periodo de rehabilitación						Entre seis a siete años			
Funcionamiento						Continuo			
Tipo de sistema de abastecimiento y fuentes									
Tipo de sistema de abastecimiento								Gravedad con tratamiento	
Tipo de fuente captada				Agua superficial con tratamiento			Número de fuentes	5	
Nombre de la fuente						Tipo de F fuente			
Piuray						Laguna (fuente principal)			
Ñawipujio						Manantial			
Chaullamarco						Manantial			
Cuncunya						Superficial			
Fortaleza Nueva						Manantial			
Todas estas fuentes se mezclan en una cámara de carga									
Agua superficial con tratamiento (Planta de Tratamiento)									
Ubicación geográfica				Sector de Santa Ana, Cusco, Cusco, Cusco					
Coordenadas UTM		Este	0176460	Norte	8504469	Altura (msnm)			3553
Suministro		Gravedad		Proceso de tratamiento			Filtración rápida		
¿Existe cerco de protección?									Sí
¿Las estructuras de tratamiento están libres de inundaciones accidentales?									Sí
¿La estructura está en buen estado y libre de rajaduras y fugas de agua?									Sí
¿El interior de la estructura está limpio y libre de material extraño?									Sí
¿Presencia de excremento y charcos de agua en un radio de 25 metros?									No
¿Presencia de actividad agrícola o minera en las inmediaciones?									No
¿Presencia de residuos sólidos (basura) en las inmediaciones?									No

Interpretación: El sistema de filtros posee una antigüedad de 50 años, lo cual lo hace algo obsoleto.

Inspección a los filtros

También mediante la entrevista, se obtuvieron los siguientes datos.

CUADRO 3. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de filtros	Rápido, horizontal
Número de filtros	10
Material de la infraestructura	Hierroductil
Dimensiones de cada filtro	7.20m * 2.60 m
Volumen de los filtros	35 lt/s
Diámetro mayor de los tubos de conexión a los filtros	14 pulgadas
¿La estructura está protegida?	Sí
¿Las estructuras están en buen estado?	Sí
¿Las estructuras están libres de rajaduras?	Sí
¿Existen fugas de agua?	No
¿La limpieza se realiza de manera periódica?	Sí
¿La limpieza está cronogramada?	Sí
¿Presencia de residuos en un radio de 10 metros?	No
Determinación del estado de los filtros	
Estructura interna	Espacio vacío con lecho filtrante y toberas
Número de toberas	980
Tipo de limpieza	Usando aire y agua
Frecuencia de limpieza profunda	Dos veces al mes
Frecuencia de limpieza somera	Semanal
Periodo de renovación de toberas y lecho filtrante	Cada seis a siete años
Última renovación del lecho filtrante	2015
¿El interior de la estructura está limpio y libre de material extraño?	Sí
¿Cuenta con registro de limpieza y mantenimiento de los filtros?	Sí
¿Ha realizado cambio y/o reposición del lecho filtrante en los últimos dos años?	No

Interpretación: Sí existe un constante mantenimiento y limpieza de la batería de filtros horizontales de parte del personal encargado, adicionalmente se pudo comprobar la existencia de equipos de bioseguridad cuando se realizan las tareas de limpieza.

También se ha obtenido la información de que los filtros pueden trabajar con aguas de hasta una turbiedad de 100 UNT; no obstante, 100 UNT de turbiedad no permitiría obtener la calidad de agua que se espera.

Determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras de agua antes y después de pasar por los filtros de la planta de tratamiento

Análisis físicos y químicos del agua

Se tomaron dos muestras de agua:

- » M1: Agua cruda o agua prefiltrada; y
- » M2: Agua post filtrada tomada del filtro 7.

Estas muestras fueron tomadas con los reglamentos de bioseguridad correspondientes y almacenadas en recipientes de plástico de 625 ml hasta el tope; posteriormente fueron transportadas de forma inmediata para los respectivos análisis. Se utilizó LMP. En cinco días se dieron los resultados, que son los siguientes:

CUADRO 4. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS Y SUS PORCENTAJES DE VARIACIÓN

Fuente: Resultados de los análisis realizados en el laboratorio del Ing. Mario Cumpa.

Parámetros físicos	Unidad	M1 Agua cruda -pre filtrada A	M2 muestra del filtro 7	Porcentaje variación (%)
Dureza total CaCO ₃	mg/L	225	235	4.44 (+)
Conductividad eléctrica	μS/cm	380	390	2.63 (+)
Turbidez	NTU	0.7	0.3	57.14 (-)
Temperatura	°C	16.5	15.6	5.45 (-)
Sólidos disueltos	mg/L	250	253	1.2 (+)
Parámetros químicos	Unidad	M1	M2	Porcentaje variación (%)
Alcalinidad total CaCO ₃	mg/L	120	110	8.33 (-)
Acidez total CO ₂	mg/L	11	11	0.00
pH		7.8	7.2	7.69 (-)
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	7.2	7.0	2.77 (-)
Nitratos NO ₃	mg/L	0.05	0.05	0.00
Fosfatos HPO ₄	mg/L	0.06	0.05	16.66 (-)

Interpretación: En la tabla podemos ver que el parámetro que más varía es el de la turbidez, que se reduce en un 57.14 % de un valor de 0.7 a 0.3, con lo cual podemos indicar que la eficacia del filtro respecto a la turbidez, es buena.

Para el agua cruda pre filtrada. Posteriormente, se realizó la comparación de los datos con los ECAs para agua aprobados por el DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM.

Se tomaron en cuenta los valores destinados para las aguas de acuerdo al decreto supremo anteriormente mencionado. Se incluyó a las muestras de agua en la categoría:

1: Poblacional y recreacional

» Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; y

» Subgrupo A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

En estas categorías se encuentran las aguas que deben ser sometidas a un tratamiento convencional mediante dos o más procesos: coagulación, floculación, decantación, sedimentación o filtración o procesos equivalentes, incluyendo su desinfección (MINAM, 2017).

CUADRO 5. INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE LA MUESTRA DE AGUA CRUDA ANTES DE LA FILTRACIÓN

Fuente: Resultados de los análisis realizados en el laboratorio del Ing. Mario Cumpa.

Parámetros físicos	Unidad	M1	LMP	Comparación
Dureza total CaCO ₃	mg/L	225	**	
Conductividad eléctrica	µS/cm	380	1 600	Se encuentra dentro del LMP
Turbidez	NTU	0.7	100	Se encuentra dentro del LMP
Temperatura	°C	16.5	Δ 3	Encima del LMP
Sólidos disueltos	mg/L	250	1 000	Se encuentra dentro del LMP
Parámetros químicos	Unidad	M1	LMP	
Alcalinidad total CaCO ₃	mg/L	120	No refiere	No refiere
Acidez total CO ₂	mg/L	11	No refiere	No refiere
pH		7.8	5,5–9,0	Se encuentra dentro del LMP
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	7.2	≥ 5	Se encuentra dentro del LMP
Nitratos NO ₃	mg/L	0.05	50	Se encuentra dentro del LMP
Fosfatos HPO ₄	mg/L	0.06	0,15	Se encuentra dentro del LMP

Donde: “El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.” (MINAM, 2017)

Interpretación: En el cuadro podemos observar que todos los parámetros analizados cumplen con los LMP establecidos por la normativa anteriormente mencionada excepto la temperatura que se encuentra por encima del LMP (MINAM, 2017).

CUADRO 6. INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE LA MUESTRA DE AGUA DEL FILTRO 7

Fuente: Análisis mandados a realizar en un laboratorio del Ing. Mario Cumpa.

Parámetros físicos	Unidad	M2 filtro 7	LMP según DS N.º 031-2010-SA. (DIGESA, MINSA (2011))	Comparación
Dureza total CaCO ₃	mg/L	235	Dureza total mg Ca-CO ₃ L-1 50	Se encuentra dentro del LMP
Conductividad eléctrica	µS/cm	390	umho/cm: 1500	Se encuentra dentro del LMP
Turbidez	NTU	0.3	UNT : 5 (Unidades nefelométricas de turbiedad)	Se encuentra dentro del LMP
Temperatura	°C	15.6	No refiere	No refiere
Sólidos disueltos	mg/L	253	solidos totales disueltos mgL-1 : 1000	Se encuentra dentro del LMP
Parámetros químicos	Unidad	M2		
Alcalinidad total CaCO ₃	mg/L	110	Dureza total mg Ca-CO ₃ L-1 : 500	Se encuentra dentro del LMP
Acidez total CO ₂	mg/L	11	No refiere	No refiere
pH		7.2	pH 6.5 a 8.5	Se encuentra dentro del LMP
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	7.0	No refiere	No refiere
Nitratos NO ₃	mg/L	0.05	No refiere	No refiere
Fosfatos HPO ₄	mg/L	0.05	No refiere	No refiere

Resultados de los análisis de los parámetros biológicos en el Laboratorio de Microbiología médica - Investigación Agua Piuray

En el cuadro 1, se tiene la presencia de bacterias estafilococos que pueden estar haciendo biofilms o biopelículas en la PTAP. Y podemos ver que los filtros no están trabajando ya que los encontramos en el agua cruda como en los filtros.

Pure Water (2022) dice que los gérmenes pueden crear condiciones para formar biofilms casi en cualquier ambiente líquido. La interfase sólido-líquida entre una superficie y un medio acuoso proporciona un entorno ideal para la fijación y crecimiento de microorganismos. Por consiguiente, los biofilms son ubicuos en la naturaleza y se encuentran prácticamente en todo cuerpo natural de agua en el mundo.

CUADRO 1. RESULTADOS DE LA TINCIÓN GRAM Y ZIEHL NEELSEN MODIFICADA DEL SEDIMENTO (DESPUÉS DE LA CENTRIFUGACIÓN). OBSERVACIONES REALIZADAS CON EL MICROSCOPIO ÓPTICO 100X

Fuente: Investigación Agua Piuray.

Muestra	Estructura	Morfología	Prueba de catalasa con H ₂ O ₂	Prueba de oxidasa con "Bactident Oxydase"	Interpretación
Agua Prefiltrada A	Gram positivos	Bacilos, estafilococos	Positiva	Positiva	
		Coccidios y quistes de protozoo	Coloracion Ziehl Neelsen modificada: ooquistes de color rojo en fondo azul		
	Gram negativos	Bacilos	Positiva	Positiva	Enterobacterias
Filtro 3	Gram positivos	Estafilococos	Positiva	Positiva	Staphylococcus
		Coccidios y quistes de protozoo	Coloracion Ziehl Neelsen modificada: ooquistes de color rojo en fondo azul		
Filtro 9	Gram negativos	Bacilos	Positiva	Positiva	Enterobacterias

Constanza-Muñoz, L. (2017). Los *Staphylococcus* sp. son comensales humanos; algunas especies son patógenas, que tienen incrementada la expresión de una serie de factores de virulencia. Mediante un mecanismo de comunicación célula-célula denominado *quorum sensing*, favorece la regulación y formación de una biopelícula mediante tres pasos: en el primero la bacteria secreta una gran variedad de proteínas de superficie de adhesión celular; en la segunda los microorganismos se organizan en pequeños agregados hasta llegar a formar una matriz extracelular cuyo principal componente son los polisacáridos de adhesión intracelular (pia). y por último, la diseminación y colonización del patógeno en nuevas superficies durante los procesos infecciosos.

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N.º 031-2010-SA. (DIGESA- MINSA, 2011), indica lo siguiente: **Artículo 69.- Tratamiento del agua cruda.** El proveedor suministrará agua para consumo humano previo tratamiento del agua cruda. El tratamiento se realizará de acuerdo a la calidad del agua cruda, en caso de que ésta provenga de una fuente subterránea y cumpla los límites máximos permisibles (LMP) señalados en los Anexos del presente Reglamento, deberá ser desinfectada previo al suministro a los consumidores (DIGESA - MINSA, 2011).

Como se observa, no hubo tratamiento del agua cruda como lo norma el DS N.º 031-2010-SA. (DIGESA - MINSA, 2011), y los filtros tampoco funcionaron porque presentan casi los mismos microorganismos.

Parámetros parasitológicos

CUADRO 2. RESULTADOS DE CERPER. ANÁLISIS DE PRESENCIA DE PROTOZOARIOS PATÓGENOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA - AGUA PRE FILTRADA

Fuente: CERPER.

		Estación de Muestreo	Agua Cruda (Pre filtrada)	Agua Cruda (Pre filtrada) B	
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 11:00	2019-07-26 11:05	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	Agua para uso y consumo humano	
Parámetro	Límite de detección	Unidad	Resultados	Resultados	LMP
Parásitos - Protozoarios					
<i>Acanthamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Balantidium sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Blastocystis sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Chilomastix sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Cryptosporidium sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Endolimax sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Entamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Giardia sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Iodamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Isospora sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**

En la observación de las dos muestras de agua extraídas del agua pre filtrada (agua cruda), los resultados que se observan en el cuadro 7 muestran valores por debajo del límite de detección, con lo cual podemos decir que no se encontraron quistes de protozoarios de ningún tipo; posteriormente se realizó la comparación de los datos con los ECAs para agua aprobados por el DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM, en los cuales se indica que, tomando en cuenta al grupo que pertenece la fuente de agua, este parámetro no aplica para esta subcategoría (MINAM, 2017).

Por el método de inmunofluorescencia Merifluor, en la muestra de agua cruda pre-filtrada A, existe la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium sp*, lo que coincide con los resultados de la coloración Ziehl Neelsen modificada. También se observa la presencia de quistes de protozoario. Según ECAs para agua aprobados por el DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM, se indica que, tomando en cuenta al grupo que pertenece la fuente de agua, este parámetro no aplica para esta Subcategoría (MINAM, 2017).

CUADRO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PRESENCIA DE PROTOZOARIOS PATÓGENOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA CRUDA (PRE FILTRADA A) Y AGUA CRUDA (PRE FILTRADA B), SEGÚN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA MÉDICA - UNSAAC E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY. TÉCNICA MERIFLUOR

Fuente: Investigación Agua Piuray.

Estación de Muestreo	Agua Cruda (Pre filtrada) A	Agua Cruda (Pre filtrada) B
Fecha y Hora de Muestreo	2019-07- 26 11:00	2019-07-26 11:05
Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	Agua para uso y consumo humano
RESULTADOS	Presencia de ooquistes de <i>Cryptosporidium sp</i> Presencia de quistes de protozoario Ausencia de quistes de <i>Giardia sp</i>	Ausencia de ooquistes de <i>Cryptosporidium sp</i> y de quistes de <i>Giardia sp</i>

CUADRO 4. RESULTADOS DE CERPER- ANÁLISIS DE PRESENCIA DE PROTOZOARIOS PATÓGENOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA, FILTROS N.º 3 Y N.º 7

Fuente: CERPER.

		Estación de Muestreo	Filtro N.º 3	Filtro N.º 7	
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 11:05	2019-07-26 11:20	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	Agua para uso y consumo humano	
Parámetro	Límite de detección	Unidad	Resultados	Resultados	LMP
Parásitos - Protozoarios					
<i>Acanthamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Balantidium sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Blastocystis sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Chilomastix sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Cryptosporidium sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Endolimax sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Entamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Giardia sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Iodamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Isospora sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**

CUADRO 5. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PRESENCIA DE PROTOZOARIOS PATÓGENOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS FILTROS N.º 3 Y N.º 7, SEGÚN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA MÉDICA - UNSAAC E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY. TÉCNICA MERIFLUOR

Fuente: Investigación Agua Piuray

Estación de Muestreo	Filtro N.º 3	Filtro N.º 7
Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 11:05	2019-07-26 11:20
Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	Agua para uso y consumo humano
RESULTADOS	Presencia de ooquistes de <i>Cryptosporidium sp</i> Presencia de quistes de protozooario Ausencia de quistes de <i>Giardia sp</i>	Ausencia de ooquistes de <i>Cryptosporidium sp</i> y de quistes de <i>Giardia sp</i>

Por los resultados del agua filtrada del **Filtro 3**, mediante inmunofluorescencia técnica Merifluor, existe la presencia de *Cryptosporidium sp* que se corrobora con los resultados de la coloración Ziehl Neelsen modificada y presencia de quistes de protozooario, **NO CUMPLE CON LOS LMP** del D. S. N.º 031-2010-SA/Indica: o org/L (MINSA-DIGESA, 2011).

CUADRO 6. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PRESENCIA DE PROTOZOARIOS PATÓGENOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA DEL FILTRO N.º 9 Y DEL FILTRO 9B SEGÚN CERPER

Fuente: CERPER.

		Estación de Muestreo	Filtro N.º 9	Filtro N.º 9 B	LMP
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 11:30	2019-07-26 11:35	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	Agua para uso y consumo humano	
Parámetro	Límite de detección	Unidad	Resultados	Resultados	LMP
Parásitos - Protozoarios					
<i>Acanthamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Balantidium sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Blastocystis sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Chilomastix sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Cryptosporidium sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Endolimax sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Entamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Giardia sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Iodamoeba sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**
<i>Isospora sp</i>	1	Quiste/L	<1	<1	**

CUADRO 7. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PRESENCIA DE PROTOZOARIOS PATÓGENOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS FILTROS N.º 9 Y N.º 9B, SEGÚN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA MÉDICA - UNSAAC E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY. TÉCNICA MERIFLUOR

Fuente: Investigación Agua Piuray.

Estación de Muestreo	Filtro N.º 9	Filtro N.º 9 B
Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 11:30	2019-07-26 11:35
Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	Agua para uso y consumo humano
RESULTADOS	Ausencia de Ooquistes de <i>Cryptosporidium sp</i> y de quistes de <i>Giardia sp</i>	Ausencia de Ooquistes de <i>Cryptosporidium sp</i> y de quistes de <i>Giardia sp</i>

Por los resultados hallados, la muestra de agua del Filtro 9 y Filtro 9B sí cumple el LMP del D. S. N.º 031-2010-SA/Indica: 0 org/L (MINSA-DIGESA, 2011).

Parámetros hidrobiológicos

En la tabla número 13, se detallan las especies encontradas y la cantidad de individuos por litro correspondiente en la primera muestra obtenida de agua pre filtrada o “agua cruda”. En esta podemos observar que, la mayor cantidad de individuos encontrados, al igual que la primera muestra de este filtro, pertenecen al phylum Chlorophyta o algas verdes, dentro de las cuales la especie que contiene la mayor cantidad de individuos por litro pertenece al orden de los Chlorococcales, seguido por *Cryptomonas sp.* perteneciente al phylum Cryptophyta.

En el agua cruda (pre.filtrada) A se halló un total de microalgas de 3×10^6 siendo que el LMP es de $<5 \times 10^6$ se encuentra aun dentro del LMP según el MINAN (2017).

ESPECIE NITZSCHIA ACICULARIS (TODAS LAS MUESTRAS POSEEN ESTA ESPECIE)

Fuente: Foto 40X. Tomada en el microscopio marca LEICA de la E.P. de Medicina Humana-UNSAAC, Investigación Agua Piuray.



Imperio Eukaryota
Reino Chromista
Phylum Bacillariophyta
Subphylum Bacillariophytina
Clase Bacillariophyceae
Subclass Bacillariophycidae
Order Bacillariales
Familia Bacillariaceae
Genero Nitzschia
Especie Nitzschia acicularis

CUADRO 8. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN LAS MUESTRAS DE AGUA - AGUA PRE FILTRADA A, SEGÚN CERPER E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY

Fuente: CERPER e Investigación Agua Piuray.

		Estación de Muestreo	Agua Cruda (Pre filtrada) A	
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07- 26 11:00	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	
		Unidad	Organismos/L	
Orden	Familia	Genero y/o Especie	Resultados	LMP
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Bacillariophyceae)				
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia acicularis	12252	<5x106 (MINAM, 2017)
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp	2464	
Cocconeidales	Cocconeidaceae	Cocconeis placentula	8	
Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema sp	16	
Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria sp.	464	
Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria ulna	16	
Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	Epithemia adnata	8	
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Chlorophyceae)				
Chlorococcales	Nd	Nd	127423	<5x106 (MINAM, 2017)
Sphaeropleales	Hydrodictyceae	Pseudopediastrum boryanum	1456	
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Coelastrum microporum	11272	<5x106 (MINAM, 2017)
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Desmodesmus quadricauda	16	
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Trebouxiophyceae)				
Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp.	54890	Ídem anterior
Cianobacterias (Phyllum: Cyanobacteria, Clase: Cyanophyceae)				
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria princeps	104	Ídem anterior
Synechococcales	Merismopediaceae	Merismopedia sp.	8	
Fitoflagelados (Phyllum: Cryptophyta, Clase: Cryptophyceae)				
Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	Cryptomonas sp.	115 988	<5x106 (MINAM, 2017)
TOTAL			3 806 361	

CUADRO 9. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN LAS MUESTRAS DE AGUA - AGUA PRE FILTRADA B, SEGÚN CERPER E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY

Fuente: CERPER e Investigación Agua Piuray.

		Estación de Muestreo	Agua Cruda (Pre filtrada) B	
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 - 11:05	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	
		Unidad	Organismos/L	
Orden	Familia	Genero y/o Especie	Resultados	LMP
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Bacillariophyceae)				
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia acicularis	1758	<5x106 (MINAM, 2017)
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp	792	
Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella sp	14	
Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria sp.	164	
Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria ulna	5	
Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	280	
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Chlorophyceae)				
Chlorococcales	Nd	Nd	1004	<5x106 (MINAM, 2017)
Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	Pseudopediastrum boryanum	888	
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Coelastrum microporum	600	
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Scenedesmus sp	608	
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Trebouxiophyceae)				
Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp.	3536	Ídem anterior
Cianobacterias (Phyllum: Cyanobacteria, Clase: Cyanophyceae)				
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria princeps	82	Ídem anterior
Fitoflagelados (Phyllum: Cryptophyta, Clase: Cryptophyceae)				
Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	Cryptomonas sp.	2888	<5x106 (MINAM, 2017)
TOTAL			9 312	

En este cuadro se detallan las especies encontradas y la cantidad de individuos por litro correspondiente en la segunda muestra obtenida de agua pre filtrada o “agua cruda”. En esta podemos observar que la mayor cantidad de individuos encontrados, al igual que la primera muestra de este filtro, pertenecen al phyllum Chlorophyta o algas verdes, dentro de las cuales, la especie que contiene la mayor cantidad de individuos por litro pertenece a *Oocystis sp.*, seguido por *Cryptomonas sp.* perteneciente al phyllum Cryptophyta.

En el agua cruda (pre filtrada) A se hallaron un total de microalgas de 3×10^6 siendo que el LMP es de $<5 \times 10^6$ se encuentra aun dentro del LMP según el MINAN (2017).

Muestras de agua filtrada

CUADRO 1. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN LAS MUESTRAS DE AGUA - AGUA DEL FILTRO N.º 3, SEGÚN CERPER E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY

Fuente: CERPER e Investigación Agua Piuray.

		Estación de Muestreo	Filtro N.º 3	
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 - 11:05	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	
		Unidad	Organismos/L	
Orden	Familia	Genero y/o Especie	Resultados	LMP
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Bacillariophyceae)				
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia acicularis	166 712	D. S. N.º031-2010-SA/Indica: 0 org/L (MINSA-DIGESA. 2011).
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia linearis	97	
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	116 927	
Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella sp.	15	
Naviculales	Stauroneidaceae	Craticula sp.	22	
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Fragilariophyceae)				
Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria sp.	4 208	Ídem anterior
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Chlorophyceae)				
Chlorococcales	Nd	Nd	8 044	D. S. N.º031-2010-SA/Indica: 0 org/L (MINSA-DIGESA. 2011).
Sphaeropleales	Hydrodictyceae	Pseudopediastrum boryanum	119	
Sphaeropleales	Hydrodictyceae	Stauridium tetras	156	
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Coelastrum microporum	7 360	
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Trebouxiophyceae)				
Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp.	146 047	Ídem anterior
Fitoflagelados (Phyllum: Cryptophyta, Clase: Cryptophyceae)				
Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	Cryptomonas sp.	10 659	Ídem anterior
TOTAL			663 201	

D. S. N.º 031-2010-SA / (MINSA-DIGESA, 2011) Indica: 0 org/L. No deben existir organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos, por lo que **NO CUMPLE CON LOS LMP**.

Con los resultados del actual cuadro se puede ver que la mayor cantidad de individuos encontrados pertenecen al phyllum Bacillariophyta o conocidas como diatomeas, dentro de las cuales la especie que contiene la mayor cantidad de individuos por litro es *Nitzschia acicularis*.

CUADRO 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN LAS MUESTRAS DE AGUA - AGUA DEL FILTRO N.º 7, SEGÚN CERPER E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY

Fuente: CERPER e Investigación Agua Piuray.

		Estación de Muestreo	Filtro N.º 7	D. S. N.º031-2010-SA/Indica: 0 org/L (MINSA-DIGESA. 2011).
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 - 11:20	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	
		Unidad	Organismos/L	
Orden	Familia	Genero y/o Especie	Resultados	LMP
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Bacillariophyceae)				
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia acicularis	85 398	D. S. N.º031-2010-SA/ (MINSA-DIGESA. 2011).
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	94 485	
Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria sp.	1 691	
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Fragilariophyceae)				
Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria sp.	2 674	Ídem anterior
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Chlorophyceae)				
Chlorococcales	Nd	Nd	30 438	D. S. N.º031-2010-SA/Indica: 0 org/L (MINSA-DIGESA. 2011).
Sphaeropleales	Hydrodictyceae	Pseudopediastrum boryanum	884	
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Coelastrum microporum	4 982	
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Trebouxiophyceae)				
Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp.	7 330	Ídem anterior
Cianobacterias (Phyllum: Cyanobacteria, Clase: Cyanophyceae)				
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria princeps	21	Ídem anterior
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Phormidium sp.	71	
Synechococcales	Merismopediaceae	Merismopedia sp.	7	
Fitoflagelados (Phyllum: Cryptophyta, Clase: Cryptophyceae)				
Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	Cryptomonas sp.	5 122	Ídem anterior
TOTAL			453 977	

En este cuadro se puede observar que la mayor cantidad de individuos encontrados pertenecen al phyllum Bacillariophyta o conocidas como diatomeas, dentro de las cuales, la especie que contiene la mayor cantidad de individuos por litro es *Nitzschia sp.* (no se pudo determinar la especie), seguida por la especie *Nitzschia acicularis*.

D. S. N.º031-2010-SA / (MINSA-DIGESA, 2011) Indica: 0 org/L. No deben existir organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos, por lo que **NO CUMPLE CON LOS LMP**.

CUADRO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN LAS MUESTRAS DE AGUA- AGUA DEL FILTRO N.º 9A, SEGÚN CERPER E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY

Fuente: CERPER e Investigación Agua Piuray.

		Estación de Muestreo	Filtro N.º 9A	
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 - 11:30	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	
		Unidad	Organismos/L	
Orden	Familia	Genero y/o Especie	Resultados	LMP
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Bacillariophyceae)				
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia acicularis	39 738	D. S. N.º031-2010-SA/ Indica: 0 org/L (MIN-SA-DIGESA. 2011
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	19 399	
Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella sp.		
Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria sp.	62	
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Coscinodiscophyceae)				
Melosirales	Melosiraceae	Melosira varians	11	Ídem anterior
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Fragilariophyceae)				
Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria sp.	2 162	Ídem anterior
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Chlorophyceae)				
Chlorococcales	Nd	Nd	51 419	D. S. N.º031-2010-SA/ Indica: 0 org/L (MIN-SA-DIGESA. 2011).
Sphaeropleales	Hydrodictyceae	Pseudopediastrum boryanum	19 399	
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Coelastrum microporum	3 598	
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Trebouxiophyceae)				
Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp.	11 660	Ídem anterior
Cianobacterias (Phyllum: Cyanobacteria, Clase: Cyanophyceae)				
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria princeps	6	Ídem anterior
Fitoflagelados (Phyllum: Cryptophyta, Clase: Cryptophyceae)				
Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	Cryptomonas sp.	4 582	Ídem anterior
TOTAL			21 812	

Este cuadro presenta la mayor cantidad de individuos encontrados pertenecen al Phyllum Chlorophyta o algas verdes, dentro de las cuales la especie que contiene la mayor cantidad de individuos por litro es una especie perteneciente al orden Chlorococcales, seguida por la especie *Nitzschia acicularis* y la especie del género *Nitzschia sp.* que pertenece al Phyllum Bacillariophyta.

D. S. N.º031-2010-SA / (MINSA-DIGESA, 2011) Indica: 0 org/L. No deben existir organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos, por lo que **NO CUMPLE CON LOS LMP.**

CUADRO 4. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN LAS MUESTRAS DE AGUA - AGUA DEL FILTRO N.º 9B, SEGÚN CERPER E INVESTIGACIÓN AGUA PIURAY

Fuente: CERPER e Investigación Agua Piuray.

		Estación de Muestreo	Filtro N.º 9 B	
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 - 11:35	
		Tipo de Muestra	Agua para uso y consumo humano	
		Unidad	Organismos/L	
Orden	Familia	Genero y/o Especie	Resultados	LMP
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Bacillariophyceae)				
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia acicularis	87 767	D. S. N.º031-2010-SA/ Indica: 0 org/L (MIN-SA-DIGESA. 2011).
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	14 110	
Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria sp.	83	
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Coscinodiscophyceae)				
Diatomeas (Phyllum: Bacillariophyta, Clase: Fragilariophyceae)				
Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria sp.	2 944	Ídem anterior
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Chlorophyceae)				
Chlorococcales	Nd	Nd	91 116	Ídem anterior
Sphaeropleales	Hydrodictyceae	Pseudopediastrum boryanum	2 854	
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Coelastrum microporum	4 944	
Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Scenedesmus sp.	75	
Algas Verdes (Phyllum: Chlorophyta, Clase: Trebouxiophyceae)				
Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp.	29 916	Ídem anterior
Fitoflagelados (Phyllum: Cryptophyta, Clase: Cryptophyceae)				
Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	Cryptomonas sp.	71 186	Ídem anterior
TOTAL			414 521	

En esta cuadro se detallan las especies encontradas en la segunda muestra obtenida del filtro 9B. En ella podemos observar que la mayor cantidad de individuos encontrados, al igual que la primera muestra de este filtro, pertenecen al phylum Chlorophyta o algas verdes, dentro de las cuales la especie que contiene la mayor cantidad de individuos por litro es una especie perteneciente al orden Chlorococcales, seguida por la especie *Nitzschia acicularis*. Sin embargo debemos resaltar que en esta muestra existe una mayor cantidad proporcional en cuanto a la especie *Cryptomonas sp.* con 71 186 organismos por litro, comparando con los 4 582 individuos encontrados en la anterior muestra, además de poder observar una gran diferencia numérica.

Con todo lo cual **NO CUMPLE** el LMP del D. S. N.º031-2010-SA / que Indica: o org/L. No deben existir organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos (MINSA-DIGESA, 2011).

Discusión

Los **filtros rápidos** de gravedad y **presión** se utilizan comúnmente para filtrar el agua que ha sido pre tratada por coagulación y sedimentación (World Health Organization, 2017).

SEDACUSCO (2020) en su memoria 2019, asevera que desde hace 50 años utiliza los mismos filtros **rápidos horizontales a presión** y que en ese entonces la empresa francesa Degrémont implementó las unidades de tratamiento (floculación - filtros - desinfección) y que siguen operando hasta la actualidad, cumpliendo 50 años de labor ininterrumpida y de servicio a nuestra ciudad.

En el mundo crearon tres plantas piloto de 350 litros por segundo de capacidad con toberas de filtración, que fueron instaladas una en Arabia, otra en Curitiba (Brasil) y la tercera en Cusco (Perú). En la actualidad sólo está en funcionamiento la planta implementada de Cusco (SEDACUSCO S.A. ,2020).

En los años 2012 y 2013, con el financiamiento del Ministerio de Vivienda, se hizo el mantenimiento integral a la PTAP Santa Ana.

Pérez , A. *et al.*, (2016) menciona que la disminución de la eficiencia de los filtros se podría deber a una mala limpieza. Dar mantenimiento a los sistemas de filtración es fundamental para su rendimiento, siendo indispensable tener el cuidado correspondiente al manipularlos.

Por mucho buen mantenimiento que se den a éstas, ya están obsoletas por el tiempo de uso. Se sabe que cualquier equipo tiene un tiempo de vida útil después, del cual empieza a perder eficacia y requiere ser renovado, como hicieron con las instaladas en Arabia y Curtiva (Brasil).

Según Pérez, A. *et al.*, (2018), en la **filtración** se encontraron tres eventos peligrosos: La incorrecta operación de los filtros, el deficiente lavado de los filtros y la elevada

contaminación orgánica de la fuente (Oxígeno disuelto-OD menor o igual a 3.0 mg/L), este último consecuencia de los eventos peligrosos sin medidas de control de las anteriores fases del proceso de la PTA. El seguimiento continuo de la eficacia de las medidas de control, se debe realizar durante todo el procedimiento de tratamiento de las aguas de consumo.

Uno de los puntos críticos de control en las plantas de tratamiento es la fase de la filtración. Pérez de la Cruz (2013) habla acerca de la eficacia del proceso de filtración, mencionado que se debe tener en cuenta que el objetivo de un filtro es la eliminación de las partículas coloidales.

En cuanto a su utilidad, Casero Rodríguez (2008), en su tesis de maestría, nos indica que la filtración es necesaria para el tratamiento del agua y para mejorar el agua que pasa por el **proceso de sedimentación**; además, agrega que **la filtración** es de mucha ayuda para la eliminación de elementos como hierro y manganeso, color, y los de tipo organoléptico como gusto y olor.

Por lo anterior, al analizar el filtro 3 de la PTAP Santa Ana - SEDACUSCO S.A. mediante el método de inmunofluorescencia (microscopio de inmunofluorescencia) y observación microscópica con coloración Gram y Ziehl Neelsen (microscopio óptico), se detectó la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium sp* en el filtro 3 y en todos los filtros 3, 7, 9A, 9B se determinaron microalgas, por lo cual **NO CUMPLÍAN** el LMP del D. S. N.º 031-2010-SA/ Indica: 0 org/L (MINSA-DIGESA, 2011).

SEDACUSCO (2020) informa que el agua filtrada obtenida en el proceso de filtración es desinfectada utilizando cloro líquido, que se tiene envasado en cilindros de una tonelada de capacidad a alta presión.

Lo peor es que las microalgas son material orgánico, que unido al cloro podrían producir trihalometanos, que son perjudiciales para la salud humana.

SEDACUSCO S.A. (2020) informa en su memoria 2019 que una vez removidas todas las impurezas, se procede a enjuagar con agua filtrada en contra corriente. El agua resultante del lavado es conducida a un pozo de recolección; en éste se recupera la arena que pudiera haberse removido con el agua, ya que al ser una arena especial que contiene cuarzo en una proporción y medida específicas, es imprescindible conservarla para que el filtro opere con normalidad.

El agua de la laguna de Piuray está expuesta a condiciones de clima y también a las actividades antrópicas realizadas en su entorno. Es por eso que constantemente el agua de esta fuente es examinada y controlada química y biológicamente por profesionales del área de control de calidad. Debido a que el agua de la laguna está expuesta, es que la Planta de Santa Ana cuenta con un sistema de **floculación eventual**; se denomina así por ser utilizada sólo en las temporadas de mayor requerimiento por la presencia de microorganismos; este sistema no se utiliza para bajar la turbiedad sino **para bajar la carga orgánica**.

En la **Sierra del Perú**, en la temporada de abril a noviembre las horas de luz solar son bastante prolongadas, y en consecuencia la actividad fotosintética es elevada, esto contribuye al crecimiento de micro algas por lo que es necesario utilizar polímeros como floculante (SEDACUSCO S.A., 2020).

Respecto de este último, es un parámetro muy difícil de cumplir para las empresas que tienen como fuente aguas superficiales, dado que la actividad fotosintética siempre va a estar presente generando **microorganismos y micro algas** como las de la laguna de Piuray, más aún en los meses de abril a noviembre en los que las horas de sol son bastante prolongadas, yendo desde casi las 6 am hasta pasadas las 5 pm.

Si se renovaran los filtros el costo beneficio sería mayor. Actualmente, como dicen tienen que “recuperar la arena que pudiera haberse removido con el agua” que probablemente contenga microalgas.

Es por esta razón que la EPS SEDACUSCO S.A. ha iniciado la construcción de una nueva planta de pretratamiento al pie de la laguna de Piuray, a fin de cumplir a cabalidad con las exigencias de la nueva normativa.

Esta construcción de la planta de pretratamiento es una obra grandiosa, que ayudará a mejorar la calidad del agua potable. Si estuviera unido a la faja marginal alrededor de la laguna de Piuray, sería algo realmente beneficioso y se estaría cumpliendo la ley.

Conclusiones

1. La eficacia de los filtros horizontales en la planta de tratamiento de agua potable de Santa Ana EPS SEDA CUSCO es baja y necesitan ser renovados, siendo que el estado de conservación de la infraestructura de los filtros posee una antigüedad de 50 años, y sobre todo por la presencia de microalgas.
2. Los filtros horizontales evaluados en cuanto al estado de conservación de la infraestructura, operatividad y estado sanitario están en constante mantenimiento y limpieza y tienen un cierto grado de eficacia por su antigüedad de 50 años.
3. Los parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras de agua cruda antes de pasar por los filtros de la planta de tratamiento sí cumplen con el LMP según los ECAs para agua, aprobados por el D.S. N.º004-2017-MINAM y D.S. N.º031-2010-SA/MINSA-DIGESA.
4. Los parámetros biológicos de las muestras de agua después de pasar por los filtros de la planta de tratamiento, por la presencia de OVL-algas y quistes protozoarios NO CUMPLEN EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP) del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D. S. N.º031-2010-SA/MINSA-DIGESA.

Palabras clave: *Filtros horizontales, PTAP-Santa Ana, EPS SEDACUSCO S.A., microalgas, parámetros físicos-químicos.*

Referencias bibliográficas

- Autoridad Nacional del Agua. (2016)- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Casero Rodríguez, D. (2008). Potabilización del Agua. España: EOI.
- Constanza Muñoz, Liliana, Pinilla, Gladys, Navarrete, Jeannette. 2017. Biopelícula en *Staphylococcus* spp.: estructura, genética y control. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, vol. 37, núm. 1, enero-marzo 2017 <https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2017/ei171e.pdf>
- Cordero Ordóñez M, Ullauri Hernández P. Filtros case-ros, utilizando ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGAS), 2 filtros lentos de arena (FLA), sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento [Internet]. Dspace. ucuenca.edu.ec. 2011 <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/747>
- Cristóbal Escobar, F. W. (2005). Descripción Hidráulica de la Batería de Filtros de Planta N.º 1 de la Atarjea. Lima: UNMDSM.

- DIGESA, (2015). Protocolo de procedimientos para toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. Resolución Directoral N.º 160-2015/DIGESA/SA
- DIGESA. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Ministerio de Salud (MINSA), (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N.º 031-2010-SA. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2011-02552 Lima Perú. http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- El Peruano. DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM. 2017;10-19.
- EPS SEDACUSCO S.A. (2020). Memoria Anual 2019. <https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2019.pdf>
- EPS SEDACUSCO S.A. (2021). Memoria anual 2020. <https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2020.pdf>
- INEI. (2017). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda. Lima.
- Martínez Herrera, E. (2020). Fuentes de Abastecimiento y Captación. En UNAN-Managua, Ingeniería Sanitaria I (págs. 25-43). Managua: UNAN. Obtenido de Las aguas de lluvia están menos expuestas a la contaminación con bacterias y parásitos, no constituyen fuentes de aprovechamiento constante, deben colectarse en épocas de lluvia y almacenarse durante el verano. https://www.academia.edu/9275462/Fuente_de_Abastecimiento
- MINAM. (2017). DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM. El Peruano, págs. 10-19.
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Ministerio de Salud (MINSA), (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N.º 031-2010-SA. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2011-02552 Lima Perú. http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- MINSA – INS. (2018). Vigilancia y control de la calidad del agua / Coordinado por la Oficina Ejecutiva de Transferencia Tecnológica y Capacitación. ISBN: 978-612-310-105-3 Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2018-06056 <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4516.pdf>
- MVCS. (2017). Manual de Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua Potable y Unidades Básicas de Saneamiento. Lima: Programa Nacional de Saneamiento Rural.
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Ginebra: OMS.
- OPS - CEPIS. (2003). Especificaciones técnicas de captación de agua de lluvia para consumo humano. 1st ed. Lima: Oficina Sanitaria Panamericana.
- OPS - CEPIS. (2005). Especificaciones técnicas de captación de agua de lluvia para consumo humano. Lima.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza).
- Pérez de la Cruz, F. J. (2013). Abastecimiento de aguas. Cartagena.
- Pure Water. (2022) ¿Que es el biofilm o biocapa?. Colombia. <https://purewater.com.co/zoo-extension/>.
- PVICA-3 DIGESA “Formulario para evaluar el estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua”
- Salamanca E. Tratamiento de aguas para el consumo humano. Módulo Arquitectura CUC.
- SUNASS. (2003). Directiva sobre el control de calidad del agua potable. Lima.
- SUNASS. (2013). Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa de servicio de agua potable y alcantarillado SEDACUSCO S.A. Cusco: GRT.
- World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Brasil: World Health Organization.

10. ANÁLISIS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA PIURAY

Equipo de Investigación Agua Piuray

Para el muestreo se ha utilizado el plan de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano abastecida por la EPS SEDACUSCO (MINSA-DIGESA, 2008).

Método químico - Medición de cloro

El cloro oxida las sustancias orgánicas. Debe estar siempre almacenado seco, fresco y bien ventilado; es un desinfectante relativamente seguro en su manejo y almacenamiento. Con un precio relativamente bajo, su efectividad se puede medir (Cloro Libre Residual-CLR).

La razón más importante por la cual se utiliza el cloro para la desinfección de agua (y especialmente en emergencias) es porque deja, cuando es correctamente dosificado, un residual del cloro en el agua que puede ser medido y por tanto, facilita el monitoreo de una correcta desinfección. A este residual se le llama Cloro Libre Residual (CLR). Además, este CLR “vigila” el agua como agente de seguridad ante posibles futuras contaminaciones. Su dosificación es fácil. Se realiza a través de un proceso que se llama el test de las jarras o baldes, donde se mide la demanda de cloro de un agua probando diferentes dosis en una batería de contenedores y midiendo su cloro libre residual (MINSA - INS, 2018).

FIGURA 1. PRONÓSTICO DEL TIEMPO PARA CUSCO POR SENAMHI (2019)

Fuente: Senamhi, 2019.

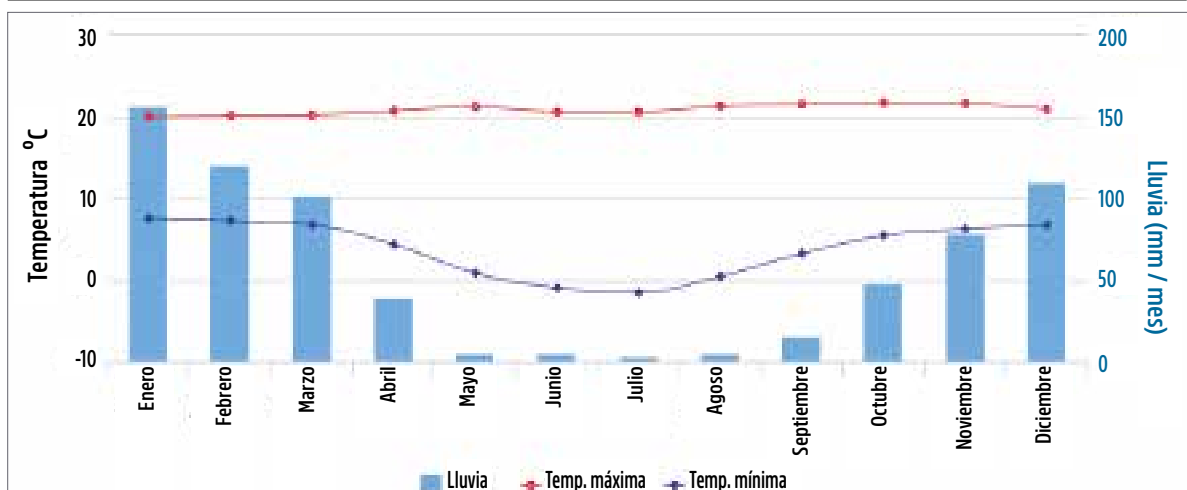


TABLA 1. MES DEL AÑO 2019 / LLUVIA Y TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA

Fuente: Senamhi, 2019.

Mes / año 2019	Lluvia mm/mes	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
Julio	3.34	20.6	-1.6
Noviembre	78.67	21.6	6.2

En Cusco se tienen bien marcadas dos épocas, una época de secas y otra época de lluvias, por lo cual se tomaron las muestras en julio y noviembre.

Resultados

FIGURA 2. MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL MG/L-1 POR PUNTO DE MUESTREO. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia realizada en base a datos de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

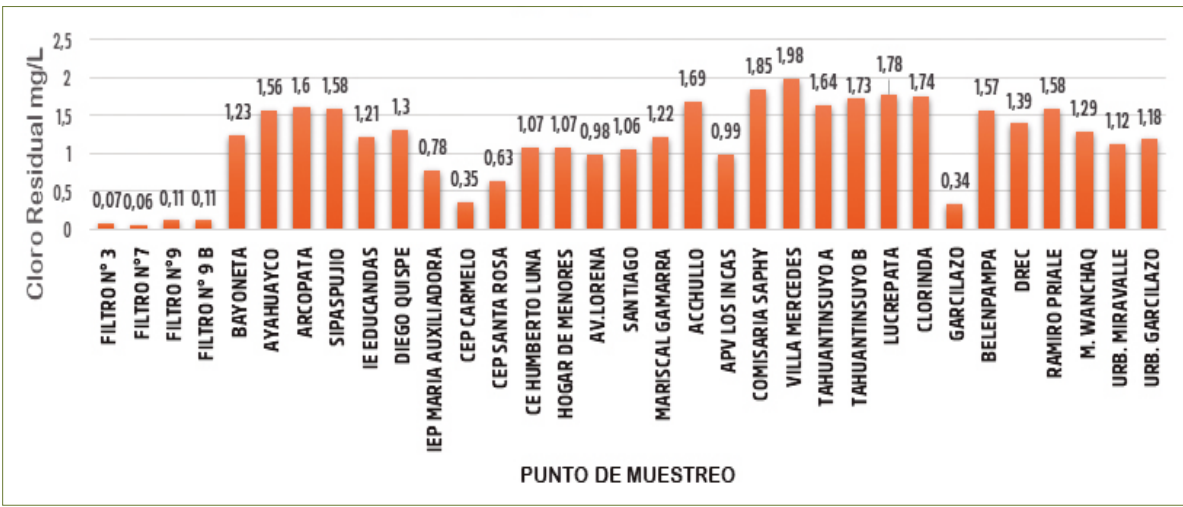
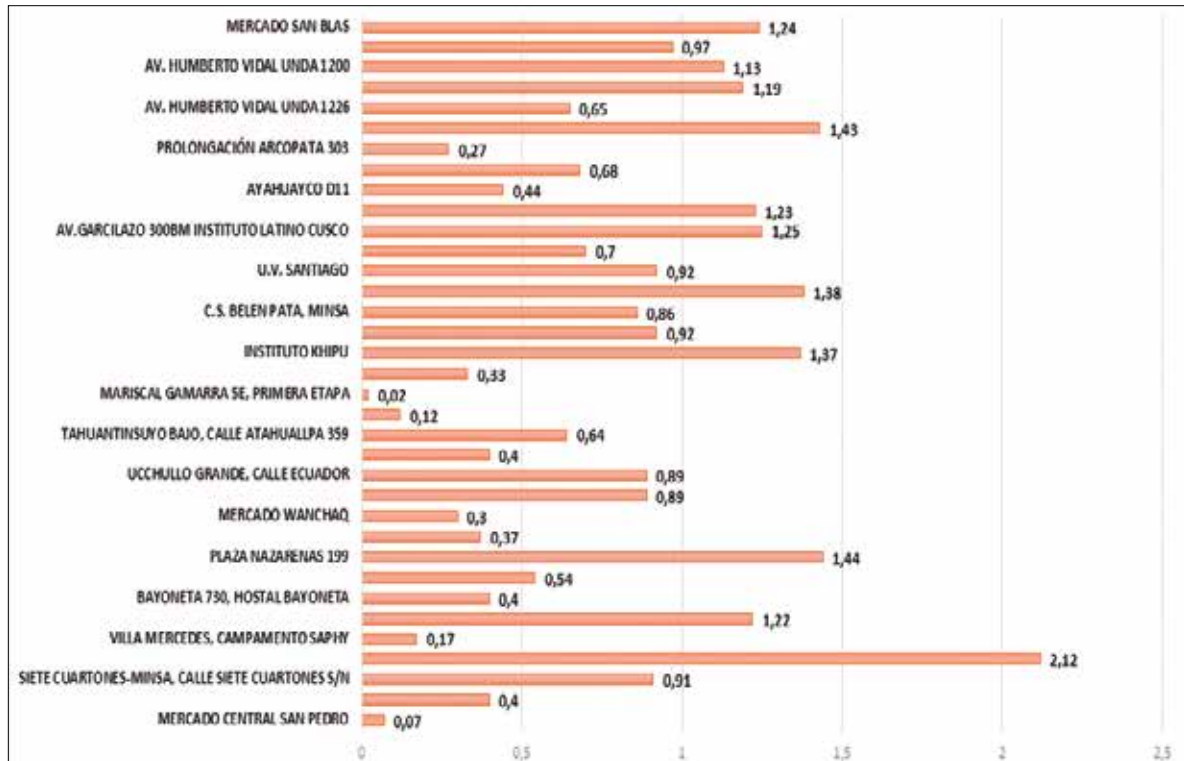


FIGURA 3. MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL MG/L POR PUNTO DE MUESTREO. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia realizada en base a datos de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.



Discusión

De la **figura 2**, en cuanto a los resultados de cloro libre residual mg/ L. el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N.º 031-2010-SA. (DIGESA - MINSA, 2011), en el Título IX referido a los requisitos de calidad del agua para consumo humano, dice en el

Artículo 59°.- Agua apta para el consumo humano. Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento (DIGESA – MINSA, 2011).

Artículo 66°.- Control de desinfectante. Antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución.

En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución no deberán contener menos de 0.5 mg/l-1 de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mg/l-1 y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT) (DIGESA - MINSA, 2011).

La OPS, en la guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua, en cuanto a las acciones para garantizar agua segura a la población. En condiciones normales, el cloro residual varía entre 0,2 ppm y 0,5 ppm, lo ideal es 0,5 ppm a la salida del tratamiento y no menos de 0,2 ppm en el punto más alejado de la red (OPS, 2013).

Comparados los resultados de cloro libre residual mg/L⁻¹, se encuentran dentro de los LMP, y habría que considerar que las instituciones educativas (IE), como la IEP El Carmelo que presenta 0.35 y la IEN Garcilazo, con 0.34.

De la **figura 3**, del análisis realizado en el mes de noviembre 2019. DIGESA -MINSA (2011) indica que, ninguna muestra tomada en cualquier punto de la red de distribución debe contener menos de 0.3 mg/l-1

La OPS (2013) menciona que para garantizar agua segura a la población el cloro residual no menos de 0,2 ppm en el punto más alejado de la red.

Siendo que en las siguientes muestras se tienen valores por debajo del LMP:

1. Mercado Central San Pedro = 0.07
2. Villa Mercedes. Campamento Saphi = 0.17
3. Lucrepata Jardín "Pequeñas Semillas" = 0.12
4. Mariscal Gamarra SE, Primera Etapa = 0.02

Estas muestras ya no se encuentran dentro de los LMP y por tanto NO SON APTAS PARA CONSUMO HUMANO porque no garantizan agua segura a la población.

Resultados de organismos de vida libre, como algas, protozoarios

Muestreo

Selección de las estaciones de muestreo - monitoreo.

Primer muestreo en julio 2019

TABLA 2. ESTACIONES DE MUESTREO / COORDENADAS UTM WGS EN LOS TRIBUTARIOS DE LA LAGUNA DE PIURAY, JULIO DE 2019

Fuente: Fuente Propia. Informe N° 2-01544/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

N.º	Estación de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
3	Huila Huila	19Lo819402	8515069
4	Ocotuan	19Lo823001	8514733
5	Maycho	19Lo822818	8514595
6	Pongobamba	19Lo821609	8514005
7	Ravilchaca	19Lo821104	8513945
8	Puerto Estacion De Bombeo – Laguna De Piuray	19Lo820009	8514555

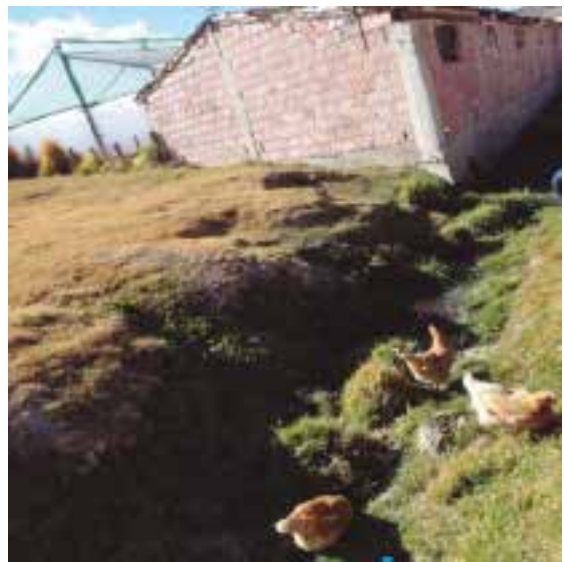


Figura. Foto Parte del rio Ravilchaca

Fuente: Elaboración propia.

Tributarios de la laguna de Piuray

TABLA 3. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN EL RÍO HUILA HUILA, OCOTUAN, MAYCHO, PONGOBAMBA. JULIO 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01544/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	HUILA HUILA	OCOTUAN	MAYCHO	PONGOBAMBA
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 07:50	2019-07-26 08:30	2019-07-26 08:45	2019-07-26 09:00
					Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
(*X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	---	7	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>	16 091	88	7	5 830	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia linearis</i>	---	221	15	3 336	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigmaidea</i>	16	44	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	948	74	---	6 610	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia spp.</i>	---	---	22	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema sp.</i>	---	51	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp.</i>	---	140	7	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema sp.</i>	---	---	---	184	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	---	---	---	2 922	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria sp.</i>	---	---	---	1 500	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	---	---	---	107	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>	471 139	9 598	---	4 774	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.</i>	---	---	---	8	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma sp.</i>	---	15	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	8	---	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura solea</i>	---	7	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella sp.</i>	---	15	---	1 928	---
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.</i>	1 028	---	---	---	---
Algas Verdes									
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium acerosum</i>	105	7	---	---	---
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Monoraphidium sp.</i>	---	---	---	138	---
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria princeps</i>	---	---	---	15	---
Fitoflagelados									
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas sp.</i>	988 878	---	---	---	---
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>	1 430	125	---	84	---

TABLA 4. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN EL RÍO RAVILCHACA Y PUERTO ESTACIÓN DE BOMBEO - LAGUNA DE PIURAY. JULIO 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N° 2-01544/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	RAVILCHACA	PUERTO ESTACION DE BOMBEO
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-26 09:10	2019-07-26 09:35
					Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
(*)(4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L	
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie			
Diatomeas							
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>		2 702	50 847
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia linearis</i>		8 679	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigmaidea</i>		7	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>		694	108 922
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp.</i>		---	29
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema sp.</i>		---	1 622
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>		---	3 168
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria sp.</i>		---	236
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>		30	37
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>		1 030	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pleurosigmaaceae	<i>Pleurosigma sp.</i>		7	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	<i>Craticula sp.</i>		15	37
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>		---	44
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia sp.</i>		---	10 231
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella sp.</i>		52	---
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Nd		---	81
Algas Verdes							
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Stigeoclonium sp.</i>		---	7
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd		---	2 814
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>		---	18 664
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>		---	44 680
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>		---	3 256
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>		---	8 238
Cianobacterias							
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>		---	74
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>		---	7
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia sp.</i>		---	7
Dinoflagelados							
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Nd	Nd		---	442
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium willet</i>		---	7
Fitoflagelados							
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas sp.</i>		---	57 790
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>		---	15

Segundo muestreo

Noviembre de 2019

Tributarios y Laguna de Piuray

FIGURA 4. LAGUNA DE PIURAY Y SUS TRIBUTARIOS. SISTEMA PIURAY. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente. Elaboración propia en base a las estaciones del segundo muestreo.



TABLA 5. ESTACIONES DE MUESTREO / COORDENADAS UTM WGS EN LOS TRIBUTARIOS DE LA LAGUNA DE PIURAY. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Senamhi, 2019

N.º	Estación de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	Riachuelo Tributario Ocotuan	18Lo823008	8514729
2	Riachuelo Tributario Maycho	18Lo822812	8514596
3	Riachuelo Tributario Ravilchaca	18Lo821157	8513648
4	Riachuelo Tributario Pongobamba	18Lo821618	8513996
5	Laguna De Piuray	18Lo820045	8514592
6	Riachuelo Tributario Huila Huila	18Lo819403	8515066

TABLA 6. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO EN LOS RIACHUELOS TRIBUTARIOS OCOTUAN, MAYCHO, RAVILCHACA, PONGO BAMBAMBA. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03544/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	RIACHUELO TRIBUTARIO OCOTUAN	RIACHUELO TRIBUTARIO MAYCHO	RIACHUELO TRIBUTARIO RAVILCHACA	RIACHUELO TRIBUTARIO DE PONGO BAMBAMBA
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-29 16:25	2019-11-29 17:02	2019-11-29 16:57	2019-11-29 16:30
					Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
(*)X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Haritzschia</i> sp.	—	—	—	12	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	22	—	24	—	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	364	12	23 769	31 366	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	245	60	36	576	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	—	22	4	2	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i> sp.	—	4	10	16	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema acuminatum</i>	—	—	—	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	30	12	<1	12	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	—	—	—	292	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp.	—	—	—	2	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	2 369	52	34 551	51 296	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i> sp.	12	24	2	30	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i> sp.	—	—	—	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i> sp.	—	<1	4	—	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	36	4	54	3 553	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	—	8	<1	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sorex</i>	—	6	<1	—	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Surirelliales	Surirellaceae	<i>Cymatopleura solea</i>	—	<1	4	—	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	24	—	—	8	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia viridis</i>	2	—	—	—	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Surirelliales	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp.	4	2	<1	—	
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira varians</i>	8	<1	42	4	
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp.	—	84	<1	2	
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i> sp.	2	190	20	16	
Algas Verdes									
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Glosteriaceae	<i>Glosterium</i> sp.	6	—	—	—	
Chlorophyta	Ulvophyceae	Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i> sp.	—	<1	4	—	
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Cosmerium</i> sp.	—	—	—	4	
Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i> sp.	—	—	—	8	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	—	—	—	<1	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediatrum boryanum</i>	—	—	—	<1	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Monoraphidium</i> sp.	—	—	—	44	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp.	10	<1	8	—	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Nostoc</i> sp.	4	—	—	—	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp.	—	—	—	<1	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.	—	—	—	8	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.	2	—	—	<1	
Fitoflagelados									
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i> sp.	—	<1	12	—	

TABLA 7. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO EN LA LAGUNA DE PIURAY Y EN EL RIACHUELO TRIBUTARIO HUILA HUILA. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03544/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	LAGUNA DE PIURAY	RIACHUELO TRIBUTARIO HUILA HUILA
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-29 16:08	2019-11-29 15:40
					Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
(*) (4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L	
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie			
Diatomeas							
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i> sp.		<1	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.		16	8
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>		12	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.		2	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i> sp.		<1	6
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema acuminatum</i>		40	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.		2	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		<1	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp.		<1	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>		98	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Mastogioiales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i> sp.		<1	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i> sp.		8	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.		46	4
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.		<1	16
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>		20	—
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sorex</i>		—	2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp.		—	2
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira varians</i>		<1	—
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp.		<1	—
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i> sp.		<1	—
Algas Verdes							
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmeceae	<i>Acutodesmus</i> sp.		—	4
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i> sp.		<1	—
Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i> sp.		<1	—
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd		<1	—
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopedicellastrum boryanum</i>		36	—
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Monoraphidium</i> sp.		<1	—
Cianobacterias							
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp.		—	4
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp.		2	—
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.		<1	—
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.		2	—

Discusión

Los resultados del estudio microscópico de los sedimentos a partir muestras de agua procedentes de la laguna de Piuray de la investigación (Mendoza-Muñoz, Y. y col., 2020, pág. 38), quien reportó la presencia de microalgas de los géneros *Anabaena*, ***Cymbella*** y ***Navicula*** se encuentran en aguas contaminadas.

La presencia de la microalga ***Navicula*** como la hallada en el estudio microscópico de la investigación de Mendoza Muñoz, Y. y col. (2020, pág. 38) y el género “*Nitzschia* dentro del grupo de las Bacillariophyceae, están indicando el impacto antropogénico causado por el vertimiento de residuos sólidos y desagües domésticos” (Velez-Azañero A. y col., 2016).

Las especies ácido tolerantes como diatomeas, se han registrado en ambientes con enriquecimiento de actividades agropecuarias (Morales Velasco S. y col., 2012).

Red de distribución de agua potable del Sistema Piuray de SEDACUSCO S.A. Julio de 2019

TABLA 8. ESTACIONES DE MUESTREO / COORDENADAS UTM WGS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL SISTEMA PIURAY SEDACUSCO S.A. JULIO DE 2019

Fuente: Senamhi, 2019

N.º	Estación de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	BAYONETA	19L0176731	8503433
2	AYAHUAYCO	19L0176589	8503912
3	ARCOPATA	19L0176593	8503730
4	SIPASPUJIO	19L0176566	8503229
5	I.E. EDUCANDAS	19L0177111	8503757
6	DIEGO QUISPE	19L0177389	8503498
7	I.E.P. MARIA AUXILIADORA	19L0177634	8504001
8	C.E.P. CARMELO	19L0177965	8503882
9	C.E.P. SANTA ROSA	19L0177985	8503195

Continúa en siguiente
página →

TABLA 8. ESTACIONES DE MUESTREO / COORDENADAS UTM WGS
EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL SISTEMA
PIURAY SEDACUSCO S.A. JULIO DE 2019

N.º	Estación de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
10	C.E. HUMBERTO LUNA	19L0177751	8502981
11	HOGAR DE MENORES	19L0177536	8502671
12	AV. LORENA	19L0177209	8502524
13	SANTIAGO	19L0177080	8502727
14	MARISCAL GAMARRA	19L0179408	8503288
15	UCCHULLO	19L0179807	8503541
16	APV LOS INCAS	19L0179862	8503591
17	COMISARIA SAPHY	19L0177261	8504027
18	VILLA MERCEDES	19L0176693	8504533
19	TAHUANTINSUYO A	19L0178847	8503784
20	TAHUANTINSUYO B	19L0178832	8503897
21	LUCREPATA	19L0178437	8504041
22	CLORINDA	19L0178580	8503383
23	GARCILAZO	19L0178807	8503359
24	BELEMPAMPA	19L0177539	8502799
25	DREC	19L0177726	8503637
26	RAMIRO PRIALE	19L0177135	8501799
27	M. WANCHAQ	19L0178357	8503170
28	URB. MARCAVALLE	19L0180861	8503200
29	URB. GARCILAZO	19L0180565	8503533

Total n= 29 + 12 = 41

FIGURA 5. MAPA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE (SEDACUSCO S.A.) DEL SISTEMA PIURAY DEL PRIMER MUESTREO. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia, en base a las estaciones del primer muestreo de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.



FIGURA 6. NÚMERO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE - ALCAS EN ORGANISMOS/L Y POR PUNTO DE MUESTREO. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.



FIGURA 7. DIATOMEA, NITZSCHIA ACICULARIS ALGA VERDE, PSEUDOPEDIASTRUM BORYANUM,



TABLA 9. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO BAYONETA, AYAHUAYCO, ARCOPATA Y SIPASPUJIO. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	BAYONETA	AYAHUAYCO	ARCOPATA	SIPASPUJIO
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-24 10:15	2019-07-24 10:50	2019-07-24 11:05	2019-07-24 11:30
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*)X(4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>		25 117	41 372	21,809	8,801
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>		38 472	61 261	54,808	49,989
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licnophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>		226	243	260	417
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>		132	---	14	---
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.</i>		726	1 506	1,010	1,080
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd		85 521	99 161	124,034	104,471
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>		321	345	260	280
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>		226	379	707	458
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>		---	6	14	---
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>		132 324	149 518	87,195	102,510
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Nd	Nd		---	6	7	7
Dinoflagelados									
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Nd	Nd		21	---	180	7
Fitoflagelados									
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas sp.</i>		6 453	6 820	2 077	294
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>		16	---	---	---

FIGURA 8. ALGA VERDE, COELASTRUM MICROPORUMALGA VERDE, OOCYSTIS SP

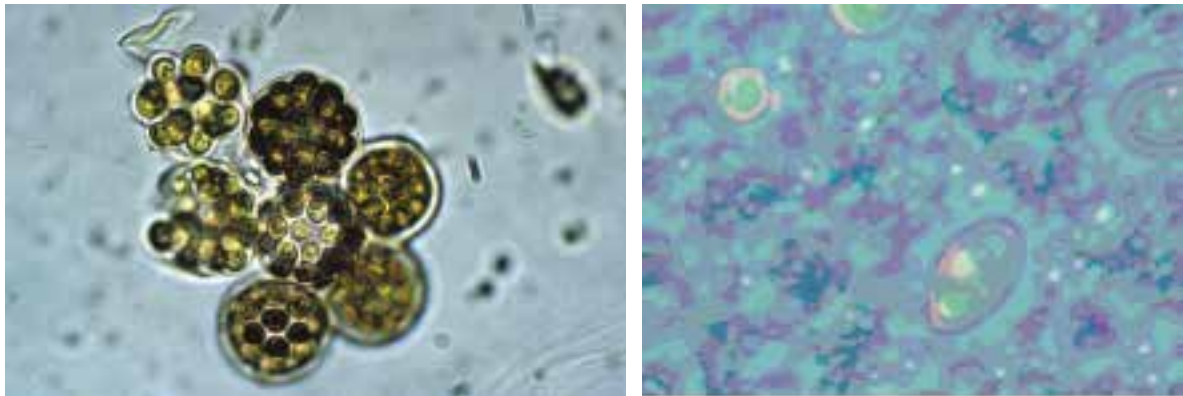


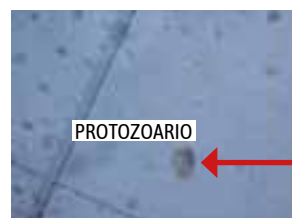
TABLA 10. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE PARÁSITOS-PROTOZOARIOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO IE EDUCANDAS, DIEGO QUISPE, IEP MARÍA AUXILIADORA, CEP EL CARMELO. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

		Estación de Muestreo	I E EDUCANDAS	DIEGO QUISPE	IEP MARÍA AUXILIADORA	CEP CARMELO
		Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-24 12:00	2019-07-24 12:15	2019-07-24 12:55	2019-07-24 13:25
		Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Parámetros Analizados en Campo						
(2) Cloro Residual	0,01	mg/L	1,21	1,30	0,78	0,35
(*) (4) Parásitos - Protozoarios						
(*) (4) Acanthamoeba sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Balantidium sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Blastocystis sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Chilomastix sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Cryptosporidium sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Endolimax sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Entamoeba sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Giardia sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Iodamoeba sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
(*) (4) Isospora sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1	<1
Organismos de Vida Libre						
(4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)	1	Organismos/L	335 014	73 168	367 742	262 448

NOTA: Presencia de protozoo en la IEP María Auxiliadora

Donde: I.E o Institución Educativa; IEP= Institución Educativa particular; CEP= Centro Educativo Particular



Algas verdes y protozoario en la I.E. María Auxiliadora y Mercado de Abastos de San Pedro

TABLA 11. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO IE EDUCANDAS, DIEGO QUISPE, IEP MARÍA AUXILIADORA, CEP EL CARMELO. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	I E EDUCANDAS	DIEGO QUISPE	IEP MARIA AUXILIADORA	CEP CARMELO
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-24 12:00	2019-07-24 12:15	2019-07-24 12:55	2019-07-24 13:25
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>		11 680	13 516	423	55 748
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>		29 283	33 449	41 821	19 318
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>		8	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>		252	284	108	46
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.</i>		1 174	736	938	1 068
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd		80 007	75 270	41 821	121 420
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediatrum boryanum</i>		183	677	239	196
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>		229	578	69	23
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus sp.</i>		---	5	23	---
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>		---	---	6	---
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>		133 549	187 214	213 434	152 867
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria princeps</i>		15	---	---	---
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Nd	Nd		---	---	8	122
Dinoflagelados									
Miozoa	Dinophyceae	Peridiniales	Nd	Nd		15	5	8	---
Fitoflagelados									
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas sp.</i>		1 212	5 575	285	21 800
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>		---	5	---	---

TABLA 12. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO CEP SANTA ROSA, CE HUMBERTO LUNA, HOGAR DE MENORES, AV. LORENA. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	CEP SANTA ROSA	CE HUMBERTO LUNA	HOGAR DE MENORES	AV. LORENA
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-24 14:15	2019-07-24 15:00	2019-07-24 15:25	2019-07-24 15:45
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>	10 721	24 709	28 466	2 309	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	66 938	51 623	43 945	65 672	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>	---	6	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	175	365	317	278	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	<i>Craticula sp.</i>	---	---	---	18	
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.</i>	770	658	1 200	1 114	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	198 527	217 477	94 342	168 754	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	224	773	338	386	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>	343	587	338	90	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus sp.</i>	7	6	---	---	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>	---	---	7	---	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>	162 791	116 437	197 710	188 930	
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Nd	Nd	---	18	---	9	
Dinoflagelados									
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Nd	Nd	42	12	34	63	
Fitoflagelados									
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas sp.</i>	1 632	19 563	7 596	2 309	

TABLA 13. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO SANTIAGO, MARISCAL GAMARRA, UCCHULLO, APV LOS INCAS. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	SANTIAGO	MARISCAL GAMARRA	UCCHULLO	APV LOS INCAS
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-24 16:00	2019-07-24 17:10	2019-07-24 17:40	2019-07-24 18:00
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>	51 051	14 049	46 518	17 725	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	37 083	30 059	50 193	28 303	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp.</i>	7	---	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Uinariaceae	<i>Uinaria ulna</i>	131	196	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	<i>Craticula sp.</i>	---	7	---	---	
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.</i>	1 018	742	---	---	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	99 407	83 805	290 950	226 585	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	225	169	870	---	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>	356	34	912	---	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Monoraphidium sp.</i>	---	---	---	28	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>	286	---	---	---	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>	136 490	86 011	257,134	178 515	
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Nd	Nd	---	20	---	---	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>	---	---	7	---	
Dinoflagelados									
Miozoa	Dinophyceae	Peridiniales	Nd	Nd	269	14	---	---	
Fitoflagelados									
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas sp.</i>	1 320	783	---	14	

TABLA 14. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO COMISARIA SAPHY, VILLA MERCEDES, TAHUANTINSUYO A, TAHUANTINSUYO B. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	COMISARIA SAPHY	VILLA MERCEDES	TAHUANTINSUYO A	TAHUANTINSUYO B
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-25 10:00	2019-07-25 10:25	2019-07-25 11:00	2019-07-25 11:15
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>	33 449	30 304	31 284	39 003	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	34 592	17 847	29 079	28 956	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema truncatum</i>	---	16	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	69	62	---	40	
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira sp.</i>	---	16	---	---	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	425 071	298 465	427 930	---	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediatrum boryanum</i>	310	94	169	390	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>	661	703	858	60 485	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus sp.</i>	---	16	---	8	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>	---	---	---	16	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>	161 934	176 024	397 912	280 944	
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>	---	---	---	8	
Fitoflagelados									
Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas sp.</i>	14	---	---	---	
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas sp.</i>	7	---	---	---	

TABLA 15. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO LUCREPATA, CLORINDA, GARCILASO, BELEMPAMPA. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	LUCREPATA	CLORINDA	GARCILAZO	BELENPAMPA
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-25 11:30	2019-07-25 11:50	2019-07-25 12:15	2019-07-25 13:10
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>		10 945	33 449	22 258	29 446
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>		18 174	39 738	26 067	28 262
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>		---	15	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		7	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>		---	89	13	---
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd		152 214	415 923	241 247	403 017
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediatrum boryanum</i>		85	454	419	332
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>		99	724	80	822
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus sp.</i>		---	59	13	---
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>		---	15	---	---
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>		269 835	394 400	339 019	240 389
Chlorophyta	Ulvophyceae	Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix sp.</i>		7	---	---	---
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia sp.</i>		7	---	---	---
Dinoflagelados									
Miozoos	Dinophyceae	Peridiniales	Nd	Nd		7	---	---	---

TABLA 16. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO DREC, RAMIRO PRIALE, MERCADO DE WANCHAQ, URB. MIRAVALLE. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	DREC	RAMIRO PRIALE	M. WANCHAQ	URB. MIRAVALLE
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-07-25 14:15	2019-07-25 15:15	2019-07-25 16:40	2019-07-25 17:15
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>	8 679	1 970	7 862	612	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	16 786	14 866	300	2 124	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	---	---	17	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp.</i>	---	7	6	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>	10	7	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licnophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	5	114	68	18	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes sp.</i>	---	---	119	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>	---	7	23	---	
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.</i>	6 902	1 000	2 354	388	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	312 514	321 744	327 176	94 097	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediatrum boryanum</i>	77	828	453	28	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>	309	2 040	266	100	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus sp.</i>	5	---	---	---	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>	5	---	6	---	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>	237 734	223 848	210 739	19 685	
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>	5	---	6	---	
Dinoflagelados									
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Nd	Nd	10	---	---	---	

Donde: DREC = Dirección Regional de Educación Cusco

TABLA 17. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO URB. GARCILAZO. JULIO DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-01510/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo
					URB. GARCILAZO
					Fecha y Hora de Muestreo
					2019-07-25 17:40
					Tipo de Muestra
					Agua para Uso y Consumo Humano
(*X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad
					Organismos/L
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie	
Diatomeas					
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia acicularis</i>	6 466
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	7 178
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema sp.</i>	876
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.</i>	2 266
Algas Verdes					
Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra sp.</i>	92
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	2 252
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum microporum</i>	8 060
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>	87 399

Red de distribución

Segundo muestreo 28 de noviembre del 2019

TABLA 18. ESTACIONES DE MUESTREO / COORDENADAS UTM WGS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL SISTEMA PIURAY SEDACUSCO S.A. JULIO DE 2019

N.º	Estación de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
1	MERCADO CENTRAL "SAN PEDRO"	19L0177166	8503198
2	SAN FRANCISCO, I.E. GLORIOSOS COLEGIO NACIONAL DE CIENCIAS	19L0177195	8503507
3	SIETE CUARTONES-MINSA, CALLE SIETE CUARTONES S/N	19L0177158	8503797
4	RECTORADO UNSAAC, CALLE TIGRE 127	19L0177299	8503947

Continúa en siguiente
página →

TABLA 18. ESTACIONES DE MUESTREO / COORDENADAS UTM WGS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL SISTEMA PIURAY - SEDACUSCO S.A. JULIO DE 2019

N.º	Estación de Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	
		ESTE	NORTE
5	VILLA MERCEDES, CAMPAMENTO SAPHY	19L0176687	8504550
6	ARCOPATA 4667a, HOSTAL CUSIHUASI	19L0176746	8503812
7	BAYONETA 730, HOSTAL BAYONETA	19L0176785	8503482
8	I.E.T. MIXTA LUIS VALLEJO SANTONI, IND. JR. AYACHUCHO J-5	19L0176205	8502991
9	PLAZA NAZARENAS 199	19L0177678	8503919
10	I.E. COMERCIO 41	19L0179096	8503390
11	MERCADO WANCHAQ	19L0178349	8503181
12	MIRAVALLE	19L0180950	8503289
13	UCCHULLO GRANDE, CALLE ECUADOR	19L0179614	8503642
14	TAHUANTINSUYO ALTO, PJE CONVENTO RECOLETA 489 ^a	19L0178926	8503679
15	TAHUANTINSUYO BAJO, CALLE ATAHUALLPA 359	19L0178704	8503635
16	LUCREPATA F9, JARDIN "PEQUEÑAS SEMILLAS"	19L0178342	8503925
17	MARISCAL GAMARRA 5E, PRIMERA ETAPA	19L0179423	8503215
18	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS	19L0178311	8503306
19	INSTITUTO KHIPU	19L0177750	8503045
20	I.E. ROSARIO 51003. AV. GRAU S/N	19L0177693	8503047
21	C.S. BELEN PATA, MINSA	19L0177538	8502804
22	AV. ANTONIO LORENA B6AM, SANTIAGO	19L0177327	8502446
23	U.V. SANTIAGO	19L0176943	850284
24	URB. LOS INCAS, JR. CHANCAS F1-16	19L0180436	8503972
25	AV. GARCILAZO 300 BM. INSTITUTO LATINO CUSCO	19L0178303	8503147
26	SIPASPUJIO B17, CALLE MARIANO MELGAR	19L0176578	8503219
27	AYAHUAYCO D11	19L0176509	8504079
28	RAMIRO PRIALE, EMILIANO HUAMANTICA T7	19L0176795	8501695
29	PROLONGACION ARCOPATA 303	19L0178829	8503745
30	MERCADO SAN BLAS	19L0178171	8503870

Total n= 30 + 11 = 41

FIGURA 9. MAPA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE (SEDACUSCO S.A.)
DEL SISTEMA PIURAY. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. en base a las estaciones del segundo muestreo.



TABLA 19. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE PARÁSITOS -PROTOZOARIOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO MERCADO CENTRAL SAN PEDRO, SAN FRANCISCO IE GLORIOSO COLEGIO NACIONAL DE CIENCIAS, CALLE SIETE CUARTONES - CENTRO DE SALUD MINSA, RECTORADO UNSAAC CALLE TIGRE 127. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03542/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

Estación de Muestreo	MERCADO CENTRAL "SAN PEDRO"	SAN FRANCISCO, I.E. GLORIOSO COLEGIO NACIONAL DE CIENCIAS	SIETE CUARTONES- MINSA, CALLE SIETE CUARTONES S/N	RECTORADO UNSAAC, CALLE TIGRE 127	
Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-28 15:59	2019-11-28 16:15	2019-11-28 16:38	2019-11-28 16:51	
Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados
Parámetros Analizados en Campo					
(2) Cloro Residual	0,02	mg/L	0,07	0,4	0,91
(*) (4) Parásitos - Protozoarios (*)					
(*) (4) Acanthamoeba sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
(*) (4) Balantidium sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
(*) (4) Blastocystis sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
(*) (4) Chilomastix sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
(*) (4) Cryptosporidium sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
(*) (4) Endolimax sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
(*) (4) Entamoeba sp	1	Quiste/L	175	<1	<1
(*) (4) Giardia sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
(*) (4) Iodamoeba sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
(*) (4) Isospora sp	1	Quiste/L	<1	<1	<1
Organismos de Vida libre					
(4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)	1	Organismos/L	120 531	123 799	38 383

Discusión

En el análisis realizado en el mes de noviembre 2019 en el Mercado Central San Pedro presentaba 0.07mg/L de Cloro residual, por lo cual NO CUMPLÍA los LMP (DIGESA-MINSA, 2011 y OPS, 2013). Además, por Presencia de *Entamoeba sp* en el Mercado Central de San Pedro, no se encuentran dentro de los LMP indicados por (DIGESA-MINSA, 2011 y OPS, 2013). No es apta para consumo humano. Loret J.F. *et al.*, (2008), detectaron amebas de vida libre en un gran número de sistemas de agua, incluidos los sistemas de distribución de agua potable, investigación que concuerda con la presente investigación.

TABLA 20. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO MERCADO CENTRAL SAN PEDRO, SAN FRANCISCO IE GLORIOSO COLEGIO NACIONAL DE CIENCIAS, CALLE SIETE CUARTONES - MINSA, RECTORADO UNSAAC CALLE TIGRE 127. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03542/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	MERCADO CENTRAL "SAN PEDRO"	SAN FRANCISCO, I.E. GLORIOSO COLEGIO NACIONAL DE CIENCIAS	SIETE CUARTONES - MINSA, CALLE SIETE CUARTONES S/N	RECTORADO UNSAAC, CALLE TIGRE 127
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-28 15:59	2019-11-28 16:15	2019-11-28 16:38	2019-11-28 16:51
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	12	16	---	2	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	8	48	8	8	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	<1	4	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	<1	8	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	4	8	---	6	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Liemophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	8	20	20	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	16	24	6	4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sorex</i>	<1	32	---	---	
Bacillariophyta	Fragillariophyceae	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i> sp.	<1	4	---	---	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	100 958	100 780	35 286	47 130	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediculus boryanum</i>	72	112	40	48	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp.	12	20	---	12	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	---	---	<1	6	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.	19 440	13 723	3 022	19 113	
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.	---	---	---	<1	

TABLA 21. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO VILLA MERCEDES CAMPAMENTO SAPHY, ARCOPATA 4667 HOSTAL CUSIHUASI, BAYONETA 730 HOSTAL BAYONETA, IET MIXTA LUIS VALLEJO. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03542/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	VILLA MERCEDES, CAMPAMENTO SAPHY	ARCOPATA 4667, HOSTAL CUSIHUASI	BAYONETA 730, HOSTAL BAYONETA	I.E.T. MIXTA LUIS VALLEJO SANTONI, IND. JR. AYACUCHO J-5
					Fecha y Hora de Muestreo	2016-11-28 17:13	2019-11-28 17:35	2019-11-28 17:52	2019-11-28 18:18
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	--	8	22	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	<1	<1	12	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	--	2	--	--	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i> sp.	--	<1	--	--	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	--	6	4	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	<1	<1	--	--	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	<1	2	8	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	--	4	--	--	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	18 787	75 229	43 128	75 229	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediatrum boryanum</i>	32	118	72	14	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp.	--	32	<1	4	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	4	--	--	--	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.	6 861	25 485	14 049	13 723	

TABLA 22. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO PLAZA NAZARENAS, IE COMERCIO 41, MERCADO WANCHAQ. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03542/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	PLAZA NAZARENAS 199	I.E COMERCIO 41	MERCADO WANCHAQ
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-28 19:15	2019-11-28 12:59	2019-11-28 13:46
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L		
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie				
Diatomeas								
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	4	<1	4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	8	16	2	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	<i>Anomoeoneis</i> sp.	---	---	6	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	---	<1	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i> sp.	---	2	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	2	<1	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	---	2	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	2	4	12	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	---	---	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	---	<1	---	
Algas Verdes								
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	54 073	33 061	54 890	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopedicetrum boryanum</i>	100	64	42	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp.	32	20	2	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	4	---	4	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.	6 208	12 334	18 868	
Cianobacterias								
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.	2	---	<1	

TABLA 23. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO MIRAVALLE, UCCHULLO GRANDE CALLE ECUADOR, TAHUANTINSUYO ALTO PJE. CONVENTO RECOLETA 489 A, TAHUANTINSUYO BAJO, CALLE ATAHUALLPA 359. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03543/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	MIRAVALLE	UCCHULLO GRANDE, CALLE ECUADOR	TAHUANTINSUYO ALTO, PJE CONVENTO RECOLETA 489A	TAHUANTINSUYO BAJO, CALLE ATAHUALLPA 359
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-28 10:02	2019-11-28 10:36	2019-11-28 11:14	2019-11-28 11:28
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	2	2	<1	4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	12	2	<1	32	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Anomoeoneidaceae	<i>Anomoeoneis</i> sp.	<1	---	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i> sp.	4	---	---	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	4	---	---	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	---	---	---	16	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	16	4	<1	30	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	4	---	---	12	
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i> sp.	---	4	<1	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sorex</i>	---	---	---	<1	
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Nd	---	---	---	22	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	38 554	53 093	47 049	64 692	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	48	38	4	72	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp.	8	20	12	<1	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	<1	---	---	6	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Monoraphidium</i> sp.	---	---	---	4	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.	12 742	4 983	27 445	15 683	
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.	4	---	---	2	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp.	---	---	---	<1	

TABLA 24. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO LUCREPATA F9 JARDÍN “PEQUEÑAS SEMILLAS”, MARISCAL GAMARRA 5E PRIMERA ETAPA, UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS, INSTITUTO KHIPU. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03543/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					LUCEPATA F9, JARDIN "PEQUEÑAS SEMILLAS"	MARISCAL GAMARRA 5E, PRIMERA ETAPA	UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS	INSTITUTO KHIPU
Estación de Muestreo					2019-11-28 11:43	2019-11-28 12:06	2019-11-28 13:32	2019-11-28 14:18
Fecha y Hora de Muestreo					Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
Tipo de Muestra					Unidad	Organismos/L		
(*) (4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)								
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie				
Diatomeas								
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	24	4	<1	2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	4	2	<1	4
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema</i> sp.	2	--	--	--
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	6	--	--	--
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	<1	--	--	6
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	<1	--	--	16
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	<1	--	--	--
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sorex</i>	2	--	--	--
Bacillariophyta	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Nd	<1	--	--	--
Algas Verdes								
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	28 344	16 255	34 551	32 754
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopedicellaster boryanum</i>	16	196	<1	52
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp.	4	--	--	12
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	<1	--	--	<1
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Monoraphidium</i> sp.	<1	--	--	--
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.	4 166	13 151	6 861	9 638
Cianobacterias								
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.	<1	--	--	--
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp.	6	--	--	--

TABLA 25. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO IE ROSARIO 51003-AV. GRAU S/N, C-S BELENPAMPA-MINSA, AV. ANTONIO LORENA B6 SANTIAGO, U.V. SANTIAGO. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03543/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	IE ROSARIO 51003, AV. GRAU S/N	C.S BELEN PATA, MINSA	AV. ANTONIO LORENA B6AM, SANTIAGO	U.V. SANTIAGO
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-28 14:26	2019-11-28 14:45	2019-11-28 15:02	2019-11-28 15:26
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	<1	8	<1	4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	<1	4	<1	12	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	---	<1	8	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	---	6	<1	4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i> sp.	---	4	<1	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	2	---	---	<1	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	<1	2	<1	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	---	2	<1	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia</i>	---	<1	2	---	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	42 311	60 363	72 533	51 051	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pseudopedicellum boryanum</i>	68	108	50	26	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp.	<1	30	4	20	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	4	4	<1	4	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.	9 883	15 846	12 987	7 841	
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp.	---	---	---	4	

Donde: U.V. = Unidad Vecinal

TABLA 26. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO URB. LOS INCAS JR. CHANCAS F1-16, AV. GARCILASO 300 BM INSTITUTO LATINO CUSCO, SIPASPUJIO B17 CALLE MARIANO MELGAR, AYAHUAYCO D11. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03545/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	URB. LOS INCAS JR. CHANCAS F1-16	AV GARCILAZO 300BM INSTITUTO LATINO CUSCO	SIPASPUJIO B17 CALLE MARIANO MELGAR	AYAHUAYCO D11
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-29 08:10	2019-11-29 08:50	2019-11-29 19:23	2019-11-29 10:57
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	<1	<1	2	4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	<1	<1	8	8	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp.	---	---	<1	4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.	<1	<1	<1	2	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnanthaceae	<i>Achnanthes</i> sp.	---	---	4	4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	<1	---	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	---	---	2	6	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	---	<1	---	---	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	---	---	<1	12	
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	<1	<1	26 673	33 326	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediculastrum boryanum</i>	<1	<1	40	72	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp.	<1	---	4	12	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	<1	---	6	2	
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.	<1	<1	59 056	4	
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i> sp.	<1	---	---	---	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.	---	---	<1	4	

TABLA 27. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO RAMIRO PRIALE EMILIANO HUAMANTICA 17 Y PROLONGACIÓN ARCOPATA 303. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03545/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	RAMIRO PRIALE, EMILIANO HUAMANTICA T7	PROLONGACIÓN ARCOPATA 303
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-29 12:06	2019-11-29 13:40
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L	
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie			
Diatomeas							
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.		16	2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>		4	8
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp.		4	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia sorex</i>		2	---
Algas Verdes							
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd		40 106	58 811
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	<i>Pseudopediastrum boryanum</i>		100	8
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp.		---	24
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp.		5 799	12 497

TABLA 28. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO AV. HUMBERTO VIDAL UNDA 1227, 1226, 1223 1200 . NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03546/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					Estación de Muestreo	AV.HUMBERTO VIDAL UNDA 1227	AV.HUMBERTO VIDAL UNDA 1226	AV.HUMBERTO VIDAL UNDA 1223	AV.HUMBERTO VIDAL UNDA 1200
					Fecha y Hora de Muestreo	2019-12-10 06:30	2019-11-10 06:42	2019-11-30 06:53	2019-11-30 10:07
					Tipo de Muestra	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*) (X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L			
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie					
Diatomeas									
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschie sp.	---	8	<1	4	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Coconeidales	Coconeidaceae	Cocconeis placentula	8	12	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	Encyonema sp.	4	---	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema sp.	---	---	2	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria ulna	4	---	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	2	6	---	---	---
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	---	4	---	---	---
Algas Verdes									
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	Nd	58 811	63 793	68 613	56 850	---
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	Pseudopedicestrum boryanum	50	62	44	32	---
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Coelastrum sp.	20	56	2	8	---
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	Monoraphidium sp.	---	---	4	---	---
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp.	17 643	31 366	336	7 433	---
Cianobacterias									
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	Anabaena sp.	2	---	---	---	---
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Phormidium sp.	---	---	12	---	---

TABLA 29. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (COMO ALGAS, FITOPLANCTON) PRESENTES EN ESTACIONES DE MUESTREO AV. HUMBERTO VIDAL UNDA S/N PNP PUESTO DE AUXILIO RÁPIDO SANTA ANA Y MERCADO DE SAN BLAS. NOVIEMBRE DE 2019

Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03546/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

					AV HUMBERTO VIDAL UNDA S/N PNP PUESTO DE AUXILIO RÁPIDO STA ANA	MERCADO SAN BLAS
Estación de Muestreo					2019-11-30 10:17	2019-11-30 10:50
Fecha y Hora de Muestreo						
Tipo de Muestra					Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano
(*X4) ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (como ALGAS, Fitoplancton)					Unidad	Organismos/L
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero y/o Especie		
Diatomeas						
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeidae	<i>Cocconeis placentula</i>	4	4
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	8	<1
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	<1	6
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	<1	2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia adnata</i>	<1	8
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia</i> sp.	6	<1
Algas Verdes						
Chlorophyta	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Nd	94 097	67 061
Chlorophyta	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	50	64
Chlorophyta	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	14	8
Chlorophyta	Chlorophyta	Trebouxiphyceae	Chlorellales	Oocystaceae	15 683	18 542
Cianobacterias						
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> sp.	12	<1

Donde: PNP = Policía nacional del Perú

Discusión

El título IX, requisitos de calidad del agua para consumo humano, en el Artículo 59°, referido a agua apta para el consumo humano, indica que:

Agua apta para el consumo humano es toda agua inocua para la salud, que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento D.S. N.º 031-2010-SA. (DIGESA - MINSA, 2011).

TABLA 30. ANEXO 1 - LMP MICROBIOLÓGICOS Y PARTASITOLÓGICOS DEL REGLAMENTO D.S. N° 031-2010-SA.

	PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1.	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2.	<i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
3.	Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
4.	Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5.	Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	Nº org/L	0
6.	Nº org/L	UFC / mL	0
7.	Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Discusión

Como se observa en el ANEXO 1 LMP de parámetros microbiológicos y parasitológicos, en el punto 7 decreta: 0 org/L, que quiere decir que no deben existir organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos, por lo que las muestras de agua de la red de distribución, siendo que todas las muestras de agua de la red de distribución de agua potable del sistema Piuray SEDACUSCO S.A. en ambos muestreos tanto en julio 2019 como en noviembre 2019 NO CUMPLEN los requisitos de calidad establecidos en el Reglamento D.S. N° 031-2010-SA. (DIGESA-MINSA, 2011), por lo cual el Agua NO ES APTA PARA EL CONSUMO HUMANO, NO es agua inocua para la salud.

Loret J.F. *et al.*, (2008) detectaron amebas de vida libre en un gran número de sistemas de agua, incluidos los sistemas de distribución de agua potable.

Mendoza Muñoz Y. y col., (2020) en el **Análisis interno - Debilidades del diagnóstico**, analizaron que por el estudio del sedimento en las muestras del agua potable en la jurisdicción de SEDACUSCO S.A., los métodos de coagulación y sedimentación no son muy efectivos debido a la presencia de microalgas indicadoras, de los géneros *Pediastrum*, *Navicula*, *Cymbella* (taponadoras de filtros), la presencia de las microalgas indica que los métodos de coagulación y sedimentación no son muy efectivos.

Coelastrum y **protozoarios como los del género Coccideo**; presencia de artefactos vegetales y cristales como carbonatos y fosfatos en los sedimentos estudiados. Por lo cual los métodos de filtración tampoco son efectivos.

No cumple la normativa peruana D.S. N.º 031-2010-SA (24/12/2010) (MINSA-DIGESA, 2010; Mendoza-Muñoz, Y. y col., 2020, pág. 38).

TABLA 31. COMPORTAMIENTO ESTACIONAL (ÉPOCA DE SECAS Y ÉPOCA DE LLUVIAS) DE LAS ALGAS Y SU PRESENCIA EN LOS TRIBUTARIOS DE LA LAGUNA DE PIURAY, EN LA LAGUNA DE PIURAY, EN LOS FILTROS DE LA PTAP Y EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL SISTEMA PIURAY. 2019.

(*) = Senamhi (2019) - (**) = Fuente: Elaboración propia. Informe N.º 2-03546/19 de CERPER S.A. e Investigación Agua Piuray.

LUGARES DEL MUESTREO	Julio 2019 - Época de secas: 3.34 mm/mes (*) T °C Máxima: 20.6 (*) T °C Mínima -1,6 (*) Microalgas (**)	Noviembre 2019 - Época de lluvias: 78.67 mm/mes (*) - T °C Máxima: 21.6 (*) T °C Mínima 6.2 (*) Microalgas(**)
Tributarios de la laguna de Piuray	Huila Huila Ocotuan Maycho Pongobamba Ravilchaca	Huila Huila Ocotuan Maycho Pongobamba Ravilchaca
Puerto estación de bombeo - Laguna de Piuray		Puerto estación de bombeo - Laguna de Piuray
PTAP Santa Ana- SEDACUSCO S.A.	Agua cruda Agua cruda 2 Filtro 3 Filtro 7 Filtro 9A Filtro 9B	Agua cruda Agua cruda 2 Filtro 3 Filtro 7 Filtro 9A Filtro 9B
Red de distribución del agua potable de la fuente Piuray. Tipo de muestras. Agua para consumo humano	IEP María Auxiliadora Presenta quiste de protozoo patógeno. Cloro Residual: 0.78 mg/L IEP El Carmelo Cloro Residual: 0.35 mg/L IE Garcilaso Cloro Residual: 0.34 mg/L Villa Mercedes Cloro Residual: 1.98 mg/L Lucrepata Cloro Residual: 1.78 mg/L	Mercado Central de San Pedro Presenta Entamoeba sp 175 quistes /L Cloro Residual: 0.07 mg/L Rectorado UNSAAC Calle Tigre 127 Cloro Residual: 2.12 mg/L Mercado de Wanchaq Cloro Residual: 0.3 mg/L Mariscal Gamarra 5E Primera etapa Cloro Residual: 0.02 mg/L

Por los resultados hallados, el cloro no destruye las microalgas:

- » Mínimo hallado en Mariscal Gamarra 5E Primera etapa: Cloro Residual: 0.02 mg/L
- » Máximo hallado Rectorado UNSAAC, Calle Tigre 127: Cloro Residual: 2.12 mg/L

Los filtros no están trabajando, se tienen algas desde los triburarios, laguna de Piuray, agua cruda, filtros, red de distribución del agua del sistema Piuray, se tienen las mismas microalgas presentes como son:

En época de secas, julio de 2019: DIATOMEAS *Nitzchia acicularis*, *Nitzchia sp.*; ALGAS VERDES: *Pseudopediastrum boryanum*, *Coelastrum microporum*, *Oocystis sp.* FITOFLAGELADOS; *Cryptomonas sp.*

En época de lluvias, noviembre de 2019: DIATOMEAS. *Nitzchia sp.* ALGAS VERDES.- *Pseudopediastrum boryanum* y *Oocystis sp.*

El gran problema surge cuando hay la posibilidad de formación de trihalometanos.

En Sevilla (España) el 7 de octubre de 2022 se visitó la Estación de Tratamiento de Agua Potable EMASESA (Empresa de Abastecimiento y Saneamiento de Agua de Sevilla S.A.) ETAP CARAMBOLO, el Ing. José Antonio Gonzales Carballo, Jefe de división de calidad de aguas, dijo: “las algas más cloro dan trihalometanos”.

Los trihalometanos son los subproductos que se forman de manera predominante al desinfectar el agua de bebida con cloro. Pueden darse como resultado de la reacción entre la materia orgánica natural presente en el agua y el cloro añadido como desinfectante.

Los trihalometanos (THM), se pueden erradicar con:

1. Filtros de carbón activado.
2. Sistemas de osmosis inversa.
3. Resinas de intercambio iónico - ablandadores de agua.
4. Filtros de agua UV (Pure Agua. INC, 2019).

Conclusiones

Por los resultados de la presente investigación “Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray” se concluye que:

1. Las muestras de agua de la red de distribución de agua potable del Sistema Piuray SEDACUSCO S.A. en ambos muestreos, tanto en julio de 2019 como en noviembre de 2019, NO CUMPLEN los requisitos de calidad establecidos en el Reglamento D.S. N.º 031-2010-SA. (DIGESA-MINSA, 2011) por lo cual el agua NO ES APTA PARA EL CONSUMO HUMANO, NO ES AGUA INOCUA PARA LA SALUD.
2. Por los resultados hallados, el cloro no destruye las microalgas, así en el mínimo hallado en Mariscal Gamarra 5E Primera etapa, con Cloro Residual: 0.02 mg/L, como en el Máximo determinado en el Rectorado UNSAAC Calle Tigre 127, con Cloro Residual: 2.12 mg/L se encuentran microalgas.
3. Los filtros de la PTAP Santa Ana, Cusco, no están trabajando; se tienen las mismas microalgas desde los tributarios, laguna de Piuray, agua cruda, filtros, red de distribución del agua del sistema Piuray. Estas microalgas son:
En Época de secas julio 2019; DIATOMEAS *Nitzchia acicularis*, *Nitzchia sp.* ALGAS VERDES: *Pseudopediastrum boryanum*, *Coelastrum microporum*, *Oocystis sp.* FITOFLAGELADOS; *Cryptomonas sp.*
En Época de lluvias. Noviembre 2019: DIATOMEAS.- *Nitzchia sp.* ALGAS VERDES.- *Pseudopediastrum boryanum* y *Oocystis sp.*
4. El gran problema surge cuando hay la posibilidad de formación de trihalometanos por la presencia de material orgánico, como son la microalgas en el agua potable de la red Piuray.

FOTO MICROSCOPICA DE CRYPTOMONAS SP

Fuente: Foto 40X. Tomada en el microscopio marca LEICA de la E.P. de Medicina Humana -UNSAAC.



Phylum Cryptophyta
Clase Cryptophyceae
Orden Cryptomonadales
Familia Cryptomonadaceae
Genero Cryptomonas
Especie Cryptomonas sp

Referencias bibliográficas

Ministerio de Salud (MINSA). Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). 2008. Plan de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano abastecida por la EPS SEDACUSCO. http://www.diresacusco.gob.pe/salud_comunitaria/saneamiento/PLAN%20VIGILANCIA%20SEDA%20CUSCO.pdf

Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Ministerio de Salud (MINSA), (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N.º 031-2010-SA. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2011-02552 Lima Perú. http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

MINSA – INS. 2018. Vigilancia y control de la calidad del agua / Coordinado por la Oficina Ejecutiva de Transferencia Tecnológica y Capacitación. ISBN: 978-612-310-105-3 Hecho Reel Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2018-06056 <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4516.pdf>.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2013. República Dominicana, Ministerio de Salud Pública. Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua. Acciones para garantizar agua segura a la población. Santo Domingo, D.N.: OPS, 2013. ISBN 978-92-75-31832-4. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/4341/Guia_para_la_vigilancia_del_agua_VERSION_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Cloro%20residual.&text=En%20condiciones%20normales%2C%20el%20cloro,m%C3%A1s%20alejado%20de%20la%20red.

Pure Agua, INC. 2019. Como eliminar los trihalometanos del agua potable. <https://es.pureaqua.com/como-eliminar-los-trihalometanos-del-agua-potable/>

Senamhi (2019). Pronóstico del tiempo para CUSCO (Cusco). <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cusco&p=pronostico-detalle>

Vélez-Azañero Armando, Lozano Sebastián, Cáceres-Torres Keytel. 2016. Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la Cuenca Baja del Río Lurín, Lima, Perú. Ecol. apl. 2016 Jul [citado 2019 Mayo 19] ; 15(2) : 69-79. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162016000200002&lng=es. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.745>

Morales Velasco, Sandra, Salazar Sánchez Margarita. 2012. Diatomeas Perifíticas De Lagos Con Diferente Estado Trófico En El Departamento Del Cauca (Colombia). No. 35, julio - diciembre 2012. Luna Azul ISSN 1909-2474. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n35/n35a02.pdf>

11. UTILIZACIÓN DEL INSTRUMENTO GUÍA DE OBSERVACIÓN EN LA FUENTE DE AGUA PIURAY Y SUS TRIBUTARIOS

Equipo de investigacion



Figura1. Cerca de la laguna de Piuray. Chinchero, agosto 2018).



Figura 2. Uno de los tributarios de la laguna de Piuray se observan cultivos cerca de la laguna (2019)



Figura 4. Instrumento utilizado para las observaciones en campo - guía de observación Fuente Investigación Agua Piuray



Figura 3. Laguna de Piuray (Chinchero, setiembre 2019).

GUÍA DE OBSERVACIÓN – FUENTE PIURAY

Técnica: Observación detallada

Fuentes de agua potable en la ciudad de Cusco. La fuente de abastecimiento de agua puede tener influencia en la salud de los consumidores y debe prestarse especial atención en cuanto a calidad, protección y tratabilidad (28).

CRITERIOS A EVALUAR - LAGUNA DE PIURAY			
INSPECCIÓN SANITARIA - SANEAMIENTO (en un radio de 25 m)			
A) Evaluación de las condiciones físicas; están relacionadas con la seguridad (29).			
SEGURIDAD	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Tiene cerco perimétrico para impedir acceso de personas ajenas al sistema o el ingreso de animales			
No deben existir construcciones ajenas al servicio - Viviendas			
PROTECCIÓN	SÍ	NO	
Revisan mantenimiento de áreas adyacentes a la fuente			
Realizan reforestación con especies nativas para proteger			
B) Evaluación del estado de higiene; está relacionado con las prácticas de limpieza de los alrededores de la instalación (29) (De las fuentes de captación de la laguna de Piuray - SEDACUSCO S.A.)			
A. Uso del suelo en sus cercanías			
B. Ingreso de aguas superficiales, después de realizada la captación en la fuente			
C. Descarga de aguas domésticas			
D. Presencia de aguas estancadas			
E. Desechos fecales			
F. Hay limpieza permanente de materiales extraños que impidan el buen funcionamiento de la estructura			
LA FUENTE DE AGUA PUEDE SER ALTERADA O CONTAMINADA POR (27)			
a) Existe tala de árboles y erosión			
b) Descarga de aguas negras			
c) Descarga de basuras; focos contaminantes			
d) Descarga de aguas Industriales; contaminación.			

SISTEMA DE MÚLTIPLES BARRERAS (1, 2, 3, 4)			
1. La protección de las fuentes de agua potable, tanto superficial como subterránea (1, 2, 3, 4). Establecer la zona o franja marginal (SEDACUSCO S.A.)			
2. La optimización de los procesos de tratamiento			
3. El adecuado mantenimiento de los sistemas de distribución			
4. La aplicación de un sistema de monitoreo continuo, de la presencia de estos protozoarios (1, 2, 3, 4).			
Para preservar la calidad sanitaria de las aguas de consumo en las fuentes de abasto se debe observar lo siguiente (30)			
Aplicación de plaguicidas, fertilizantes y otras sustancias químicas			
Vertimientos de residuales líquidos o desechos sólidos			
Presencia de animales			
En el área establecida como perímetro de restricción no se deben practicar deportes acuáticos			
Acceso a animales (15, 30)			
Aplicación de sustancia químicas			
Viviendas, industrias o instalaciones agropecuarias			
En el área establecida como perímetro de observación no debe existir disposición de residuales líquidos o desechos sólidos sin tratamiento adecuado			
Se realizan actividades de educación ambiental en poblaciones aledañas a las fuentes de consumo, con el objetivo de disminuir los posibles factores de riesgo contaminantes de las aguas y aumentar la exigencia por parte de los decisores involucrados en la preservación de estos recursos (30). Apoyar en el control de los contaminantes por diferentes actividades en la Microcuenca (ganado circundante, aves, así como fuentes de contaminación líquida u de otra índole) por SEDACUSCO S.A.			
PORCENTAJE DE FIABILIDAD DE LAS FUENTES			
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS			

Resultados Esperados del Proyecto (*)

Los niños menores de 5 años y los adultos mayores de 70 años, habitantes de nuestra ciudad, representan la población vulnerable que necesita, que la Entidad Prestadora De Servicios SEDACUSCO S.A. cumpla las normas legales NTP e ITINTEC – INDECOPI en cuanto a calidad del agua segura que garantice la ausencia de protozoarios patógenos.

El proyecto colaborará en el cumplimiento de normas establecidas. La UNESCO dice: Las aguas residuales pueden ser fuente alternativa de abastecimiento agua (44).

FIRMA
CÓDIGO DOCENTE O DE ESTUDIANTE

Resultados de la guía de observación

Responsables: Equipo de investigación

De la guía de observación

Esta guía es parte del proyecto de investigación vía CANON ya mencionado.

De los resultados de la aplicación de la guía de observación

Lugar: Laguna de Piuray en Chinchero.

Fecha de realización: agosto de 2018, setiembre de 2019, agosto de 2022.

Hora: de 07:00 a 14:00 horas.

Observaciones realizadas

1. De inspección sanitaria

Seguridad: No cuenta con cerco perimétrico y existen construcciones ajenas al servicio.

2. De la protección

No realizan mantenimiento de áreas adyacentes a la fuente ni reforestación con especies nativas para proteger.

3. Del estado de higiene

Existe el uso del suelo en sus cercanías y hay presencia de desechos fecales de aves, de perros, de ganado ovino, vacuno, porcino y humano.

4. De la posible contaminación de la fuente Piuray

La fuente Piuray tiene cinco tributarios: Maycho, Huila Huila, Ravilchaca, Ocotuan y Pomgobamba.

5. De la preservación de la calidad sanitaria de la fuente Piuray

Existen desechos sólidos como:

- » Basura, pañales, bolsas de plástico.
- » Se observó la presencia de animales.
- » Se observaron dos canoas con turistas, también viviendas y una oficina-restaurante para turistas que son los que realizan el canotaje.
- » No se realizan actividades de educación ambiental en las poblaciones aledañas.

Conclusiones de las acciones a realizar

1. De inspección sanitaria

Coordinar con la ANA y SUNASS para hacer ver que existen construcciones ajenas al servicio.

2. De la protección

Informar a SEDACUSCO para que se realice el mantenimiento de áreas adyacentes a la fuente y reforestación con especies nativas para proteger la laguna, que es fuente de agua potable.

3. Del estado de higiene y la preservación de la calidad sanitaria de la fuente Piuray

Falta educación ambiental en las poblaciones aledañas

4. De la posible contaminación de la fuente Piuray

Se hace necesaria la faja marginal.

5. De la preservación de la calidad sanitaria de la fuente Piuray

Proponemos revisar junto a SEDACUSCO, SUNASS Y ANA, acerca de la normativa de realización de canotaje turístico en la laguna de Piuray.

Fernández Baca, M. y Mamani, F. (2016), presentado en el CCI, en su tesis de pregrado titulada “Evaluación de *Cryptosporidium* sp. y *Giardia* sp. en el cuerpo lenticó de Piuray por Pruebas de Certeza Parasitológica y PCR en Tiempo Real”, que es un estudio descriptivo de corte transversal en el que se tomaron 10 puntos muestrales con ocho repeticiones que se realizaron de julio del 2015 a febrero del 2016; utilizaron además la coloración Kinyoun.

Resultados: *Cryptosporidium* sp. N.º de oocistos/L cuya frecuencia fluctúa entre 3.8% a 10% y *Giardia* sp N.º de quistes/L de 0 a 1.3%.

Observaron que en los tributarios circundantes al cuerpo lenticó, existía contaminación por el pastoreo de ganado, actividades agrícolas y contaminación por residuos sólidos.

Por todo lo cual se recomendó que, ante este riesgo sanitario, el tratamiento del agua potable debe ser optimizado.

12. ENSEÑAZAS DERIVADAS DE LA CAPACITACIÓN REALIZADA POR EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN LA PTAP EMASESA, SEVILLA (ESPAÑA)

La Universidad de Sevilla, en España, publicó:

“Visita de la Universidad peruana de San Antonio Abad del Cusco. La salubridad del agua es uno de los objetivos de las primeras colaboraciones entre ambas instituciones.”



Investigadores del área de salud de la Universidad de San Antonio Abad del Cusco (Perú), han visitado la Universidad de Sevilla dentro de las estrechas relaciones de colaboración entre ambas entidades, que se certificaron el pasado mes de mayo con la firma de un convenio general de colaboración. Esta institución peruana es una de las universidades más antiguas de dicho país (330 años).

El equipo de investigación trabaja en agua potable para su zona, en concreto sobre la implementación de un ‘Sistema de Múltiples Barreras para Eliminar Quistes de Protozoarios Patógenos del Agua Potable de la Fuente Piuray’. Están manteniendo contactos con investigadores de la Universidad de Sevilla en cuestiones de salubridad del agua. En concreto, están colaborando con la investigadora Fátima Morales, de salud comunitaria, con Bernabé Alonso, de ingeniería química, así como con EMASESA, la empresa de aguas de Sevilla.

La visita también se enmarca en el proyecto de agua dirigido por el profesor de la US Miguel A. Martín López, con colaboración también del Centro de Guaman Poma de Ayala de Cusco, y apoyado por la Oficina de Cooperación de la US”.

Disponible en: <https://www.us.es/actualidad-de-la-us/visita-de-la-universidad-peruana-de-san-antonio-abad-del-cusco>

Visita a la estación de tratamiento de agua potable EMASESA

(Empresa de Abastecimiento y Saneamiento de Agua de Sevilla S.A.) ETAP CARAMBOLO

Fecha: Sevilla, 7 de octubre de 2022

La ETAP está situada a 15 minutos (taxi), del centro de la ciudad.

Es una empresa del ayuntamiento de SEVILLA, que realiza la potabilización del agua de muy buena calidad, para un millón y medio de habitantes.





De la conversación con el Ing. José Antonio Gonzalez Carballo. Jefe de división de calidad de aguas:

Le comentamos acerca del Proyecto de Investigación Canon que venimos realizando, de los resultados como la presencia de microalgas presentes en los cinco tributarios semipermanentes de la laguna de Piuray, filtros de la ETAP Santa Ana, Red de distribución, y la presencia de protozoarios amebas de vida libre en uno de los mercados de abastecimientos y en una Institución Educativa. Las muestras fueron tomadas en mercados, instituciones educativas, casas, etc., por la empresa externa CERPER (previos oficios o consentimiento informado dirigidos a las Instituciones Educativas y otras Instituciones).

El Ing. Gonzalez Carballo, que ya viene trabajando 40 años en esta ETAP, dijo:

“Algas más cloro dan trihalometanos.

“Si la concentración de cloro es baja, y así circula en el agua, hay protozoarios.

“En el muestreo es importante la higienización del grifo. Porque ¿de dónde vinieron los protozoarios?

“En Sevilla (España) existe alto índice de algas, en los meses de setiembre y octubre, con presencia de microcistina, bacterias patógenas como Legionella.”

Los trihalometanos son los subproductos que se forman de manera predominante al desinfectar el agua de bebida con cloro. Pueden darse como resultado de la reacción entre la materia orgánica natural presente en el agua y el cloro añadido como desinfectante.

Los trihalometanos (THM), se pueden erradicar con:

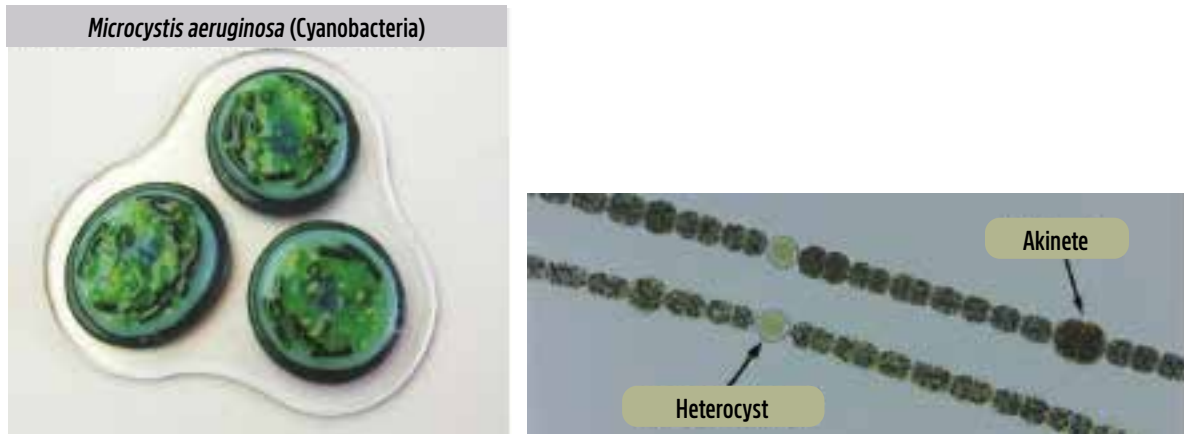
1. Filtros de carbón activado.
2. Sistemas de osmosis inversa.
3. Resinas de intercambio iónico - ablandadores de agua.
4. Filtros de agua UV.

(Pure Agua, INC. Cómo eliminar los trihalometanos del agua potable. <https://es.pureaqua.com/como-eliminar-los-trihalometanos-del-agua-potable/>)

Vergara Y. *et al.*, (2005), en su informe científico-técnico, informan acerca de la Microcistina:

- » Las cianobacterias producen, en determinadas condiciones, un amplio rango de metabolitos secundarios que tienen carácter tóxico para los organismos eucariotas.
- » Una de las cepas más virulentas de las cianobacterias es *Microcystis aeruginosa*, que produce las hepatotoxinas más abundantes, las microcistinas.
- » Las toxinas producidas son fundamentalmente hepatotóxicas y neurotóxicas, aunque también dan lugar a alteraciones gastrointestinales, reacciones alérgicas o irritación y sintomatología similar a la de la neumonía, aunque el principal riesgo tóxico deriva de su actividad promotora tumoral.
- » El trabajo está orientado a su posible aplicación en las estaciones de tratamiento de agua (ETAP). Uno de los pasos utilizados en estas ETAP's es la coagulación-floculación. Se trata de un proceso que permite, además de rebajar la cantidad de contaminantes del agua, la eliminación de microcistina. Si se añade un paso final utilizando el Método OX puede proporcionarse un agua limpia, desinfectada y sin riesgo de toxicidad debido a microcistina, por la oxidación final de todos los productos o subproductos que pudiera haber. Además de las alternativas propuestas como Métodos OX existen otras que podrían ser utilizadas en combinación con los mismos, como el carbón activo, que es un método que se basa en la absorción y consiste en retirar del agua las sustancias solubles mediante el filtrado a través de un lecho de este material, consiguiéndose que las distintas sustancias a eliminar pasen a través de los poros de los que se compone, separando y reteniendo en la superficie interna de los gránulos los compuestos más pesados.

Vergara Y. *et al.*, 2005; Vergara Yolanda, Peleato Sánchez María Luisa. *et al.* Informe científico técnico. Nuevos riesgos para el agua potable: microcistina. Mejora de la calidad del agua de consumo por eliminación de toxinas. OX-CTA S.L. y Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Celular Universidad de Zaragoza.



https://www.aragon.es/documents/20127/674325/CESA_INFORME_TECNICO_CIENTIFICO.pdf/13774a6d-e120-9573-d2bf-3ff296a13761

El ingeniero indicó que no usan cloro por los trihalometanos; usan ozono, que elimina los protozoos. “Los protozoos deben estar en el origen de la fuente. Si hay vertidos de materia orgánica proveniente de animales, hay la presencia de **nitratos y nitritos, existen microalgas, protozoarios, etc.** El perímetro de protección alrededor de la fuente es importante, sobre todo en áreas que cuentan con aguas superficiales, como en el caso de la laguna de Piuray”.

“Primero es la preservación de la fuente de agua-agua de origen. Segundo el tratamiento. El agua potable tiene que ver con la regulación del abastecimiento y saneamiento, Esto permite la mayor expectativa de vida. Y tiene que ver con la política que debiera ser equilibrada y empática”.

En la zona de Chinchero, Cusco, alrededor de la laguna de Piuray, hay personas que tienen sus tierras cultivadas y utilizan químicos como fertilizantes, insecticidas, etc. El agua antes era del que vivía allí, ahora hay leyes que indican que el agua es patrimonio de la nación y que las fuentes deben tener **faja marginal**. Por ello **existe conflicto social**.

“Eso sucede porque no hemos sabido integrarlos, sino sólo nos hemos aprovechado”.



Figura. Bien social y bien económico en equilibrio dan sostenibilidad.

Del desarrollo socioeconómico sostenible. “Lo **sostenible es el punto medio, es el equilibrio entre el bien social y el bien económico**; se están perdiendo los valores y la razón, ahora el impacto es *mira lo bueno que soy*”.

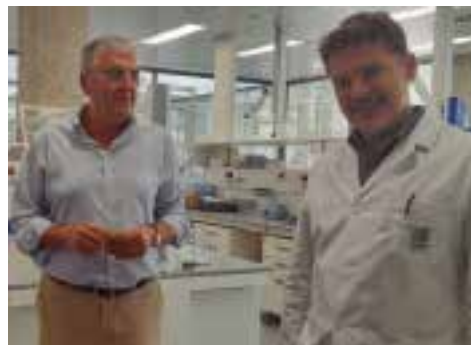
“También ahora, después de la pandemia mundial, estamos trabajando en el agua residual después del COVID-19”.

A coninuación, el Ing. Gonzalez Carballo nos presentó ante los diferentes laboratorios que funcionaban independiente y coordinadamente.

En el laboratorio de química

El ingeniero a cargo de esta área dijo: “En esta área se realiza el control físico-químico, para entregar el agua organolépticamente aceptable (sin sabor, los minerales le dan diferentes sabores), ni olor (indicador de tóxicos), color (indica presencia de metales o materia orgánica); además debe cumplir con turbidez (indica la contaminación por microorganismos). Debe cumplir con la normativa de la UE con las concentraciones normales de sales minerales”.

En relación a que muchos usuarios en el Cusco, especialmente en la zona sur, se quejan de la presencia de sedimentos en las calentadoras: “El control del pH es importante para que el carbonato no se deposite en las calentadoras”.



Del tratamiento en el laboratorio

“El tratamiento debe ser equilibrado, no debe ser agresivo ni incrustante y hay que considerara que los grifos tienen baño de Ni o Pb.”

“En la naturaleza, en el agua, se tienen elevadas concentraciones de Mg y Fe y en la planta de tratamiento se elimina con aluminio que es un floculante y hay menor turbidez del agua”.



Del mantenimiento

“Se utilizan filtros de arena de carbonato. Los filtros se lavan contracorriente, se cloran para evitar bacterias, El cloroformo que es cloro más materia orgánica.”

“También se debe controlar el bisfenol A (BPA) así como las PFAs (perfluorocarbono) que es considerado como contaminante químico), en el agua potable porque es una sustancia toxica.



Del equipamiento

Es moderno e indispensable para realizar el control.

Cuenta con:

- » Cromatógrafo de gases, (hay 50 tipos de compuestos orgánicos),
- » HPLC (*High Pressure Liquid Chromatography*)
Cromatógrafo líquido de alta resolución.
- » Cromatógrafo de intercambio iónico, con detección de conductividad, cationes y aniones inorgánicos mayormente en aguas. Con detección de UV-VIS Nitratos y nitritos en agua.



En el laboratorio de ecología acuática

Responsable María Pérez Ullén

Dijeron: “Este laboratorio trabaja todo lo concerniente a la vigilancia de embalces, análisis de algas, del agua que se entrega a la población”.

“Las cianobacterias al morir liberan en el agua la toxina microcistina, que es neurotóxica. En Sevilla no sale a la red de distribución. Utilizamos floculación y filtración”.

“La planta de potabilización debiera cuidar el origen, es decir la fuente de agua potable. Cuidar el uso del suelo alrededor del origen.”

“Este laboratorio analiza fitoplancton, en muestras de la comunidad. La muestra sirve la analizar la contaminación microbiología y también química.”

Utilizan la técnica de sedimentación. Ya tienen los puntos de muestreo fijos, críticos y algunas muestras de casa previo permiso de los usuarios.



En el laboratorio de microbiología

Responsable: Ana Torres Martín. Jefa: Lucila Cuberos

Trabajan buscando *Legionella*, *Actinomicetos*, protozoos, etc.

De los equipos, cuentan con:

- » Cabinas de flujo.
- » Medio ambiente - Maldi Biotyper Sirius.

Su trabajo está basado en la **ISO 17025** (Norma de calidad para laboratorios de ensayo y calibración). La norma ISO 17025 proporciona los requisitos necesarios que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración, facilitando la armonización de criterios de calidad. El objetivo principal de esta norma es garantizar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados analíticos.

La norma contiene tanto requisitos de gestión como requisitos técnicos que inciden sobre la mejora de la calidad del trabajo realizado en los laboratorios. Favorece la creación de un conocimiento colectivo que facilita la integración del personal y un profundo conocimiento interno de la organización, proporcionando flexibilidad en la adaptación a necesidades y cambios del entorno, y permite detectar problemas para su resolución anticipada. Finalmente, la Acreditación del Laboratorio será el reconocimiento formal de la competencia y capacidad Técnica para llevar a cabo análisis específicos (Instrumentos Científicos S.A. ICSA, 2022).

Norma ISO 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Valencia - España, Lima - Perú.

<https://www.icsa.es/laboratorios-analiticos/consultoria-de-laboratorios/norma-iso-17025>



Medio ambiente

Para la búsqueda de *Cryptosporidium* y *Giardia*, utilizan PCR.



Las diferentes áreas de investigación están equipadas con tecnología moderna en:

- » Agua potable.
- » Biología molecular.

Área de virología

Investigan el agua residual por la presencia del virus en las heces (COVID-19, polio)



Área de desechos de residuos biocontaminados



CAPÍTULO 5

PROPUESTAS DE MEJORA DE LA PROTECCIÓN DE LA LAGUNA PIURAY Y DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO A PARTIR DEL DERECHO INTERNACIONAL Y DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

1. LA APLICACIÓN DEL DERECHO HUMANO AL AGUA: IMPLICACIONES PARA EL CASO DE LA LAGUNA DE PIURAY DE CUSCO

Miguel Ángel Martín López
Universidad de Sevilla (España)

El derecho al agua y al saneamiento es un derecho humano esencial para la vida y la realización de otros derechos humanos esenciales que necesita de la máxima protección jurídica. La Asamblea General de las Naciones Unidas así lo reconoció de manera explícita en una resolución aprobada el 28 de julio de 2010 (resolución A/64/292).

Las condiciones esenciales que requiere este derecho para que pueda quedar satisfecho vienen definidas en esta resolución y en una importante Observación general, la número quince, del Comité de Naciones Unidas sobre derechos económicos, sociales y culturales. En este sentido, la esencia es que el agua a disposición de las personas debe ser suficiente, salubre, aceptable, físicamente accesible y asequible para todos. Han de reunirse conjuntamente estos cinco elementos.

Los trabajos que ha seguido realizando las Naciones Unidas desde entonces, desde dicho año 2010, han ido dirigidos a clarificar, ampliar este contenido, descubrir las buenas prácticas para su realización o mostrar los mejores caminos para su implementación. Se ha llegado a instituir incluso la figura de un relator especial para su defensa y promoción. Naturalmente, mucho de este trabajo es general, aunque hay que tener bien en cuenta que este derecho debe aplicarse en concreto. Hay que ver la presencia de las cinco notas anteriormente mencionadas en las diferentes situaciones y escenarios.

Ahora bien, no puede olvidarse que en el estado actual del derecho internacional, el reconocimiento de este derecho humano es aún escaso. Su aplicación es reducida. Lo ideal es que, para ello, se consiga un tratado con la más alta participación.

Debemos hacer esfuerzos desde la academia y la sociedad civil para que se acelere este proceso y se adopte un tratado o convención sobre este particular lo más pronto posible. Todo avance en su aplicación ha de ser bienvenido. En este sentido, siempre cabe que los Estados, por su propia iniciativa, se comprometan unilateralmente con el derecho al agua y lo acojan en su ordenamiento jurídico. Y lo interesante aquí es constatar que Perú

ha sido un país ejemplar en el panorama internacional al ser de los primeros en hacer este reconocimiento. Podemos así ver la ley número 30588 de 15 de junio de 2017 de reforma constitucional por el que se reconoce a este derecho al agua el rango constitucional.

Ello ha de ser considerado un hito. El nuevo artículo 7 a) de la Constitución de la República de Perú, aunque breve, dispone con claridad las notas esenciales de este derecho. En palabras literales, se dice que “el Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos”. Indica también que “promoverá su manejo sostenible, considerándolo como recurso natural esencial, bien público y patrimonio de la nación, inalienable e imprescriptible”. Queda bien claro el compromiso de Perú con este derecho, el cual debe conllevar una aplicabilidad directa de esta norma a los casos concretos.

Otra muestra de este compromiso de Perú con el derecho al agua podemos verlo en la invitación realizada al relator especial de Naciones Unidas para este derecho, el Sr. Pedro Arrojo-Agudo, para visitar Perú, lo que se está produciendo este mes de diciembre de 2022. Como fruto de esta visita, está prevista la emisión de un informe completo sobre el cumplimiento de este derecho en el país publicado en septiembre de 2023.

Naturalmente, lo importante es partir de la base de que el derecho al agua como derecho humano y norma constitucional ha de tener aplicabilidad directa. Por tanto, debe estar presente ante toda situación que se produzca, como es el caso que estamos considerando aquí, la laguna de Piuray, la cual es clave para surtir de agua potable a la ciudad imperial cusqueña. Según estimaciones, llega a aportar el cuarenta por ciento de las necesidades de la población, una población que va incrementándose en los últimos años.

Los relevantes trabajos que sobre esta laguna y la provisión de agua en el Cusco vienen realizando organizaciones como el centro Guaman Poma de Ayala, en su papel de promotor del desarrollo humano sostenible como miembro de la sociedad civil, siempre vigilante y propositivo, así como de la Universidad de San Antonio Abad, tridentaria y con investigaciones de talla y prometedoras, como la expuesta en el presente libro liderada por la doctora Yanet Mendoza-Muñoz y el doctor Ordóñez, que señalan algunas vulnerabilidades en la gestión de la laguna que pueden ser problemáticas en el futuro.

En particular, ha de ser preocupante el riesgo real de contaminación de los acuíferos, siendo necesaria la creación y cuidado de una faja marginal para la efectiva protección de

la calidad del agua. El establecimiento de mecanismos específicos de mayores análisis y controles frente a microalgas también debe ser un componente esencial. La mejora en ambas cuestiones debe ser entendida como consecuencia lógica y necesaria del derecho humano al agua y de la norma constitucional peruana antes indicada.

Hay que reconocer que la ciudad cuenta con una empresa de propiedad enteramente municipal, EPS SEDACUSCO S.A. (www.sedacusco.com), encargada de la provisión de agua. Ello aporta un valor apreciable, evitándose así una privatización de un servicio público tan esencial y acogiendo, por tanto, un sistema de gestión más acorde con el derecho humano y constitucional reseñado.

Consta también la preocupación de la empresa y las autoridades municipales por la importancia de la fuente de agua del Piuray llevando a cabo recientes trabajos de conducción, en especial, en la zona noroccidental de la ciudad.

Toda esta labor es encomiable. Ahora bien, podría ser de alto valor que la mencionada empresa pública incluyera como objetivo, de manera expresa, la realización del derecho humano al agua en su web, en sus estatutos y en su actuación diaria. Ello le daría un revulsivo importante y la colocaría como referente nacional e internacional en la materia. Para facilitar esto, puede establecer un consejo consultivo de expertos en este campo, con integrantes de variada procedencia, incluyendo, entre otros, la aludida universidad y el centro Guaman Poma. Se podría obtener un valioso consejo sobre cómo alcanzar la plena realización de este derecho.

Sin duda, la propuesta de crear una faja marginal que proteja el perímetro de la laguna es una medida de conservación esencial para garantizar la provisión futura de este recurso hídrico tan importante, ante la contaminación, el cambio climático y otros riesgos posibles.

No cabe duda que esto supone una previsión estratégica y trabajar para el medio y largo plazo en la preservación del agua, superando una visión de necesidad inmediata o cortoplacismo, siendo un aporte relevante para hacer realidad este derecho. Este método puede aplicarse a otras cuestiones, siendo guía de la gestión del agua para garantizar en todo momento, presente y futuro, un acceso suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible.

2. LA CREACIÓN DE LA FRANJA MARGINAL EN LA LAGUNA DE PIURAY: LA NECESIDAD DEL SANEAMIENTO DE SUS AGUAS COMO DERECHO HUMANO RECONOCIDO

Adriana Fillol Mazo

Universidad de Sevilla (España)

El acceso al agua potable y el saneamiento de la misma está intrínsecamente ligado al derecho a la vida y a la dignidad humana. La protección efectiva de derechos fundamentales, como el derecho a la vida, se ve claramente afectada por la falta de acceso al agua potable segura y al saneamiento. Así pues el acceso al agua potable y al saneamiento son derechos que derivan del derecho a un nivel de vida adecuado en virtud del artículo 11. 1 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales² (Comité Derechos Económicos, Sociales y Culturales, 2002, para. 3). De hecho, el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas es garantizar que todo el mundo tenga acceso universal y equitativo al agua potable y al saneamiento para 2030³ (Asamblea General, 2015, pp. 16, 21). Este Objetivo sexto está estrechamente relacionado con el Objetivo tercero, relativo a garantizar una vida sana, y al Objetivo decimosegundo, en conexión con garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

El agua es nuestro recurso máspreciado, un oro azul al que más de 2.000 millones de personas no tienen acceso. No sólo es esencial para la supervivencia, sino que también desempeña un papel sanitario, social y cultural en el seno de las sociedades humanas (UNESCO, 2021).

En la última década podemos observar cómo el Derecho internacional ha venido reconociendo el derecho al agua potable segura y al saneamiento, especialmente en el marco de Naciones Unidas. Así por ejemplo podemos mencionar varias resoluciones de la Asamblea General que hacen reconocimiento de este derecho humano esencial para la vida y para hacer posible el disfrute de otros derechos humanos esenciales: la Resolución 64/292 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 28 de julio de 2010, que reconoce

2 Perú es Estado Parte del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales.

3 Las personas que viven en la pobreza, en particular las mujeres y las niñas, las minorías y las personas con discapacidades físicas o mentales, son las más afectadas por la falta de acceso a agua limpia y segura y al saneamiento. En el marco de este Objetivo sexto se incluye la meta de mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos.

el derecho humano al agua potable y al saneamiento; la Resolución 68/157 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 18 de diciembre de 2013, titulada “El derecho humano al agua potable y al saneamiento”; la Resolución 71/222 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 21 de diciembre de 2016, titulada “Década Internacional para la Acción, El agua para el desarrollo sostenible 2018-2028”; la Resolución 75/212 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 21 de diciembre de 2020, sobre la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Revisión Integral de Medio Término de la Implementación de los Objetivos del Decenio Internacional para la Acción, “Agua para el Desarrollo Sostenible”.

Así pues el propio Consejo de Derechos Humanos de Naciones Unidas reafirma que “en virtud del derecho humano al agua potable, toda persona, sin discriminación, tiene derecho a un acceso sostenido a agua suficiente, salubre, aceptable, físicamente accesible y asequible para uso personal y doméstico, y que en virtud del derecho humano al saneamiento, toda persona, sin discriminación, tiene derecho al acceso, desde el punto de vista físico y económico, en todas las esferas de la vida, a un saneamiento que sea salubre, higiénico, seguro, social y culturalmente aceptable y que proporcione intimidad y garantice la dignidad, al tiempo que reafirma que ambos derechos son componentes del derecho a un nivel de vida adecuado” (Consejo de Derechos Humanos, 2020, para. 1).

Por tanto, el derecho al saneamiento del agua es complementario y necesario para poder disfrutar el derecho humano al agua potable e implica que el agua para uso personal y doméstico debe ser segura y libre de microorganismos, sustancias químicas y riesgos radiológicos que constituyan una amenaza para la salud de las personas. Las instalaciones de saneamiento deben ser higiénicamente seguras para su uso y deben ser culturalmente aceptables y apropiadas, objetivos que se pretenden con la creación de la *franja marginal* en la laguna de Piuray. La laguna de Piuray constituye una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Cusco, suministrando en la actualidad a un total de 16,350 conexiones domiciliarias de agua potable con una producción de 673,369 metros cúbicos.

Esto implica que el Estado de Perú tiene la responsabilidad primordial de garantizar la plena efectividad del derecho humano al agua potable segura (derivada en nuestro caso de la laguna de Piuray) y ha de adoptar medidas de resultado, mediante la asistencia técnica, económica y legislativa, hasta el máximo de sus recursos disponibles, para dar cumplimiento a sus obligaciones en materia de derechos humanos (Consejo de Derechos Humanos, 2020, para.3). Ello es acorde con la Observación General N°15 (2002), sobre el

derecho al agua, del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, en concreto con los parágrafos 25 a 29 del citado documento.

El acceso a agua potable limpia es indispensable para una vida sana y digna y es esencial para el desarrollo de la dignidad humana; el derecho al agua es una condición previa fundamental para el disfrute de otros derechos y, como tal, debe guiarse por una lógica basada en el interés público y los bienes públicos comunes y globales. El agua es un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud (Comité Derechos Económicos, Sociales y Culturales, 2002, para. 1). En este sentido, el agua es un bien de interés social que debe ponerse a disposición atendiendo a la necesidad y no a la voluntad de pago del usuario, por ser indispensable para la vida y la salud humana (UNESCO, 2021, p. 150).

El agua no es un bien comercial como los demás, sino un patrimonio que hay que proteger, defender y tratar como tal⁴. El informe del Relator Especial de las Naciones Unidas sobre los derechos humanos al agua potable y al saneamiento⁵, de 16 de julio de 2021, destaca que el agua debe considerarse un *bien público* y debe gestionarse con un enfoque basado en los derechos humanos, garantizando el derecho al agua y saneamiento y sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos (Arrojo-Agudo, 2021, p. 2). En este sentido, el abastecimiento de agua y el saneamiento son servicios de interés general y la gestión del agua debe cubrir los gastos y costes de mejora relacionados para proteger el interés público⁶.

4 Véase: Unión Europea (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Primer considerando.

5 D. Pedro Arrojo-Agudo es el Relator Especial sobre los derechos al agua potable y al saneamiento. Fue nombrado por el Consejo de Derechos Humanos en septiembre de 2022 y comenzó su mandato el 1 de noviembre de 2020. El Relator Especial tiene el mandato de realizar visitas a los Estados. En seguimiento a la invitación del Gobierno, el Relator Especial realizó una visita a Perú del 1 al 15 de diciembre de 2022. Su objetivo es acceder a información de primera mano sobre las cuestiones relacionadas con su mandato y proporcionar sugerencias y recomendaciones al gobierno y otras partes interesadas.

6 El agua es un bien público, pero la mercantilización de los derechos de uso del agua está conduciendo a la progresiva apropiación privada de la misma a través del marco legal para asignar las licencias de uso del agua. Esta evolución supone un riesgo al ejercicio de los derechos humanos, especialmente para quienes viven en la pobreza, así como la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos. La reciente entrada del agua en los mercados de futuros como un activo financiero que se gestiona a través de la lógica especulativa dominante en estos mercados es un ejemplo preocupante de ello. Además, el déficit de las finanzas públicas para cubrir las inversiones necesarias en servicios de agua, saneamiento e higiene se presenta como un argumento para justificar las estrategias de financiarización de las infraestructuras en materia de servicios de agua y saneamiento.

La gestión inadecuada de las aguas residuales y el saneamiento deficiente están vinculados a la transmisión de enfermedades graves e incluso a la muerte. En este sentido, los servicios de agua y saneamiento son una de las piedras angulares de la *salud pública*. Las enfermedades diarreicas son la cuarta causa de muerte entre los niños menores de cinco años y una de las principales causas de desnutrición crónica. Así pues, el acceso al agua potable, el saneamiento y la higiene es indispensable para garantizar derecho a la vida y la salud.

La intensificación agrícola, los efectos del cambio climático y la degradación medioambiental, así como determinadas prácticas ilícitas y contaminantes en el uso del agua plantean problemas de acceso al agua cada vez mayores en muchas regiones y causan aún más problemas de acceso en el futuro. El afrontamiento de estas amenazas es lo que se pretende con la creación de la franja marginal en la laguna de Piuray, por lo que su necesidad es apremiante. La deforestación, el acaparamiento de tierras y las actividades de sobreexplotación y extracción de recursos naturales tienen un impacto considerable en el nivel del agua de ríos y lagos, alteran el ciclo del agua y contribuyen a la desecación de ríos y lagos así como la contaminación de las áreas explotadas. El informe de la FAO de 2020 titulado “Estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020 - Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura” sugiere que la productividad alimentaria y los ingresos rurales pueden mejorarse significativamente mediante inversiones en nuevos sistemas de riego o la adaptación y modernización de los existentes, y que esto debería combinarse con prácticas mejoradas de gestión del agua, considerando que el acaparamiento de tierras tiene implicaciones negativas para la disponibilidad y la calidad del agua, despoja a las comunidades locales de las fuentes de agua y viola su derecho humano al agua potable (FAO, 2020, p.vii).

Por lo expuesto es necesario recordar la responsabilidad de los Estados de promover y salvaguardar todos los derechos humanos, que son universales, indivisibles, interdependientes e interrelacionados y que deben ser promovidos y aplicados de manera justa, equitativa y no discriminatoria. Los Estados deben garantizar el acceso universal, adecuado y asequible a agua potable suficiente, de calidad y segura. Los Estados que ratifican un tratado de derechos humanos se comprometen a proteger, respetar y cumplir los compromisos adoptados en el marco internacional, nacional, regional y local para la protección de estos derechos.

Las empresas deben garantizar que sus actividades no infrinjan ni abusen del disfrute del derecho humano al acceso al agua potable, de conformidad con los Principios Rectores

sobre las empresas y los derechos humanos de las Naciones Unidas y las declaraciones, pactos y tratados de la Naciones Unidas que han incluido este derecho. Los Estados que se propongan alcanzar los objetivos establecidos en el ODS 6 deben adoptar legislación para garantizar que las empresas no obstaculicen el acceso equitativo a un suministro adecuado de agua (Arrojo-Agudo, 2020).

El agua no es una mera mercancía, sino un bien público vital para la vida y la dignidad humanas; los servicios de agua son servicios de interés general que entran, por tanto, en primer lugar en el interés público.

El agua es un bien público común y como tal los Estados tienen que fortalecer la promoción del suministro de agua y saneamiento como servicios públicos esenciales para todos. Los gobiernos son responsables de hacer inversiones públicas en infraestructura sostenible relacionada con el agua para proteger el agua como un bien público esencial⁷.

Referencias bibliográficas

- Arrojo Agudo, Pedro (2020). Informe del Relator Especial sobre los derechos humanos al agua potable y al saneamiento. A/75/208 de 21 de julio de 2020.
- Arrojo Agudo, Pedro (2021). Informe del Relator Especial sobre los derechos humanos al agua potable y al saneamiento. A/76/159 de 16 de julio de 2021.
- Asamblea General (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. A/RES/70/1. Septuagésimo período de sesiones. Páginas 16, 21.
- Comité Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas (2002). Observación general N° 15 sobre derecho al agua. 29º período de sesiones. Ginebra.
- Consejo de Derechos Humanos (2020). Los derechos humanos al agua potable y al saneamiento. Resolu-

ción 45/8 del Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas, de 6 de octubre de 2020.

- FAO (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura. FAO. Roma.
- UNESCO (2019). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: no dejar a nadie atrás. Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos.
- UNESCO (2021). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021: el valor del agua. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Unión Europea (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOUE-L-2000-82524.

7 Véase: UNESCO (2019). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: no dejar a nadie atrás. Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos.

3. EL ACCESO AL AGUA. UN ENFOQUE DE DERECHOS HUMANOS Y ANÁLISIS DEL CASO DE LA “LAGUNA DE PIURAY”

Maghiori Castro Cuba Velasco
Universidad Continental

INTRODUCCIÓN

Para hablar del agua, hay que hablar también sobre la historia en el Perú; incluso antes de la invasión española, hace más de 5,000 años, existió un punto de convivencia con la naturaleza, producto de la cosmovisión que los incas y las culturas pre incas tenían (Ojeda, 2011).

Un claro ejemplo son los lugares destinados a la veneración de astros como el sol, la luna y las estrellas, y evidentemente también a los recursos naturales como el agua y suelo, los cuales eran considerados como deidades y divinidades a quienes se les debía respeto y gratitud para mantener la armonía y obtener buenas cosechas, presencia de lluvias y alimentos abundantes para los pueblos. Estos lugares de veneración son probablemente la explicación de la existencia de las grandes obras hidráulicas que nos ha dejado el imperio Inca y que a la actualidad son motivo de admiración, así como de constante investigación ya que los diseños y estructuras utilizados en aquellos tiempos, hoy en día nos dan posibles soluciones a los problemas del agua. En su momento los incas, como parte de la veneración a la “yacumama” (madre agua), construyeron el Sitio Arqueológico de Tipón, el mismo que hoy por hoy sigue siendo material para investigadores como el norteamericano Kenneth Wright, quien realiza sus estudios desde la óptica de la ingeniería civil e hidráulica tanto en “Machu Picchu” como “Tipón” (Pelayo, 2013). Esto demuestra el avance que tenía la cultura inca en cuanto a hidráulica o arquitectura; no era una sociedad “subdesarrollada” como se pensaba durante mucho tiempo en comparación con sociedades occidentales de la época, sino más bien una sociedad de avanzada.

Es imprescindible mencionar que actualmente en el Perú son escasas las investigaciones con enfoques constitucionales de protección de los derechos humanos que analicen problemáticas sobre acceso al agua que aquejan a las poblaciones asentadas en las ciudades y el respeto a las comunidades nativas, campesinas y pueblos originarios que residen en nuestro territorio. Se debe tener en cuenta que de la misma manera que en la comunidad internacional se producen diversos cambios con respecto al tratamiento

del derecho al agua, es necesario analizar importancia a este derecho en la legislación nacional, lo que permitirá el análisis del caso de la laguna de Piuray y llegar a conclusiones importantes, puntos que serán desarrollados en los siguientes párrafos.

El acceso al agua respecto al derecho internacional

Los primeros esfuerzos para dar cierto reconocimiento desde los derechos humanos al agua, desde un punto de vista internacional, se remontan a fines de la década de 1970. Esto se aprecia inicialmente en los primeros tratados internacionales de Derecho Ambiental, que se centraron en establecer parámetros y principios para que los Estados puedan diseñar sus políticas de desarrollo. Esas políticas exigían a los Estados que garanticen a la ciudadanía el acceso a una cantidad de agua potable para el uso personal y doméstico, que comprende el consumo, el saneamiento, el lavado de ropa, la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica. También exige a los Estados que se aseguren progresivamente de satisfacer el acceso a servicios de saneamiento adecuados, como elemento fundamental de la dignidad humana y la vida privada, pero también que protejan la calidad de los suministros y los recursos de agua potable.

Haciendo un repaso por los informes sobre el desarrollo humano y el desarrollo sostenible, o sobre el reconocimiento del acceso al agua como un derecho humano, y para entender mejor este punto, podemos mencionar la Declaración del Mar del Plata de 1977, que en el caso de América Latina señala en su preámbulo que “todos los pueblos, cualquiera sea su etapa de desarrollo y sus condiciones económicas y sociales, tienen derecho al agua potable en cantidad y calidad acordes con sus necesidades básicas”. A pesar de que este documento carece de carácter vinculante, es considerado como un documento pionero respecto al reconocimiento del derecho al agua, además de atribuirle el carácter esencial (Guevara, 2008).

Asimismo, existen resoluciones internacionales de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), pronunciamientos del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la ONU y de la Corte Interamericana de Derechos Humanos (Corte IDH), que contienen exhortaciones a los diferentes Estados para que garanticen el acceso al agua, sobre todo a personas de escasos recursos, teniendo en cuenta también que por una acción de convencionalidad generan, en sus normativas internas, efectos a favor de los pueblos indígenas u originarios de los países que ratificaron dicho convenio.

Pese a los esfuerzos mencionados en los párrafos anteriores, en pleno siglo XXI se evidencia que la problemática respecto al derecho al agua sigue latente, por ejemplo, muchos ríos continúan siendo contaminados producto de actividades empresariales e industriales; en el caso de Perú la minería ilegal genera efectos claramente negativos para este recurso, asimismo las aguas residuales domésticas y agrícolas contaminadas que no tienen los tratamientos que se espera que tengan y que son habituales en países de primer mundo, problema con el que los ciudadanos conviven a diario como es el caso de la planta de tratamiento del río Huatanay. Además, aún existe un gran porcentaje de personas que no tiene acceso a agua potable, lo que genera preocupación a la ciudadanía y autoridades conocedoras de esta problemática, debido a que ello también disminuye la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios relacionados con el agua, en concordancia con el “Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua”; posteriormente, órganos especializados internacionales prepararon estándares técnicos en la clasificación y uso de recursos naturales, tales como el agua (UNESCO, 2015).

De esta forma se evidencia que la lucha por reconocer este derecho es constante, pero lamentablemente y pese a estos esfuerzos, todavía en nuestros tiempos una de cada nueve personas en todo el mundo no tiene acceso a fuentes mejoradas de agua potable, una de cada tres tiene insuficiente saneamiento y aproximadamente 3.5 millones de personas mueren cada año por insuficiente acceso a agua potable, saneamiento e higiene (ONU, 2015).

El derecho al agua en la actualidad, Ley General de Comunidades Campesinas, consulta previa y otras normas referentes en nuestro país

Antes de empezar con el desarrollo de este título, es importante resaltar la relación de los derechos humanos con los pueblos indígenas, que ha sido y es, más bien, traumática. A pesar de haber conseguido ser reconocidos como sujetos de derecho, como personas que son, aun hoy siguen siendo uno de los grupos sociales más atacados y amenazados del planeta. Al extremo de que lo que se ve más amenazado es su propia supervivencia (Berraondo, 2014).

El Censo de Comunidades Indígenas realizado a 1.786 comunidades amazónicas en 2007 recogió información sobre 51 etnias de las 60 existentes en la selva peruana. No se empadronó a nueve de ellas “debido a que algunas etnias ya no conforman comunidades

al ser absorbidas por otros pueblos, además de existir otras que, por su situación de aislamiento, son de muy difícil acceso”; ahora, teniendo en cuenta esta situación, hay que evidenciar que su acceso a derechos básicos, como el agua, sigue siendo preocupante.

Se registra una población indígena amazónica de 332.975 habitantes, en su mayoría perteneciente al pueblo Asháninka (26,6%) y Awajún (16,6%). El 47,5% es menor de 15 años, y un 46,5% no cuenta con ningún tipo de seguro de salud. El 19,4% de la población indígena amazónica declaró no saber leer ni escribir pero, en el caso de las mujeres, este índice se eleva al 28,1%, en una población donde sólo el 47,3% de 15 o más años de edad cursó algún grado de educación primaria (Mikkelsen, 2015).

Por otro lado, el Censo registra que 3.360.331 personas aprendieron a hablar en la lengua quechua y 443.248 lo hicieron en la lengua aimara, lenguas indígenas predominantes en el área Costa-Andes del Perú. El país ha suscrito y ratificado el Convenio sobre Pueblos Indígenas N.º 169 de la OIT y votó a favor de la Declaración de la ONU sobre los derechos de los pueblos indígenas en 2007.

Asimismo, 2014 fue un año muy intenso en acontecimientos de repercusión nacional e internacional. Las elecciones regionales y locales mostraron la minería luchando para obtener mejores condiciones, y el país vio contraer su crecimiento económico primario exportador (Mikkelsen, 2015).

Esto fue pretexto para que el gobierno apruebe medidas supuestamente orientadas a promover la inversión pública-privada y continúe sin aplicar el derecho a la consulta previa, mientras mantiene su política de concesiones sobre territorios indígenas, que proyecta profundizar durante 2015.

Entre las medidas tomadas, se ve afectado directamente el acceso al agua y al saneamiento que están reconocidos por las Naciones Unidas como derechos humanos fundamentales, pero que estos pueblos al no tener acceso a derechos básicos como la salud, el alimento, la educación que son elementos indispensables en la vida de toda persona, menos van a tener satisfecho su derecho al acceso al agua. Y el no tener acceso a instalaciones de agua, saneamiento e higiene seguras, accesibles, asequibles y suficientes tiene un efecto devastador no sólo en la salud, sino en la dignidad de millones de personas y en otros derechos fundamentales que vienen de la mano con este derecho.

Ahora bien, evidenciada la situación de los pueblos indígenas, cabe recalcar que un gran logro para nuestro país y este grupo, fue el reconocimiento de la consulta previa a los pueblos indígenas y tribales, que constituye la piedra angular, junto a la participación del Convenio 169. Estos son la base de una visión que busca dejar atrás el sentido “asimilacionista” del Convenio 107 de la OIT, su antecesor, para adoptar un modelo de diálogo y respeto como bases de las relaciones entre los Estados y los pueblos indígenas que habitan en sus respectivos territorios (Gamboa & Snoeck, 2012).

Así, en el artículo 6 del Convenio 169 se establece que “...los gobiernos deberán consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente”. En el citado artículo también se indica que “las consultas (...) deberán efectuarse de buena fe y de una manera apropiada a las circunstancias, con la finalidad de llegar a un acuerdo o lograr el consentimiento acerca de las medidas propuestas” (Mayén de Castellanos *et al.*, 2014).

Este punto es importantísimo ya que el reconocimiento y ratificación del Convenio 169 generó en nuestro país la promulgación de la ley 29785 o “Ley del derecho a la consulta previa a los pueblos originarios, reconocido en el Convenio 169 de la organización internacional del trabajo (OIT)”. Esta norma aparece en nuestro país el treinta y uno de agosto del dos mil once. La misma que faculta a estos pueblos a ejercer la libre determinación de sus territorios y poder decidir incluso sobre los recursos que puedan encontrarse dentro de éstos, pero con las limitaciones específicas y establecidas en nuestra Constitución, que indica textualmente en el artículo 66° que “Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares”.

Sobre lo antes mencionado, la Ley del Derecho a la Consulta Previa de los Pueblos Indígenas u Originarios fue promulgada en 2011 con la finalidad de establecer el diálogo entre el Estado Peruano y los pueblos indígenas para llegar acuerdos para el desarrollo de proyectos extractivos o sociales en el territorio de la comunidad; esto incluye la administración del agua tomando en cuenta la necesidad de estos pueblos, pero también evidenciando cuáles son los límites que ejercen estos pueblos sobre la destinación de estos recursos que son del Estado (pudiendo mencionar aquí que el Estado trabaja bajo el principio del Bien Común).

Este reconocimiento constitucional de la titularidad de derechos, suele decirse que requiere de una mayoría cualificada en el Parlamento, toda vez que así se otorga a los derechos un respaldo más duradero, en lugar de optar por el reconocimiento a través de una ley o de un dispositivo de carácter reglamentario. Derechos hacia el final. Buenas prácticas en la realización de los derechos al agua y al saneamiento (de Albuquerque, 2012), que si bien están reconocidos en la Constitución, por las diferentes normativas que se desprenden de la Carta Magna pueden terminar generando duda. Respecto a la aplicación y titularidad de éstos, como es la administración del agua, es por ello que se emiten una serie de documentos (Leyes de gestión) para poder tratar específicamente este derecho. Entre estas normas tenemos la Ley General de Comunidades Campesinas y el Decreto Legislativo N.º 997 que crea la Autoridad Nacional del Agua (ANA) con el fin de administrar, conservar, proteger y aprovechar los recursos hídricos de las diferentes cuencas de manera sostenible, promoviendo a su vez la cultura del agua, el cual es parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Por otro lado, las normas antes mencionadas también dan paso a nueva normativa, como la Ley General de Comunidades Campesinas (N.º 24656) mediante la cual el Estado busca garantizar el desarrollo integral de las comunidades campesinas, y sobre todo el derecho a la propiedad del territorio y la participación de los comuneros, la cual tiene y debe de estar en concordancia con la Constitución Política de nuestro Estado y los objetivos de bien común fijados para un desarrollo conjunto de toda la población peruana.

Laguna de Piuray y su relación con la ANA

Respecto a la laguna de Piuray, es una fuente de agua ancestral, de origen superficial ubicada en la Cordillera Vilcanota en la región de Cusco; tiene un color azul oscuro que refleja el inmenso cielo de la cordillera de los Andes. Está situada a 31 kilómetros de la ciudad de Cusco, a una altitud de 3 435 m s.n.m. (Waman Adventures, 2020). En la actualidad, esta laguna es fuente de agua potable para los habitantes de la ciudad de Cusco, así como para las comunidades andinas y campesinas que se encuentran alrededor de ella que hacen uso de esta agua desde tiempos ancestrales (en su condición de pueblos indígenas u originarios).

Esta laguna, a su vez, está conexas con otras dos lagunas: la primera denominada Huaypo que se encuentra delimitada con la resolución RD 369-2016, y la segunda

denominada Poncolay, que se encuentra delimitada con RD 16-2017. Dichas resoluciones responden a la administración ejercida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Perú, que en mérito a la Ley 29338 es que se entrega la administración de los recursos hídricos para ejercer la rectoría técnica-normativa y establecer procedimientos para la gestión integrada, sostenible y multisectorial de los recursos hídricos en beneficio de los usuarios de agua y población en general, de manera oportuna y eficaz. Por este motivo, por ejemplo la empresa SEDACUSCO se encuentra acreditada con dichas licencias de uso de agua otorgadas por la ANA, para dotar de agua a la población de acuerdo a los estándares de calidad administrados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Esto quiere decir que el Estado, haciendo uso de su IUS Imperium y respaldado por la Constitución Política, es y será propietario indiscutible de los recursos naturales, renovables y no renovables, concebidos incluso como patrimonio de nuestra nación.

Es aquí donde aparece una confrontación de poderes entre el Estado y los pueblos indígenas u originarios, debido a que estos pueblos se encuentran en este territorio incluso antes de la llegada de los españoles, pero históricamente fueron relegados a tal punto de no poder decidir sobre el destino y uso de su propio territorio. Pero hoy en día se van reivindicando derechos a su favor, por ejemplo con la Ley de Consulta Previa, lo cual significa que si bien es cierto que tienen “autonomía de voluntad” y pueden hacer uso de la costumbre como fuente de derecho, éstas tienen limitantes impuestas por el Estado, como dije anteriormente, haciendo uso de su IUS Imperium y en busca siempre del “bien común”.

Por lo tanto, si bien es cierto que hoy en día existen comunidades campesinas e indígenas alrededor de la laguna de Piuray que hacen uso de esta fuente de agua, ellos están obligados como cualquier otro ciudadano a respetar los lineamientos impuestos por las autoridades competentes, como son el gobierno nacional (la ANA) y los gobiernos regionales y municipales, encargados de velar por la satisfacción de las necesidades de la colectividad, a tal punto de brindar la autorización a empresas privadas como SEDACUSCO en pro del bien común, entendiéndose esto como el beneficio, no sólo para los pobladores de la zona o las comunidades andinas y campesinas de alrededor, sino también para toda la población cusqueña de la provincia.

Un claro ejemplo de lo antes mencionado es el Proyecto Majes-Siguas, que con la utilización del afluente del río Apurímac que nace en la región de Cusco, bajo un proyecto nacional y pese a las diferencias de intereses entre la región de Cusco y Arequipa, se ponderó el bien común que es permitir el cultivo de productos de agroexportación con valor agregado

como paltas, uvas y alcachofas, que generarán para la Región Arequipa mayores ingresos por exportaciones; esto quiere decir que pese a que el afluente es de Cusco el Estado, haciendo uso de su IUS Imperium, pudo destinar el uso de parte de este afluente para el proyecto de otra zona. Lo mismo pasa en el caso de la laguna de Piuray, ya que estamos en un estado constitucional de derecho y siempre se ponderará el “bien común”.

Cabe resaltar de la investigación realizada en la laguna de Piuray que “no se encuentra delimitada”, esto quiere decir que no cuenta con una Resolución Directoral emitida por la Autoridad Nacional del Agua, o que en el portal de transparencia de dicha institución no hay documentación respecto a cuál es la cantidad del agua de la laguna que esta permitida a utilizar por SEDACUSCO, lo que no pasa con las otras dos lagunas conexas que sí cuentan con su resolución. No obstante existe normativa, que desarrollaremos a continuación, para entender algunos parámetros del uso y disfrute de esta laguna.

Importancia de la faja marginal municipal

Como se mencionó anteriormente, el uso y disfrute de esta laguna no se puede dar a capricho de las personas, por más de que “en teoría” ésta pertenezca a su territorio. Todo lo contrario, como ya se mencionó: el propietario indiscutible siempre será el Estado, por lo que conforme con el artículo 7 4° de la Ley N.º 29338 Ley de Recursos Hídricos concordante con el Artículo 113° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por D.S N.º 001-2010-AG, existe una planificación de faja marginal, la cual prohíbe la libre disposición de estas zonas a la construcción de domicilios y tampoco para zonas agrícolas, ya que estas áreas son lugares de aprovechamiento del Estado, de uso público y de interés nacional.

Es la municipalidad en representación del Estado la que se encarga de proteger esta faja marginal, ya que estas áreas son bienes de dominio público, que están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales, y que se mantiene para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios, los cuales de no ser respetados generarían una sanción primero en sede administrativa, de la mano con los municipios y gobiernos regionales, llegando hasta una sede penal, dependiendo del grado de lesión, contaminación o agravio en contra el medio ambiente y por ende contra la sociedad en su conjunto.

Conclusiones

Si bien los Estados no están obligados a dar acceso a puntos de agua y saneamiento de forma gratuita, el derecho al agua establece que estos servicios deben ser lo suficientemente asequibles para todas personas, ya que la satisfacción de esta necesidad va de la mano con la satisfacción de otros derechos como la alimentación, la vida digna, etc. Por lo tanto, el acceso al agua se considera como un Derecho Humano de nuestros tiempos.

El derecho al agua es fundamental para todo ser humano, pero en muchas comunidades empobrecidas se sigue vulnerando; no obstante, es el Estado el titular o propietario de este recurso, por lo tanto su función principal es llegar a más personas dejando de lado intereses personales o particulares, para finalmente ponderar siempre el “bien común” o desarrollo conjunto de todos los ciudadanos que necesiten de este recurso.

Referencias bibliográficas

- Berraondo, M. (2014). *Los Derechos Humanos y los Pueblos Indígenas*. <http://www.alertanet.org/F2b-MBerraondo.htm>
- de Albuquerque, C. de. (2012). *Derechos hacia el final Buenas prácticas en la realización de los derechos al agua y al saneamiento*. https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/Water/Bookon-GoodPractices_sp.pdf
- Constitución Política del Perú 1993
- Gamboa, C., & Snoeck, S. (2012). *Análisis crítico de la consulta previa en el Perú by DAR Perú—Issuu*. https://issuu.com/darperu/docs/analisis_critico_consulta_previa
- Guevara, J. A. (Éd.). (2008). *Derechos y conflictos de agua en el Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú [u.a.].
- Mayén de Castellanos, G., Erazo, D., Lanegra Quispe, I., Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, & Asociación de Investigación y Estudios Sociales (Guatemala) (Éds.). (2014). *El derecho a la consulta previa libre e informada: Hallazgos de un proceso de aprendizaje entre pares para la investigación y la acción en Ecuador, Guatemala y Perú* (Primera edición). Sociedad Peruana de Derecho Ambiental.
- Mikkelsen, C. (2015). *El Mundo Indígena 2015*. <https://iwgia.org/es/mundo-ind%C3%ADgena-editorial/4919-mi-2015-editorial.html>
- Ojeda, R. A. (2011). *Tecnologías Ancestrales—Sistemas Hidráulicos Pre Incas e Incas*.
- ONU. (2015). *Water Quality and Wastewater*. UN-Water. <https://www.unwater.org/water-facts/water-quality-and-wastewater>
- Pelayo, I. (2013). *El agua en el Perú: pasado, presente y futuro*. <https://docplayer.es/7092066-El-agua-en-el-peru-pasado-presente-y-futuro.html>
- UNESCO. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015 : Agua para un mundo sostenible : Resumen ejecutivo*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232272_spa
- Waman Adventures. (2020). Laguna Piuray, la melliza inca en la meseta de Chinchero. *Blog Waman Adventures*. <https://www.wamanadventures.com/blog/laguna-piuray-la-melliza-inca-en-la-meseta-de-chinchero/>

4. FAJA MARGINAL DE LA LAGUNA DE PIURAY

Evelina Andrea Rondón Abuhadba

Integrante de la Asociación de Vigilancia
de la Calidad del Agua Potable y Alcantarillado de Cusco

Rol de la Autoridad Nacional del Agua

El Ministerio de Agricultura, en su normativa sobre la Regulación de las Fajas Marginales (2010):

El Estado, dentro de la gestión prospectiva de riesgos, delega a la Autoridad Nacional de Agua la acción reguladora que acompaña a los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial y a la implementación de la gestión correctiva de riesgos.

La **Ley N.º 29338 - Ley de Recursos Hídricos**, aprobada el 30 de marzo de 2009, en su Título V: Protección del Agua, establece en la faja marginal, en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. El reglamento determina su extensión.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es la autoridad competente en las fajas marginales que constituyen bienes de dominio público hidráulico, caracterizados por ser inalienables.

Marco normativo

Ley N.º 29338: Ley de Recursos Hídricos. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Aprobado por el DS N.º 001-2010-AG). En los terrenos aledaños a cauces naturales o artificiales se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios.

D.S. N.º 001-2010-AG (24-03-2010). Reglamento de la Ley N.º 29338 Ley de Recursos Hídricos.

R.J. N.º 300-2011-ANA. Aprueban Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales.

El marco legal regulatorio de las fajas marginales

El Reglamento determina su extensión (artículo 74°).

Fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico (Título I: artículo 7).

Art111: Riberas. Las riberas son las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias.

Laguna de Piuray. Recibe cinco afluentes; esta laguna es de vital importancia por cuanto abastece el agua para consumo humano en un 46% de la ciudad de Cusco.

En dicha laguna no se respeta la faja marginal, existiendo gran contaminación con restos residuales humanos y animales, lo que compromete la salud pública de la región Cusco.

En la ciudad de Cusco, la Entidad Municipal Prestadora de Servicios de Saneamiento del Cusco S.A. se conoce como EPS SEDACUSCO S.A.

Art113: Fajas Marginales. Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales.

Las dimensiones en una o ambos márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por ANA, de acuerdo con los criterios establecidos en el reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos.

Ancho Mínimo: Medidos a partir del límite superior de la ribera, es de 10 metros aproximadamente.

Referencias bibliográficas

E Ministerio de Agricultura, La Regulación de las Fajas Marginales (2010)

La Ley N.º 29338 Ley de Recursos Hídricos, (2009)

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos
(Aprobado por el DS N° 001-2010-AG)

R.J. N° 300-2011-ANA (Aprueban Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales)

5. PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA DE PIURAY

Eliana Ricalde Ríos

Lucio Quiñones Jalisto

Centro Guaman Poma de Ayala, Cusco

El Centro Guaman Poma de Ayala, con más de 45 años de trabajo en el macro sur peruano, es una organización de la sociedad civil sin fines de lucro que busca incidir en los procesos de desarrollo y políticas públicas para que la sociedad en su conjunto, y especialmente los sectores menos favorecidos, accedan a oportunidades que les permitan alcanzar una vida digna, siendo uno de los siete ejes estratégicos de su trabajo la gestión territorial y ambientalmente sostenible que busca potenciar las capacidades para la planificación y gestión del territorio y de los recursos naturales, promoviendo una gestión ambiental saludable, participativa, viable, equitativa y vivible, impulsando la adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático, así como reduciendo las vulnerabilidades físicas.

En este marco, en respuesta a la iniciativa propiciada por la Empresa Prestadora de Servicios SEDACUSCO para la elaboración del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la microcuenca Piuray, el Centro Guaman Poma de Ayala obtuvo la buena pro en el concurso internacional convocado para su elaboración. Sin duda el encargo tuvo importancia estratégica dado que la microcuenca suministra agua potable para la ciudad de Cusco, y recogió la demanda de la población de la microcuenca de la laguna de Piuray, que agrupa seis comunidades campesinas y la Asociación Piuray, que busca mejorar sus medios de vida e iniciar un proceso de desarrollo socioeconómico en el marco del ordenamiento jurídico vigente y de sus prácticas consuetudinarias.

El Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Microcuenca Piuray se elaboró el año 2013, en concordancia con lo establecido en el marco conceptual y normativo vigente, con la finalidad de promover el uso sostenible, equilibrar la oferta con la demanda del agua, la conservación y la protección de la calidad de las fuentes naturales, en armonía con el desarrollo nacional, regional y local, así como la protección e incremento de la disponibilidad de agua.

Dentro de la metodología desarrollada por el Centro Guaman Poma de Ayala, se implementó un proceso de planificación participativo para evaluar los aspectos técnicos,

económicos, sociales, ambientales e institucionales relacionados con la gestión del agua en esta microcuenca, identificando los problemas latentes para proponer el desarrollo de acciones de orden técnico, económico y legal para el uso sostenible del recurso hídrico.

En este contexto, el Plan de Gestión de Recursos Hídricos es un **instrumento vinculante** para las instituciones y organizaciones públicas y privadas relacionadas con su gestión, y se articulan según lo dispone la Ley de Recursos Hídricos N.º 29338, con la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y la Política Nacional del Ambiente.

En el proceso se logró integrar entidades públicas y privadas con responsabilidad operativa o administrativa en el uso del recurso, tales como la municipalidad de Chichero, el Comité de Gestión de la microcuenca Piuray, la EPS SEDACUSCO, los Comités de Usuarios del Agua de Riego, Juntas de Administración de Servicios de Saneamiento (JASS), con la facilitación del Centro Guaman Poma de Ayala.

La elaboración participativa del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la microcuenca Piuray se realizó en tres fases sucesivas:

- » **Fase 1. Consenso de diagnóstico.** Se reconoció el estado actual de la gestión del agua en la microcuenca, se determinaron las causas de la problemática, los efectos, dificultades, y debilidades existentes en las diferentes actividades que la población desarrolla para la satisfacción de sus necesidades, desde la extracción del agua de las fuentes hasta su devolución a la naturaleza. Se realizaron tres talleres de diagnóstico participativo y validación.
- » **Fase 2. Consenso de propuestas de solución.** Se identificaron propuestas de solución, cuya factibilidad técnica económica y validación social se evaluó para su inclusión en el Plan de Gestión. Se analizaron los escenarios para la evaluación de las propuestas de solución, sus requerimientos futuros, la gestión de la oferta y la demanda del agua, así como la organización, financiamiento de gestión y las obras hidráulicas necesarias para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en la microcuenca. Durante esta fase se realizaron dos talleres de concertación y validación de las propuestas de solución.
- » **Fase 3. Plan de gestión.** Se evaluó la prioridad y viabilidad de las propuestas de solución concertadas y aprobadas en la fase precedente, aplicando criterios de conveniencia social, económica y ambiental, la programación y determinación de los costos de la implementación de las actividades, la programación multianual, los mecanismos de financiamiento y los lineamientos para la implementación del Plan.

Como resultado, se logró la participación de la población de la microcuenca y el desempeño de sus roles como actores, grupos de interés y el Comité de Gestión de la Microcuenca Piuray-Ccorimarca, quienes intercambiaron experiencias y contribuyeron a la formación de la base de conocimientos sobre la problemática, las propuestas de solución, roles, funciones y compromisos institucionales, colectivos e individuales, que se aplicarán en la gestión integrada de recursos hídricos en la microcuenca.

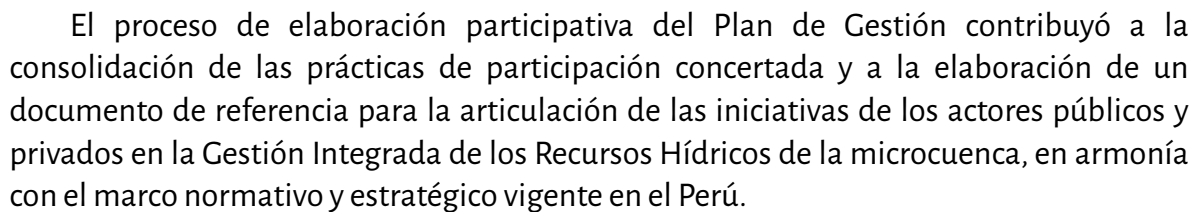
El plan de gestión de recursos hídricos de la microcuenca de la laguna de Piuray, definió líneas de acción para el logro de los objetivos y los resultados que en el corto (2013-2018) y mediano plazo (2019-2023) permitirían concretar el logro de la Visión Compartida de “la cuenca que podemos tener”. Las estrategias de implementación establecieron un orden de prioridad y temporalidad a través de tres programas con sus respectivos proyectos, actividades y presupuesto:

1. Desarrollo de capacidades para la gestión integral de la microcuenca de la laguna de Piuray.
2. Mejoramiento y ampliación de sistema de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas de la microcuenca de la laguna de Piuray.
3. Instalación de sistemas para el incremento de disponibilidad de recursos hídricos con fines agrícolas en la microcuenca de la laguna de Piuray.

Cada programa con sus respectivos proyectos propone una serie de intervenciones a nivel de construcción y mejora de infraestructura, como se observa en el mapa incluido en este artículo.

El financiamiento del plan consideró una serie de mecanismos y fuentes de financiación que involucran instituciones internas y externas que podrían intervenir en cada uno de los programas propuestos.

A partir del diagnóstico, se estimó la brecha existente determinada de la diferencia aritmética entre los indicadores cuantitativos de los problemas identificados (línea de base) y las metas propuestas o resultados que se esperan alcanzar con la implementación del plan de gestión, como se detalla en el cuadro 1.



1. La culminación del proceso de elaboración participativa del Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Microcuenca de la laguna de Piuray, inició una etapa en la que el Comité de Gestión de la Microcuenca de la laguna de Piuray afianzó su liderazgo entre las comunidades para conducir un nuevo proceso social para la gestión integrada de recursos hídricos y el desarrollo sostenible de la población, contando con un instrumento concertado de actuaciones institucionales y sociales encaminado a resolver los problemas de la gestión del agua y potenciar sus medios productivos para lograr mejorar sus ingresos y su bienestar.

CUADRO 1.					
N.º	Aspecto	Problema	Indicadores de situación actual	Meta del plan	Brecha
1	Cobertura de servicios básicos	Los centros poblados de la microcuenca no tienen una adecuada cobertura de agua potable	65% de cobertura agua potable	100%	35%
			0% de cobertura de saneamiento	100%	100%
2	Cobertura de demanda agrícola	Cobertura de la actual demanda agrícola, con sistemas hídricos (1036 ha)	89.7%	93.8%	4.1%
		Cobertura en áreas nuevas con sistemas hídricos	51.6%	98.8%	47.2%
3	Demanda	Eficiencia de conducción y distribución del agua en el riego	40%	55%	15%
		Eficiencia en el uso poblacional	40%	65%	25%
		Derechos de agua formalizados	0%	100%	100%
4	Disponibilidad	Agua almacenada en reservorios	0 MMC	0.37 MMC	0.37 MMC
		Satisfacción de la demanda de riego	90%	98.8%	8.8%
		Confiabilidad	66%	75%	9%
		Estudio hidrogeológico	0	1	1
		Sistema de monitoreo de la disponibilidad	0	1	1
5	Riesgos	Sistema de alerta temprana	0	1	1
		Plan de prevención de riesgos y desastres naturales	0	1	1
6	Protección y conservación de suelos	Zanjas de infiltración con mantenimiento	0	70 ha	70 ha
		Terrazas de formación lenta con mantenimiento	0	158 ha	158 ha
		Áreas reforestadas con mantenimiento	0	733 ha	733 ha
		Áreas con aptitud para zanjas de infiltración	0	180 ha	180 ha
		Áreas con aptitud para para el manejo silvo-pastoril	0	167 ha	167 ha
		Áreas con aptitud para la construcción de terrazas de formación lenta	0	316 ha	316 ha
		Áreas con aptitud para la reforestación con especies exóticas	0	417 ha	417 ha
		Áreas con aptitud para la agroforestería	0	316 ha	316 ha

2. El Plan de Gestión es un documento que conduce a la gestión de recursos hídricos y del desarrollo socioeconómico por la vía de la concertación y la transparencia, que materializa el deseo de la población en la imagen del territorio de la “Cuenca que podemos tener” y que orienta los comportamientos y acciones institucionales, organizacionales e individuales en un nuevo contexto de conocimiento de la realidad y de las acciones concertadas en obtención del bien común.

3. Lograr el salto de calidad en la gestión de las organizaciones comunales y el Comité de Gestión de la Microcuenca de la laguna de Piuray requiere de un gran esfuerzo de sensibilización, capacitación y desarrollo de competencias, que darán origen a la innovación y la participación de líderes jóvenes y mejor capacitados, generando también expectativas de desarrollo local que contribuirán al bienestar de la población.
4. El Plan de Gestión permitió el acercamiento y las coordinaciones entre la municipalidad de Chinchero y EPS SEDACUSCO para sentar las bases de la colaboración y la corresponsabilidad en la gestión de los recursos hídricos de la microcuenca.
5. Mediante el Plan de Gestión, se establecieron acciones que se deben ejecutar para:
 - » Mejorar las condiciones para incrementar la disponibilidad del agua.
 - » Fortalecer la organización local para realizar acciones de gestión del agua.
 - » Formalizar los derechos de agua para el uso poblacional y el riego.
 - » Generación continua del conocimiento sobre las características, hidrológicas, hidrogeológicas, geológicas ambientales, económicas y sociales de la microcuenca.
 - » Mejorar el abastecimiento de agua potable y los servicios de saneamiento para todos los centros poblados.
 - » Promover la cultura del agua.
 - » Promover la cultura de la prevención.
 - » Recuperar y poner en valor la práctica de protección de suelos y cobertura vegetal.
 - » Minimizar la contaminación de las fuentes por aguas servidas poblacionales, contaminación biológica y agroquímicos.
 - » Proteger las fuentes de agua.
 - » Potenciar e innovar la actividad agrícola.
 - » Atenuar los efectos del cambio climático.
 - » Iniciar un proceso de crecimiento y desarrollo concertado.
6. La magnitud de las inversiones implica el inicio de una nueva etapa de autogestión para las comunidades de la microcuenca de la laguna de Piuray, que deberán adecuarse a una gestión técnica y política para gestionar el financiamiento de los proyectos productivos y de desarrollo socioeconómico que el Estado promueve.

6. EUTROFIZACIÓN Y EL CASO DE LA MANGA DEL MAR MENOR (ESTE DE ESPAÑA)

M. Rocío Rodríguez Barroso
Universidad de Cádiz (España)

Abastecimiento de aguas a través de embalses

El abastecimiento de agua de consumo público a las poblaciones es un tema importante al que se le ha prestado mucha atención a lo largo de los años. Así, asegurar tanto un caudal de agua diario y constante como una calidad óptima de la misma se convierten en los principales problemas del suministro, sobre todo cuando se atraviesan épocas de escasez de agua debido a periodos de sequía.

Son muchos los parámetros identificativos de la calidad físico química de las aguas, entre ellos la temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto (determinados *in situ*); y otros parámetros indicativos del contenido salino (alcalinidad total, cloruros, sulfatos, calcio, sodio y magnesio), así como la materia orgánica y los metales (tales como hierro y manganeso como los más importantes). Sin embargo, los parámetros más relevantes que han de ser tenidos en cuenta para evitar posibles episodios de contaminación antropogénica son los nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y sílice) por su implicación directa en los fenómenos de eutrofización, que cada vez tienden a ser más comunes en muchas lagunas del mundo.

Nutrientes: fenómenos de eutrofización

La principal amenaza a la que se encuentran sometidos los embalses cuando acontecen sucesos de aumento de la concentración de nutrientes (nitrógeno y especialmente fósforo) es la eutrofización, que origina un gran desarrollo del fitoplancton (Rodríguez Barroso, y col., 2002). El lavado de las tierras de labor y las aguas residuales vertidas a este tipo de ecosistemas son desencadenantes de este proceso. En los embalses destinados al abastecimiento de agua potable, la eutrofización favorece el desarrollo de algas Cianofíceas (capaces de fijar nitrógeno atmosférico una vez agotado el nitrógeno combinado, creciendo mientras exista fósforo) que pueden originar olores y sabores desagradables en el agua tratada. Además, la descomposición de la materia orgánica sintetizada como

consecuencia de la masiva proliferación algal, consume grandes cantidades de oxígeno que provocan la acumulación de compuestos de hierro y manganeso en el hipolimnion, ocasionando problemas durante la explotación (Rodríguez Barroso, y col. 2001).

El anión nitrato es de origen antropogénico y su presencia en las aguas deriva en su mayoría del abonado agrícola, por ello su presencia es habitual.

Un sistema de aguas mineralizadas favorece la precipitación del fósforo, en mayor proporción que uno de escasa mineralización. Por esa razón, la entrada en un ecosistema de aguas ricas en fósforo desencadena una rápida proliferación de algas en sistemas de aguas poco mineralizadas.

La liberación de nutrientes de los sedimentos en lagos poco profundos, o con escaso nivel de agua acumulado, por ejemplo, durante los periodos de sequía, es un factor a tener en cuenta puesto que la zona de máxima productividad de algas en la columna de agua contacta directamente con los mismos. Así, bajo estas circunstancias, cualquier nutriente liberado por los sedimentos puede estimular los procesos de eutrofización, disminuyéndose el contenido en oxígeno y generando una capa reductora sobre la interfase agua-sedimento liberándose iones divalentes de manganeso e hierro, así como sulfuros de hidrógeno.

Otro factor relevante a tener en cuenta son los episodios de anoxia o falta de oxígeno, lo que provoca un empeoramiento de los parámetros de calidad del agua del entorno, redundando en la posibilidad de episodios de mortandad masiva de peces ante la ausencia de oxígeno en la columna de agua; por debajo de 5 mg/l de oxígeno disuelto ocurre la hipoxia y mortandad de peces.

Sucesión de episodios durante el proceso de eutrofización

La eutrofización o también conocida como la “sopa verde”, resulta como consecuencia del aporte masivo de nutrientes a un cuerpo de agua cerrado, sin oportunidad de mezclarse (como el caso de bahías costeras). El exceso de nutrientes es absorbido por el fitoplancton del agua, que requiere de elementos tales como carbono, nitrógeno y en menor medida el fósforo (que viene siendo el elemento limitante, lo que quiere decir que, mientras esté controlado, es difícil que ocurran dichos fenómenos de eutrofización). Una vez que existan estos tres elementos, sobre todo nitrógeno y fósforo (bien por vertidos de aguas residuales,

o por escorrentías de aguas agrícolas que arrastran estiércol de animal o fertilizantes agrícolas), las microalgas proliferan de forma exponencial llegando a formar una malla muy densa en la superficie que evita que llegue la luz al fondo de la laguna.

Esto deriva por una parte en un consumo importante durante el día de dióxido de carbono de la columna de agua y un aporte excesivo de oxígeno, gracias a la fotosíntesis que realiza el fitoplancton; cubriendo con un manto verde la superficie, dificultando la penetración de la luz solar a las capas más profundas que dejan de recibir luz, por lo que puede haber plantas ancladas en el fondo que acaben muriendo. Sin embargo, la peor consecuencia del proceso de eutrofización tiene lugar durante las horas nocturnas, que ocurre justo lo contrario, y es que el fitoplancton realiza la respiración, consumiendo grandes cantidades de oxígeno, y aportando grandes cantidades de dióxido de carbono, a la vez que sigue proliferando, fenómeno conocido como “*bloom fitoplanctónico*” (Gil-Izquierdo y col., 2021); esta falta de oxígeno provoca las famosas condiciones de anoxia, que pueden llegar a extenderse por toda la laguna resultando mortal para muchos organismos que realizan la respiración en el agua (como son los peces).

El siguiente proceso tiene lugar en el fondo de las lagunas, donde tanto el fitoplancton como los organismos superiores que van muriendo quedan depositados en el fondo, formando una materia orgánica que demanda muchísimo oxígeno para su proceso de descomposición aerobia. Esto repercute en un consumo del poco oxígeno de las profundidades, llegando a ser cada vez más escaso, lo que convierte al sistema en anaerobio, pudiendo comenzar los procesos de putrefacción (cambio de bacterias consumidoras de materia orgánica) y cuyo resultado es la eliminación de elementos como metano y ácido sulfhídrico.

Caso de la Manga del Mar Menor (este de España): un sistema al colapso

El Mar Menor, situado al este de España, es una de las mayores lagunas litorales del Mediterráneo y ocupa unas 13500 hectáreas de la costa de la región de Murcia. Hasta hace apenas un lustro se caracterizaba por unas aguas hipersalinas y cristalinas que le diferenciaban de otras muchas lagunas litorales europeas de aguas turbias y salobres. Esa transparencia era fruto de unas aguas oligotróficas (escasez de nutrientes) y permitía la existencia de una laguna controlada por el fitobentos (las comunidades de plantas ancladas en el sedimento lagunar) al llegar la luz al fondo sin problemas.

Antes de la crisis actual, el Mar Menor había estado sometido a una intensa explotación minera de metales, caracterizada en el inicio con el consecuente vertido masivo y el drenaje de las estructuras mineras residuales después, que junto con una intensa actividad urbanística y sus infraestructuras turísticas asociadas (urbanizaciones, playas artificiales y puertos deportivos), y un mal diseño de las depuradoras de aguas residuales (Sandonnini y col., 2021). Sin embargo, actualmente las mayores presiones provienen de la agricultura intensiva, puesto que la actividad agraria puede suponer hasta el 85% de todos los nutrientes que entran al Mar Menor. Los vertidos agrarios son generalmente nitratos, mientras que los residuos de fósforo provienen de origen animal.

Todos estos fenómenos han resultado en una situación de desequilibrio donde la laguna parte de un exceso de nutrientes, de manera que cualquier eventualidad puede agravar e intensificar los fenómenos de eutrofización. Tal es el caso que pueden provocar las lluvias torrenciales (con el arrastre de los nutrientes de la superficie de terrenos de cultivo), que provoca una enorme bolsa de agua anóxica en el fondo de la laguna, con las repercusiones en mortandad de peces que vienen ocurriendo de forma sucesiva, por ejemplo una DANA en junio de 2019 que provocó la segunda tasa de mortalidad de peces más alta en la zona.

Lo cierto es que en menos de una década se pasó de un mar de aguas cristalinas a un Mar Menor de aguas verdes turbias y sedimentos pútridos, donde los fondos a partir de los tres o cuatro metros eran prácticamente anóxicos. Sólo las partes más superficiales mantenían ciertos niveles de oxigenación. La crisis eutrófica se había manifestado, de manera que el colapso ambiental del Mar Menor es ya una realidad.

Esta crisis ambiental ha afectado al sector turístico y a las pesquerías en un primer momento, además de que la capacidad de resiliencia del Mar Menor (de admitir nutrientes sin grandes alteraciones) se ha reducido drásticamente. Con menos vertidos que antes, el daño ahora es mayor, su vulnerabilidad ante cualquier evento físico ocasional (riada, temperaturas máximas, etc.), aún dentro de la normalidad, es extrema, con mortandades masivas de peces y todo tipo de invertebrados marinos; el final del verano y el inicio del otoño son especialmente críticos.

Ya hay expertos científicos y portavoces del Comité de Seguimiento del Mar Menor que asesora al gobierno autonómico, que han advertido que en las aguas de la zona entran a diario 21.000 kilos de nitrógeno y 60 kilos de fósforo, que podrían llegar a

FIGURA: MANGA DEL MAR MENOR (ESTE DE ESPAÑA)



suponer un aumento de la clorofila y una proliferación de algas que fomentan el proceso de eutrofización.

Medidas urgentes de control para la remediación

Lo cierto es que a pesar de la gravedad de la situación, sí que podría existir una reversibilidad del proceso si se consiguieran eliminar los aportes extra de nutrientes que permitirían la restauración del fondo marino. Uno de los principales causantes de esta situación es el exceso de actividad agraria intensiva, en muchos casos ilegal, de tal manera que se deberían reducir la contaminación de abonos y fertilizantes.

Según Fernández-Alías y col. (2022) y Álvarez-Rogel y col. (2020), es urgente aplicar ciertas medidas para mejorar el estado de la laguna y evitar que estos episodios se repitan todos los años. Consideran varias estrategias para reducir la entrada de nutrientes en el Mar Menor, que incluyen entre otras:

- » Reducir la superficie agraria intensiva, al menos las hectáreas de regadíos ilegales.
- » Rebajar los aportes de nitratos y fosfatos por unidad de cultivo.

- » Renaturalizar intersticialmente el Campo de Cartagena, mediante setos, revegetación de lindes y recuperación de ramblas y ramblizos.
- » Retirar tierras irrigadas de la periferia de la laguna y convertirlas en humedales para que desnitrifiquen las descargas del acuífero.
- » Eliminar nutrientes de las aguas superficiales mediante sistemas en serie de biorreactores y humedales.
- » Hacer un seguimiento exhaustivo de la recuperación natural del fitobentos, comunidades filtradoras y sedimentos, para evaluar opciones de restauración más activas.
- » Realizar todo esto con una modelización integral del conjunto del socioecosistema (Mar Menor y cuenca de drenaje) que permita evaluar de manera científicamente robusta los costes efectividad de cada una de estas medidas.

Sólo con estas acciones tendremos una hoja de ruta consolidada que permita recuperar la laguna del Mar Menor en todos sus compartimentos naturales y nos facilite los fondos europeos necesarios para las inversiones que se van a precisar.

Referencias bibliográficas

- Rodríguez Barroso, M. D. R., Solera del Río, R., Sales Márquez, D., & Quiroga Alonso, J. M. (2001). Calidad del agua de la red de suministro de la localidad de Cádiz: influencia de la sequía en el período 1992-1998. *Ingeniería del agua*, 8(2), 191-199.
- Rodríguez Barroso, M. D. R., Vidal Valderas, L., Sales Márquez, D., & Quiroga Alonso, J. M. (2002). Evolución de la calidad de las aguas del embalse de los Hurones para consumo público (Cádiz, España). *Ingeniería del agua*, 9(2), 183-195.
- Sandonnini, J., Ruso, Y. D. P., Melendreras, E. C., Barberá, C., Hendriks, I. E., Kersting, D. K., & Casaldueiro, F. G. (2021). The emergent fouling population after severe eutrophication in the Mar Menor coastal lagoon. *Regional Studies in Marine Science*, 44, 101720.
- Gil-Izquierdo, A., Pedreño, M. A., Montoro-García, S., Tárraga-Martínez, M., Iglesias, P., Ferreres, F., ... & Gabaldón, J. A. (2021). A sustainable approach by using microalgae to minimize the eutrophication process of Mar Menor lagoon. *Science of the Total Environment*, 758, 143613.
- Álvarez-Rogel, J., Barberá, G. G., Maxwell, B., Guerrero-Brotons, M., Díaz-García, C., Martínez-Sánchez, J. J., ... & Gómez, R. (2020). The case of Mar Menor eutrophication: State of the art and description of tested Nature-Based Solutions. *Ecological Engineering*, 158, 106086.
- Fernández-Alías, A., Montañó-Barroso, T., Conde-Caño, M. R., Manchado-Pérez, S., López-Galindo, C., Quispe-Becerra, J. I., ... & Pérez-Ruzafa, A. (2022). Nutrient overload promotes the transition from top-down to bottom-up control and triggers dystrophic crises in a Mediterranean coastal lagoon. *Science of The Total Environment*, 846, 157388.

7. TRIHALOMETANOS EN AGUAS TRATADAS PARA USO HUMANO Y LA SALUD HUMANA

Luis Jiménez Troncoso

Magister en Ingeniería Biomédica

En esta contribución al proyecto de la Dra. Yanet Mendoza-Muñoz, he revisado algunos artículos recientes y también algunas revisiones sistemáticas relacionadas al aspecto de la salud. Primero es conveniente indicar que además de los trihalometanos (THM) como marcadores de los subproductos de la desinfección de aguas (DBP), han surgido o se han descubierto otros contaminantes denominados contaminantes emergentes. Por lo pronto, hasta 2017 (Wagner *et al.*) se considera la dosis de trihalometanos. Según la tabla comparativa de citotoxicidad y genotoxicidad presentada por Wagner, los DBPs nitrogenados y iodados serían más peligrosos que los subproductos que contienen bromo y cloro.

Actualmente, el reglamento de calidad de aguas para consumo humano emitido por MINSA en 2011, tiene los límites de 100 ppb, 200 ppb, 60 ppb y 50 ppb para bromoformo, cloroformo, bromodiclorometano y dibromoclorometano respectivamente. El límite de THM total se calcula según este reglamento mediante:

$$\frac{C \text{ cloroformo}}{\text{LMP cloroformo}} + \frac{C \text{ Dibromoclorometano}}{\text{LMP Dibromoclorometano}} + \frac{C \text{ Bromodiclorometano}}{\text{LMP Bromodiclorometano}} + \frac{C \text{ Bromoformo}}{\text{LMP Bromoformo}} \leq 1$$

Investigaciones recientes sugieren investigar en mayor detalle le incluir las concentraciones de haloketonas y halofenoles dentro de los índices de exposición a DBPs.

Se ha encontrado que hay diversidad de límites para los trihalometanos pues en algunos países se adoptan los de la OMS que tiene valores límites para cada uno de ellos mientras que en otros se definen límites para trihalometanos totales (TTHM).

Efectos sobre la salud perinatal

Estudio en Shanghai (China). En un estudio retrospectivo poblacional amplio (109000 pares madre-hijo) realizado en Shanghai, China (Zhu, 2022) se encontró asociación entre

efectos perinatales adversos y las concentraciones en agua potable de monoclорamina y cloroformo (uno de los trihalometanos), los cuales se pueden resumir de la siguiente manera:

Para el cloroformo se encontró asociación significativa positiva entre el uso de agua potable durante el primer y tercer trimestre y el riesgo de tener bajo peso al nacer; también en los mismos trimestres con mayor riesgo de prematuridad; por su lado, se observó una ligera elevación de riesgo de ruptura anticipada de membrana antes de la labor de parto por la concentración de cloroformo en el tercer trimestre de gestación. En otros trimestres se observó una asociación negativa (mayor concentración de contaminante producía menores efectos adversos perinatales).

En el estudio de Zhu también se evaluó la relación temporal entre las formas de onda de la concentración de cloroformo y cloramina y las formas de onda de los resultados perinatales de bajo peso, prematuridad y ruptura de membrana, concluyendo que el retardo de 3 meses entre picos puede explicar los efectos sobre el tercer trimestre de gestación.

Dadas las correlaciones positivas para algunos trimestres y negativas para otros trimestres, el estudio de Zhu concluyó que era baja la probabilidad de causalidad entre cloramina y cloroformo con los resultados perinatales adversos, pero sugirió seguir investigando al respecto por los potenciales riesgos aún no detectados.

Estudio en Suecia (Save-Soderbergh, 2020). Fue un estudio prospectivo basado en registros clínicos de 500,000 nacimientos. Se relacionó el indicador perinatal de tamaño (pequeño) para la edad gestacional (SGA) con niveles de trihalometanos totales (TTHM) formado por la cloración (para obtener agua potable). Para la exposición utilizaron el promedio mensual del registro multianual de TTHM que luego fueron utilizados para obtener promedios trimestrales para cada embarazo incluido en el estudio. Para la variable de resultado SGA se consideraron el segundo y tercer trimestre del embarazo. También se estudiaron los nacimientos prematuros y muy prematuros.

La caracterización de la exposición consideró cuatro niveles, el primero de agua no clorada, agua con menos de 5 ppm de TTHM, agua con concentraciones entre 5 y 15 ppb y agua con más de 15 ppb. Cabe indicar que de las 83 ciudades incluidas, algunas no tenían agua clorada, por lo que se utilizaron como referencia para el nivel de exposición cero.

Los resultados se analizaron tanto para SGA (pequeño para su edad gestacional) como para prematuridad (dividida en los dos grupos indicados previamente).

Resultados para SGA: Para el primer modelo de ajuste multivariable, cuando se comparó la mayor exposición (durante el tercer trimestre) a TTHM con los no expuestos, se encontró un OR de 1.21 con un intervalo de confianza significativo; sin embargo, para un segundo modelo se encontró un OR de 1.05 con un intervalo de confianza no significativo para la misma comparación. .

Para otra de las evaluaciones estratificadas por tratamiento con hipoclorito, se encontró un mayor riesgo de SGA con un OR de 1.20. También, cuando se comparó el nivel más bajo de exposición (<5ppb) a TTHM con el nivel más alto (>15 ppb) se obtuvo un OR similar de 1.21. Sin embargo, cuando se comparó en los lugares que utilizaban cloraminación del agua, el OR de 0.91 no tuvo un intervalo de confianza significativo.

Resultados para la prematuridad. Se encontró más bien un efecto protector (OR de 0.93 con un intervalo de confianza significativo) al comparar la máxima exposición a TTHM con la referencia de no exposición. No se encontró asociación para las localidades que trataban el agua con hipoclorito. Luego, para los nacimientos muy prematuros se encontró una asociación inversa (efecto protector) con OR de 0.82 e intervalo de confianza significativo. Este estudio en Suecia encontró el mismo tipo de relación inversa con la prematuridad que encontró el meta análisis de Grellier en 2010. Se sugiere entonces que el agua potabilizada evita infecciones maternas y por lo tanto, de esta manera podría reducir la prematuridad que se sabe es causada por infecciones maternas.

Este estudio de Suecia permitió afirmar que se encontró evidencia de asociación entre subproductos de la cloración del agua con el menor tamaño para edad gestacional de los neonatos, pero no encontró asociación clara para los partos prematuros ni muy prematuros.

Efectos de genotoxicidad

Según una revisión de Cortés (2018), se encontró primero que la ocurrencia (determinación de las concentraciones reales en aguas potables) de trihalometanos tiene un rango amplio, entre 0.05 partes por billón (muy por debajo del umbral permitido) y 380 partes

por billón (ligeramente por encima del umbral permitido para algunos de ellos). Los datos de ocurrencia se tomaron por Cortés de los estudios Weinberg (2003), Richardson (2007), Krasner (2006), Montesinos (2011), Manasfi (2016), Zhang (2016), Hang (2016) y Huang (2017).

Una de las conclusiones resaltantes de Cortés respecto de los estudios de mutagenicidad in vitro con bacterias, es que las aguas tratadas con bromo son más mutagénicas que las que fueron tratadas con cloro. También resume los estudios in-vitro de genotoxicidad de aguas potabilizadas en células de mamíferos, indicando que la desinfección de aguas por luz ultravioleta combinada con la cloración generan menos componentes genotóxicos comparada con la desinfección por cloración en etapas sucesivas. Para los trihalometanos, la mayor parte de ellos dio positivo para el efecto genotóxico según el ensayo COMEt alcalino (detecta las rupturas en ADN); la revisión de Cortés se basa en los hallazgos de Richardson (2008) y Zhang (2012).

En cuanto a los estudios de genotoxicidad en in-vivo tanto en vegetales como en animales, se menciona lo encontrado en las raíces de cebollas y en el pez cebra; para este último modelo animal tres trihalometanos (TCM, CDBM y BDCM) causaron daño al ADN mientras que TBM no lo hizo.

Finalmente se menciona el estudio en una población humana de Kogevinas (2010), que evaluó la posibilidad de genotoxicidad de las aguas tratadas en piscinas (generalmente utilizando bromo); utilizó en un biomarcador ya aceptado que es la frecuencia de ocurrencia de linfocitos micronucleados como indicador de inestabilidad genómica en células somáticas; se encontró un incremento en el conteo de este tipo de linfocitos (mediante análisis de sangre) en personas que nadaron por 40 minutos en piscinas cerradas, sin embargo no se encontró daño en el ADN de esos linfocitos mediante el ensayo comet. Cabe indicar que se encontró bromoformo en el aire exhalado por estas personas así como una mutagenicidad incrementada en la orina, pero no se encontró incremento en micronúcleos de células uroteliales.

Cortés concluye finalmente que no es suficiente detectar el daño primario en el ADN, sino que se debería extender la evaluación de genotoxicidad mediante estudios del daño en cromosomas para que los estudios de genotoxicidad sean más concluyentes que lo que se ha encontrado hasta ahora.

8. TRATAMIENTO INTEGRAL DEL AGUA PARA EVITAR Y PREVENIR INFECCIONES PARASITARIAS EN COMUNIDADES INDÍGENAS DE ECUADOR

Fátima Morales Marín
Angélica Quintero-Flórez
Universidad de Sevilla (España)

Importancia del agua para la salud y nutrición de la población: Derecho fundamental

Garantizar el acceso a los servicios de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene es contribuir a mejorar la salud y calidad de vida de las personas. Se estima que alrededor del 10% de la carga de enfermedades podrían evitarse con acciones de mejora relacionadas con agua potable, saneamiento e higiene. Específicamente, se ha reportado que a nivel mundial podrían evitarse anualmente 1,4 millones de muertes infantiles por diarrea, 860.000 muertes infantiles por malnutrición, dos mil millones de infecciones por nematodos intestinales, 25 millones de personas incapacitadas por Filarisis linfática, 200 millones de infecciones por Esquistosomiasis, cinco millones de incapacidades visuales a causa de Tracoma, medio millón de muertes por paludismo (Prüss-Ustün *et al.*, 2008).

La importancia del agua, saneamiento e higiene se refleja en la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a través del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6: “garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” (United Nations, n.d.).

Problemas de salud asociados a contaminación de agua

El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis (Prüss-Ustün *et al.*, 2008).

Las enfermedades parasitarias intestinales constituyen una de las infecciones más comunes en Ecuador y de mayor prevalencia en las comunidades rurales. Se estima que

3.500 millones de personas en el mundo están afectadas por estas infecciones y que 450 millones manifiestan enfermedad, siendo la mayoría niños y niñas (Zonta *et al.*, 2007). Dos estudios realizados en la Amazonía de Ecuador demuestran que la prevalencia de infecciones parasitarias en la infancia se encuentra entre el 60-82% (Barroso *et al.*, 2001; Quizhpe *et al.*, 2003; San Sebastián y Santi, 1999) al noreste de Ecuador. Se eligieron 17 escuelas aleatoriamente hasta completar el tamaño muestral deseado, que fue de 626 niños. Se recogieron los datos demográficos y antropométricos (peso y talla). Estas afecciones intestinales son un problema grave de salud pública debido a que suelen causar anemia por deficiencia de hierro, mala absorción de nutrientes, descompensación en su desarrollo normal y diarrea, entre las principales afecciones (Ministerio de Salud y Gobierno de El Salvador, 2021).

Propuesta de abordaje de tratamiento del agua en comunidades indígenas

Comúnmente, el alto índice de parasitosis está relacionado con la contaminación fecal del agua de consumo y suelo, así como con la incorrecta manipulación de alimentos, debido a deficientes condiciones sanitarias y socioculturales (Kopper *et al.*, 2009). Cabe mencionar que numerosas entidades invierten recursos para la implementación de tecnologías de saneamiento en países en vías de desarrollo, así como para el abastecimiento de agua potable, sin éxito, fracasando la mayoría de ellos por errores en la metodología aplicada durante los procesos de concepción del proyecto, diseño, implementación y seguimiento, ya que durante la ejecución de estos procesos no se logra la vinculación real de la población, ni se tienen en cuenta los imaginarios y la cultura misma de sus habitantes (Méndez-Fajardo *et al.*, 2011). El reconocimiento de la diversidad cultural implica a partir del conocimiento de su contexto social, étnico, ambiental y geográfico, observar las grandes diferencias en su concepción y manejo del agua y el saneamiento (Gómez *et al.*, 2007).

Es por ello que el abordaje de las mejoras para el tratamiento del agua en comunidades indígenas debe ir acompañado en todo momento de las necesidades de la población destinataria, para lo que debemos contar con un enfoque antropológico, que nos permita hacer consultas en las comunidades de intervención para detectar sus necesidades, y realizar las modificaciones oportunas en base a ellas y siempre respetando su cultura, tradiciones y sabiduría ancestral.

Referencias bibliográficas

- Barroso, M. del R. R., Río, R. S. del, Márquez, D. S., & Alonso, J. M. Q. (2001). Calidad del agua de la red de suministro de la localidad de Cádiz: influencia de la sequía en el período 1992-1998. *Ingeniería Del Agua*, 8(2), 191–199. <https://doi.org/10.4995/IA.2001.2864>
- Gómez, C., Jiménez, C., & García, M. (2007). *La gestión comunitaria como una alternativa en la prestación de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Documento de discusión.*
- Kopper, G., Calderón, G., Schneider, S., Domínguez, W., & Gutiérrez, G. (2009). *Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico. Estudios de caso en Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua.*
- Méndez-Fajardo, S., Opazo, M., Pérez-Muzuzu, B.-C., & Romero-Picón, Y. (2011). Metodología para la apropiación de tecnologías de saneamiento básico en comunidades indígenas. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 8(66), 153–176.
- Ministerio de Salud, & Gobierno de El Salvador. (2021). *Guías clínicas de Pediatría Segunda edición.*
- Prüss-Ustün, A., Bos, R., Gore, F., & Bartram, J. (2008). *Safer water, better health : costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health.* World Health Organization.
- Quizhpe, E., Sebastián, M. S., Hurtig, A. K., & Llamas, A. (2003). Prevalencia de anemia en escolares de la zona amazónica de Ecuador. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 13, 355–361.
- San Sebastián, M., & Santi, S. (1999). The health status of rural school children in the Amazon basin of Ecuador. *Journal of Tropical Pediatrics*, 45(6), 379–382. <https://doi.org/10.1093/TROPEJ/45.6.379>
- United Nations. (n.d.). *Sustainable Development Goals: Knowledge platform.* Sustainable Development Goals: Knowledge Platform. Retrieved December 18, 2022, from https://sdgs.un.org/#goal_section
- Zonta, M. L., Navone, G. T., & Oyhenart, E. E. (2007). Parasitosis intestinales en niños de edad preescolar y escolar: situación actual en poblaciones urbanas, periurbanas y rurales en Brandsen, Buenos Aires, Argentina. *Parasitología Latinoamericana*, 62, 54–60.

9. OTROS APORTES AL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE

Se encuentran en el LIBRO DE RESÚMENES DEL CONGRESO CIENTÍFICO INTERNACIONAL “SISTEMA DE MÚLTIPLES BARRERAS PARA LA PRESERVACIÓN DEL AGUA SEGURA Y SALUDABLE” 2019.

De publicación electrónica disponible en la Biblioteca Nacional del Perú: <http://isbn.bnpgob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=116190> Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021- 00658 ISBN N° 978-612-4236-26- 6

También disponible en:

<http://vrin.unsaac.edu.pe/data/494-Libro-AguaSegura-Resumenes.pdf>

En los siguientes capítulos:

Capítulo 3 - AGUA Y SALUD

Agua para Perú (Agua Segura) - pág. 44

Eliminación de contaminantes emergentes - pág. 46

Filtración Electroquímica Antibióticos-Genes-Resistencia-Antibióticos - pág. 51

Capítulo 4 - TRATAMIENTO DEL AGUA

Control de Nutrientes-Técnicas de Tratamiento de Aguas Residuales - pág. 66

Mejorando el Desempeño de los Procesos de Desalinización con Ósmosis Inversa en Configuración Batch - pág. 68

Modificación de Electroodos de Carbón Vítreo con Nano partículas de Níquel y

Paladio para la Degradación de Herbicidas en Agua - pág. 72

Nano-Materiales en la Desinfección/Tratamiento de Aguas - pág. 74

Eutrofización y Control del Crecimiento Microbiano - pág. 77

Desalinización Térmica con Membrana. Destilación: Mejora de la eficiencia con Termodinámica y Nano Ingeniería - pág. 80

Nanotecnología en el Tratamiento del Agua Potable - pág. 83

Sistemas de Filtración de Agua en el Punto de Uso - pág. 86



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



"UNUNCHISTA Q'AWUARISUN"

Proyecto de Investigación "Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray"

ISBN 978-84-1177-000-2

