

## Operatividad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas circunlacustres al lago Titicaca-Sector Perú y el marco legal en defensa de los ecosistemas

### Operation of the Domestic Wastewater Treatment Plants circumlacteustres to Lake Titicaca-Sector Peru and the framework in defense of ecosystems

María, Medrano<sup>1</sup>; Alfredo, Mamani<sup>2</sup>; Elvira, Muñoz<sup>3</sup>; Ricardo, Díaz<sup>4</sup>; Emilio, Medrano<sup>5</sup>

#### RESUMEN

Las aguas servidas de uso doméstico representan el principal factor que contaminan los ecosistemas del Lago Titicaca ubicado en Perú y Bolivia. Por ello, la Universidad Alas Peruanas-Perú, ha generado investigación aprobada por Resolución No 102-2018-VIeIT-UAP, cuyo objetivo general es contribuir con propuestas de mejoras en la operatividad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) que permitan reducir la contaminación de las aguas del lago Titicaca-Sector Perú; investigación que fue presentada en la Conferencia de Innovación IWA-BID sobre Uso Sostenible del Agua; Ciudades, industria y agricultura, realizada en la Ciudad de Guayaquil-Ecuador en el mes de octubre 2019.

En la investigación se elaboró diagnóstico del estado situacional de 16 sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas ubicadas alrededor del Lago y alternativas de mejoras para su operatividad a corto plazo para cubrir el tiempo de 4 años aproximadamente que falta para construir y poner en operación las nuevas seis PTARD, iniciativa del estado peruano.

Como resultado principal se determinó que en los últimos 5 años el 56.25% no ha realizado mantenimiento a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) y el 43.75% efectuó escasos mantenimientos siendo la causa la falta de recursos financieros, por lo cual no operan al 100%. Se recomienda asignación de fondos del estado para cumplir programa de mantenimiento y operación en las 16 plantas, reparar o reconstruir los procesos operativos, asignar personal técnico competente y su capacitación, elaboración de protocolo de procedimientos, entre otros.

**Palabras Claves:** Contaminación, Lago Titicaca, Plantas de Tratamiento, Aguas Residuales Domésticas (PTARD)

1. Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Abogado. Docente investigador Código Orcid 0000-0003-4766 r.

isabel@medrano.pe

2. Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ing Químico. Docente investigador.

amamani935@gmail.com

3. Doctora en Derecho. Abogado. Cdo Orcid 0000-0001-9572-1641 Directora de Investigación Académica UAP  
f\_munoz@uap.edu.pe

4. Doctor en Derecho. Abogado. Vicerrector de Investigación UAP, Código Orcid 0000-0001-5565-6136  
r\_diaz@uapedu.onmicrosoft.com

5. Doctor en Gobierno y Políticas Públicas. Profesor Investigador de la Universidad Científica del Sur Código Orcid 0000-0003-0002-5876.

emilio@medrano.pe



## ABSTRACT

Wastewater for domestic use represents the main factor that pollutes the ecosystems of Lake Titicaca located in Peru and Bolivia. Therefore, the Alas Peruanas University has generated research approved by Resolution No. 102-2018-VIeIT-UAP, whose general objective is to contribute with proposals for improvements in the operation of the Domestic Wastewater Treatment Plants (PTARD) that allow reducing the contamination of the waters of Lake Titicaca-Sector Peru.

A diagnosis was made of the situational status of 16 treatment systems located around the Lake and alternatives for improvements for its short-term operation to cover the time of 3 years 6 months left to build the new 10 PTARDs, an initiative of the Peruvian state.

As a main result, it was determined that in the last 5 years 56.25% have not carried out maintenance on the Domestic Wastewater, Treatment Plants (PTARD).

PTARDs and 43.75% carried out poor maintenance, the reason being the lack of financial resources, so they do not operate at 100%. It is recommended to allocate funds from the state to complete the maintenance and operation program in the 16 plants, repair or rebuild the operational processes, assign competent technical personnel and their training, elaboration of protocol procedures, among others.

**Keywords:** Pollution, Lake Titicaca, Domestic Wastewater, Treatment Plants (PTARD)

## INTRODUCCIÓN

El imponente cuerpo de agua del Lago Titicaca se encuentra ubicado al sur de Perú y al noroeste de Bolivia, ocupando geográficamente ambos países; en el territorio peruano está situado en el departamento de Puno específicamente entre las provincias de Puno y Huancané, con su vasta extensión territorial de 8.400 km<sup>2</sup> de superficie abarca 13 provincias y 93 distritos. Más de la mitad del territorio del Lago pertenece al Perú esto es el 55% (460 000 has) del espejo de agua y el 45% (379 000 has) pertenece a Bolivia. Es el segundo lago más extenso de América del Sur y el lago navegable más alto del mundo con una altitud de 3,810 m.s.n.m.

El Lago Titicaca, tiene características muy valiosas, por la fauna silvestre, hidrobiológica y belleza paisajística que alberga. Es el principal lago del Perú debido a su diversidad biológica, importancia socioeconómica y vasta extensión. Presenta una variada fisiografía por estar compuesta por islas y penínsulas que conforman la parte con-

tinental y por otro lado está la parte acuática representada por el espejo de agua.

El recurso hídrico contenido en la cuenca del Titicaca es clave, debido que con él, los lugareños logran satisfacer sus demandas individuales o colectivas como el funcionamiento de sus actividades productivas. Asimismo, la navegabilidad del lago favorece la integración poblacional de los países de Perú y Bolivia en los aspectos de turismo y comercio.

El 31 de octubre de 1978 el Perú mediante el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNARP), registró al Lago Titicaca como zona de reserva nacional a través del Decreto Supremo N° 185-78-AA. Asimismo, el 20 de enero de 1997 la convención de RAMSAR reconoció al Lago Titicaca como un humedal de importancia internacional "Humedal categoría RAMSAR", tal reconocimiento se debe a que es hábitat de aves acuáticas y alberga un complejo de humedales siendo estos: cinco lagos de agua dulce permanente, diez pantanos herbáceos y cuatro llanuras

riberañas. Posee una altitud de 3,810 metros sobre el nivel del mar.

Este gran espejo de agua recibe efluentes de 25 ríos siendo el principal el río Ramis cuya extensión territorial es de 14.700 km<sup>2</sup>, por otro lado, el río Desaguadero de 29.843 km<sup>2</sup> como flujo de salida del Lago Titicaca. Tiene calidad de cuenca endorreica y se divide en las siguientes sub-cuencas: la primera llamada “Lago mayor o Lago Chucuito” ubicado en la zona norte y cuya profundidad es de 135 metros. Por la zona sur se encuentra la segunda sub-cuenca denominada “Lago menor o Lago Huiñaimarca” que cuenta con una extensión de 1.470 km<sup>2</sup>.

Northcote H. (1989) en la investigación sobre Eurotrofización y problemas de polución, indicó que Los niños en edad escolar viviendo cerca del lago Titicaca presentan un fuerte índice de infestación de parásitos intestinales, siendo índices del orden de 50 a 70 % en muchos lugares. Aproximadamente un tercio de las 159 familias que viven cerca de la orilla del lago presentan pruebas positivas de infestación por estos parásitos, por la contaminación de las aguas del Lago.

Las poblaciones ribereñas del lago Titicaca han ido acrecentándose a lo largo el tiempo generando dos efectos, la primera el crecimiento de las demandas de agua potable y la segunda el incremento en la producción de aguas residuales domésticas, siendo éstas una de las fuentes de contaminación de los ecosistemas del lago que han logrado afectar su calidad hídrica, ante esta situación diversas autoridades tanto de carácter nacional e internacional efectuaron acciones con el objetivo de descontaminar las aguas del lago.

El 29 de junio de 2013 se crea la Comisión Multisectorial para Prevención y Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes a través del Decreto Supremo N° 075-2013-PCM, cuya finalidad es coordinar la ejecución de acciones para recuperar la calidad hídrica del lago Titicaca. En ese mismo año, la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico, Lago

Titicaca, Río Desaguadero, Salar de Coipasa (ALT) creó programas orientados a conservar los recursos hídricos y la sustentabilidad ambiental, los cuales son: Sistema Integral de Gestión de Aguas Residuales (SIGAR), Centro de Investigación Tecnológica para Tratamiento de Aguas Residuales (CITAR), Planta piloto Itinerante de Tratamiento de Aguas Residuales (PITAR) y finalmente encontramos el programa de Recuperación de Ecosistemas Contaminados (RECONT). El 07 de enero de 2016 Perú y Bolivia firmaron Acuerdo Binacional para la preservación y recuperación de la biodiversidad del lago Titicaca; esta herramienta ambiental engloba objetivos para la recuperación de los ecosistemas contaminados y el fortalecimiento de gestiones ambientales a través de programas binacionales.

A pesar de los esfuerzos, es innegable la problemática que existe en los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Región Puno que se encuentran alrededor del Lago Titicaca; porque al no operar en su total capacidad instalada no permiten el tratamiento total de las aguas residuales domésticas que genera la población de 1'132,378 personas y son vertidas al lago contaminando algunos de sus ecosistemas, peligrando la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente, específicamente la flora y fauna silvestre del lago, especies naturales que sirven para subsistencia socio-económico de las poblaciones de dicho sector; en ese sentido, y directamente sobre el punto medular se pronuncian los siguientes organismos e investigadores:

Mamani S. (2014), en el documento Diagnóstico y Categorización de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en el anillo Circunlacustre del Lago Titicaca, siendo presidente del Organismo Binacional ALT Perú-Bolivia, indicó que las aguas servidas generadas por las localidades ubicadas en las riberas del Lago Titicaca representan la principal fuente de contaminación del lago.

Las ciudades con mayor población, altos índices de crecimiento poblacional y que no disponen de sistemas de tratamiento o cuentan con siste-

mas de tratamiento ineficientes son las principales responsables de la contaminación orgánica y bacteriológica de las riberas del lago.

PELBT-Proyecto Especial Binacional del Lago Titicaca (2017), en el estudio "Monitoreo y Evaluación del Lago Titicaca y sus Afluentes, indica que el Monitoreo de la Calidad de Agua, ésta ha evidenciado haber superado el Estándar de Calidad Ambiental del Agua (ECA) en el parámetro DBO-5 por encima de los límites en los 15 puntos de muestreo analizados, lo que demuestra la contaminación por vertimientos de aguas residuales deficientemente tratadas.

Laqui V. et al (2017) en el documento Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca: Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del lago, Autoridad Nacional de Agua, señala que de manera conjunta con el crecimiento poblacional se incrementa la demanda de agua potable, lo que produce una mayor presión sobre los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas; al mismo tiempo, crece la producción de aguas residuales, que en la mayoría de los casos se vierten directamente en los cuerpos naturales de agua sin ningún tratamiento, o deficientemente tratadas.

El Ministerio del Ambiente de Perú- MINAM (2013) en el estudio Línea base ambiental de la cuenca del Lago Titicaca, refiere que el Lago, es el colector de todas las aguas provenientes de los ríos como Ramis, Huancané, Coata, Ilave, Suches y en solamente seis sistemas de tratamiento (17%) cumplen con las regulaciones y procedimientos operacionales básicos y disposición final de las aguas residuales, que incluyen la limpieza de los componentes y mantenimiento del sistema, en el resto no se realizan (83%) y en relación a la Pérdida de calidad ambiental en la Reserva Nacional del Titicaca señaló que las amenazas pueden generar impactos negativos en la reserva y son de diferente tipo y grado sobre las especies, los ecosistemas, los procesos ecológicos y la población humana.

Beltrán F. et al (2015), la investigación sobre la Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011 manifiestan que la calidad del agua de la bahía interior de Puno viene siendo degradada. La abundancia de la lenteja de agua en la bahía interior refleja un estado de concentración de nutrientes y el poco flujo de las aguas en esta zona. Es decir, una zona en proceso de eutrofización causado por el ingreso de aguas servidas de la ciudad de Puno sin ningún tratamiento.

Ante la problemática generada por el vertimiento de aguas residuales domésticas directamente en los cuerpos de agua del lago Titicaca, debido a que los sistemas de tratamiento han colapsados o presentan baja o nula eficiencia en su funcionamiento, es indispensable conocer las causas que ocasionan dicha situación con la finalidad de analizarlas para poder plantear medidas de solución.

En este escenario, la Universidad Alas Peruanas, mediante Resolución No 102-2018-VIeIT-UAP aprobó la realización de investigación cuyo objetivo general es contribuir con propuestas de mejoras en la operatividad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) que permitan reducir la contaminación de las aguas del lago Titicaca-Sector Perú, siendo sus objetivos específicos:

- (1) Elaborar diagnóstico del estado situacional que comprende identificación, tipo, categorización, operatividad de las PTARD.
- (2) Analizar alternativas de mejoras de operatividad basado en el diagnóstico del estado situacional de las PTARD.

Con estas propuestas se busca que los gobiernos locales tengan documentado los requerimientos para su urgente aplicación en mejora del funcionamiento de las PTARD, a fin de mitigar en el corto plazo la contaminación de los ecosistemas afectados del lago Titicaca generados por las descargas de las aguas residuales sin tratamiento previo.

Sobre lo señalado, Medrano E. (2014) Director por Perú del Organismo Binacional ALT, en la Conferencia internacional sobre los Observatorios de Lagos Transfronterizos propuso la creación del Observatorio Ambiental Binacional del Lago Titicaca, con el propósito de entender la problemática multinivel que permitiera finalmente proponer alternativas diversas para la solución al problema.

Importante es señalar que el 18 de marzo del 2019 el Estado Peruano mediante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) adjudicó la Concesión del Proyecto “Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales de la Cuenca del Lago Titicaca”, por un plazo de 30 años, siendo el objetivo del proyecto descontaminar los ecosistemas afectados en el Lago Titicaca para obtener como efectos colaterales positivos la conservación de los ecosistemas, reducción de las enfermedades y mantener este imponente recurso natural para incrementar la actividad turística. El proyecto comprende la construcción de diez (10) plantas de tratamiento de Aguas residuales (PTAR) en los distritos de Moho, Ayaviri, Juliaca, Huancané, Puno, Juli, Ilave, Azángaro, Lampa y Yunguyo, pertenecientes a la región de Puno, con el fin de dar solución al tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales en la cuenca del Lago. El concesionario está obligado a elaborar un expediente técnico para cada componente, en el caso del expediente del componente No 01 este deberá realizarse en un plazo de tres meses y para el expediente del componente No 02 en un plazo de 12 meses, tal expediente después de elaborado será revisado por un supervisor especializado, si el referido expediente es aprobado y cumple con las condiciones requeridas se pasará como acto final a la suscripción de un acta donde se deja por sentado el inicio de la construcción.

Estimamos que el lapso de tiempo para los trámites administrativos, elaboración de expedientes técnicos, aprobaciones, construcción y pruebas, demorará un lapso de tiempo de dos a tres años aproximadamente, brecha de tiempo que debe

ser cubierta con medidas de contingencia para que no se continúe vertiendo aguas no tratadas en el lago, vacío de tiempo que se pretende subsanar con la presente investigación de “Contribuir con propuestas de mejoras en la operatividad de las plantas para reducir la contaminación del lago Titicaca”, herramienta útil para la toma de decisiones de las autoridades competentes, iniciativa que plantea acciones operativas y administrativas viables y aplicables en el corto plazo, tomando en cuenta las condiciones operativas actuales, habiéndose evaluado las posibilidades de apoyo técnico con inversiones mínimas, con resultados adecuados para la protección del medio ambiente que serán compartidas con las instituciones que tienen la función y autoridad para su implementación.

## MÉTODOS Y MATERIALES

La Investigación tiene enfoque cuantitativo, método inductivo, diseño no experimental. Es Transaccional. Investigación Básica. Descriptiva. La Población es igual que la muestra.

Se efectuó el siguiente Protocolo donde están consignadas las actividades realizadas:

### Primera fase: Preparación

Recopilación documental, (1) investigaciones realizadas que demuestran la contaminación del lago Titicaca (2) Investigaciones sobre plantas de tratamiento de aguas residuales. (3) coordinación con autoridades para las visitas técnicas de campo y entrevista con Operadores/Técnicos a cargo de las PTARD (4) elaboración del instrumento, formulario. (5) Listado de Plantas. (6) Hojas de Control del número de Plantas visitadas. (7) Programación de recorrido diario. (8) Registro de fotos y filmación del estado de las PTARD.

La Población, son las 16 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD), y la muestra igual a la población, por requerir la investigación el universo total, a fin de precisar de forma individual la problemática de cada una de las PTARD.



## Segunda fase: Empírica

La recolección de datos se efectuó en base a la metodología planificada. Se recorrió 4,772 km<sup>2</sup>, correspondiente a las zonas donde se encuentran distribuidas las 16 PTARD, localidades que pertenecen al territorio peruano, a fin de recabar información de los operadores y/o técnicos de las PTARD, lo cual se consignó en el formulario pre establecido. Se Visitaron las PTARD y/o Lagunas de Oxidación. Se utilizó también el método de observación y se registró evidencias del grado de operación de las PTARD mediante fotos y filmación.

Se codificaron los formatos con la información y se procesaron mediante el sistema de módulos de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para el análisis estadístico. Se interpretaron y analizaron los resultados. Se efectuó el diagnóstico del estado situacional de las PTARD, se elaboraron las conclusiones, así como las recomendaciones con las propuestas de mejoras en la

operatividad de las PTARD, para ser alcanzadas al Gobierno Local, Gobierno Regional y Gobierno Central.

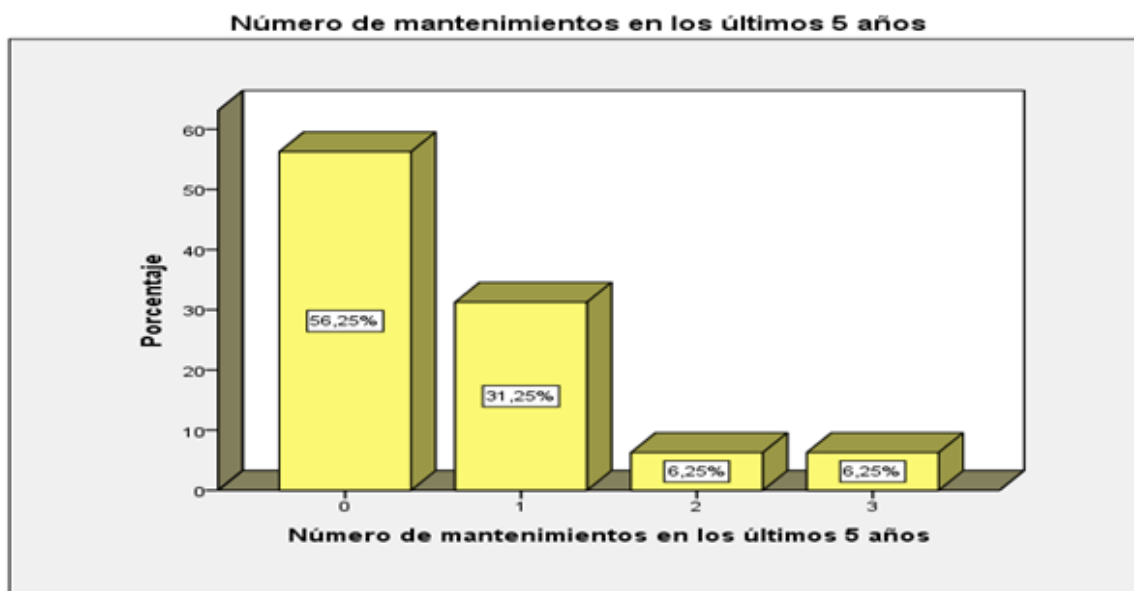
Utilización directa de la Investigación: Autoridades locales de Puno-Perú.

Utilización Indirecta de la Investigación: Gobierno Regional Puno; Nacional. Otros Investigadores.

## RESULTADOS

De acuerdo al resultado obtenido, la principal dificultad operativa son los mantenimientos escasos o ningún mantenimiento que reciben las lagunas o PTARD, el 56.25% manifestó no haber realizado ningún mantenimiento a las PTARD o Lagunas en los últimos cinco años, el 31% refirió haber efectuado un solo (1) mantenimiento en los últimos cinco años, el 6.5% efectuó dos (2) mantenimientos y el 6.25% efectuó tres mantenimientos, tal como se aprecia en la Figura No 1

Figura N° 1. Frecuencia de mantenimiento en las PTAR circunlacustres al lago Titicaca



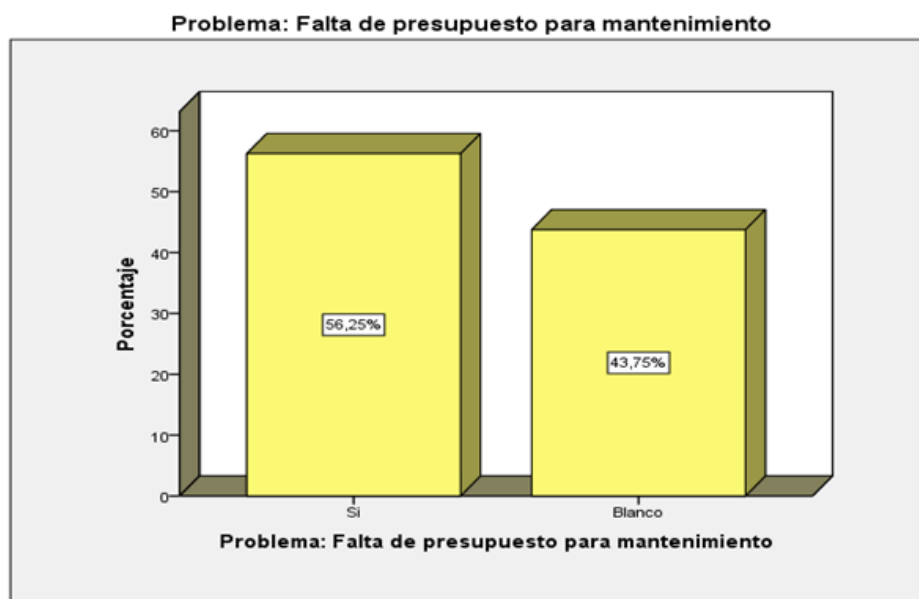
Estos escasos mantenimientos están relacionados con el factor económico, porque del 100% de los encuestados, el 56.25% indicaron que: (1) Tienen presupuestos restringidos. (2) falta de presu-

to. (3) Insuficiente partida económica. (4) falta de recursos financieros. (5) no se les asigna presupuesto; es decir no existen recursos económicos destinados al mantenimiento de estos sistemas. Mantenimientos que deberían efectuarse periódicamente.

dicamente para lograr que funcionen de forma eficiente o en su total capacidad instalada y cumplir también con las normas ambientales, específicamente la Ley de Recursos Hídricos Ley No 29338 de no verter aguas residuales no tratadas

al cuerpo receptor del lago Titicaca; el 43.75% no contestó la pregunta por desconocer si se habían efectuado mantenimientos, tal como se muestra en la figura No 2.

**Figura N° 2. Partida económica para mantenimiento de los sistemas de tratamiento circunlacustre al lago Titicaca**



Frente a los resultados anteriores de nulos o escasos mantenimientos a las Lagunas y PTARD, trae como derivación colateral otro problema, del 100% de los encuestados, el 43.75% indica que a consecuencia de la falta de mantenimiento existen olores fétidos que desprenden las aguas de los sistemas de tratamiento y que son perceptibles al olfato de las personas que viven en las zonas colindantes, lo que genera conflicto social por la incomodidad de percibir dichos olores y por los problemas de salud que ocasiona. Resultado que coincide con lo manifestado por Morgan J., et al (2000) en el artículo Malos Olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: su Control a través de procesos biotecnológicos, al indicar que toda planta de tratamiento mal diseñada y/o mal operada, sea de tipo fisicoquímico o biológica, de tipo aerobio o anaerobio, es susceptible de generar malos olores. Como causas generales de la generación de olores en plantas de tratamiento se pueden citar varias, entre ellas, las deficiencias en la operación de la planta de tratamiento.

Asimismo, uno de los principales problemas asociados con las plantas de tratamiento de aguas residuales y que en algunos casos ha sido determinante para clausurar o evitar su instalación es la generación de malos olores. El manejo y control de olores en las plantas de tratamiento de aguas residuales ha adquirido gran importancia debido al crecimiento de la población, a la multiplicación de las plantas de tratamiento en el ámbito nacional y a su cercanía con residencias y centros de población.

El 87% de los encuestados refirió tener otros problemas, como los siguientes: (1) Los equipos de control se encuentran dañados por las lluvias, no funcionan, por ello se encuentran operando de forma manual (Yunguyo). (2) Las lagunas se encuentran colmatadas (Puno) (3) Fallas mecánicas (Desaguadero) (4) Sobrecarga de aguas fluviales e Infraestructura deteriorada (Ayaviri, José Domingo Choquehuanca) (5) Problemas eléctricos, tablero de mando no funciona desde el 05 de

mayo 2019 (Vilquechico) (6) No cuentan con Expediente Técnico de Diseño de Planta o Laguna (Vilquechico, Huancané, Pichacani, Lampa, Capachica, José D. Choquehuanca, Pomata, Moho) (7) vertimiento de aguas no domésticas (Ayaviri, Capachica, José D. Choquehuanca, Juli) (8) Falta de capacitación en tratamiento de aguas residuales domésticas. (Lampa, Juli, Ilave, Pomata) (9) Radioactivos vencidos (10) Lagunas colapsadas (Moho) (11) Laguna sobredimensionada, falta de separador de grasas y sólidos de suspensión, incrementos de tarifas incrementa los conflictos sociales. (Azángaro), el 12.5% no dieron información al respecto; situación que hace difícil que las PTARD o Lagunas sean operadas en tu total capacidad instalada.

En consecuencia se convierten en un alto riesgo para la salud pública y para el medio ambiente, y en esa misma línea se pronuncia Méndez V. et al. (2008), en el estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS al señalar que las principales deficiencias en el mantenimiento En las PTAR operativas basadas en lagunaje se observan problemas de mantenimiento que afectan la eficiencia del tratamiento.

En otro párrafo del estudio indican: cuando las aguas residuales sin tratar son vertidas a los cuerpos de agua, el hábitat de la vida acuática y marina se verá afectada por la acumulación de sólidos, el oxígeno disminuirá por la descomposición aerobia de la materia orgánica, y los organismos acuáticos pueden perjudicarse aún más por la presencia de sustancias tóxicas, lo que puede extenderse hasta los organismos superiores por la bioacumulación en la cadena alimentaria.

Si la descarga entra en aguas confinadas, como un lago o una bahía, su contenido de nutrientes puede ocasionar la eutrofización, con molesta vegetación que puede afectar la pesca y las áreas recreativas.

De los resultados obtenidos el 56.25% de los encuestados refieren que a cargo de las plantas o

lagunas in situ tienen un solo operador a tiempo completo o a tiempo parcial, el 12.5% manifestó que tienen dos operadores y el 6.25% manifestó que tienen 3 operadores.

En relación al nivel de educación de dichos encargados, del 100% de los encuestados el 25% tiene educación secundaria, otro 25% tiene educación técnica, el 18.75% tienen educación primaria, el 6.25% es profesional y el 25% desconoce la educación que tienen dichos encargados. Asimismo, el 56.25% de los encuestados indicaron que los que operan las PTARD o lagunas, en los últimos 5 años (2015 al 2019) no recibieron capacitación en el rubro de su labor, el 18.75% si recibieron capacitaciones durante este lapso de tiempo, y el 25% indicó desconocer si recibieron capacitaciones por tener poco tiempo laborando en dicha institución.

Del 100% de los encuestados señalaron que el 37.5% de encargados de operar los sistemas de tratamiento no tienen experiencia en el rubro, otro 37.5% indicó no tener información al respecto, y un 25% indicaron que tenían experiencia en el rubro. Sobre estos importantes aspectos relacionados al personal que operan las PTARD y lagunas, Méndez V. et al (2008) en el documento Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS, indican que los recursos humanos y económicos deben ser los suficientes para la correcta operación y mantenimiento de las PTAR.

La causa principal de las deficiencias en operación y mantenimiento de las PTAR reside en la insuficiencia de recursos humanos y materiales destinados a tal actividad.

En la actualidad, el área de tratamiento de aguas residuales y disposición final se administra como un centro de costos al que se le asignan recursos en función de la disponibilidad de caja; lo que a criterio del equipo de investigadores estas dificultades deben corregirse: el personal a operar los sistemas de tratamiento deben a tiempo completo, tener la preparación académica que el



puesto requiere y capacitación constante, y no destinar a personal a dichas áreas como una especie de castigo cuando cometen alguna falta de carácter administrativo. El cargo de Operar una PTARD o una Laguna es de alta responsabilidad por involucrar directamente a la salud pública y el ambiente.

Se obtuvo como resultado que el 50% indicó que han sido multados por órganos supervisores y/o fiscalizadores por infracciones ambientales relacionados a las PTARD o lagunas (Yunguyo, Puno, Juli, Ilave, José Domingo Choquehuanca, Pomata, Moho, Azángaro) y el otro 50% señaló que desconocen si han sido multados o que no han sido multados. Asimismo, en relación al concepto de multa, tenemos que el 37.50% tuvo multa por Infracción a la Ley de Recursos Hídricos, art. 120 inc. 9 y su Reglamento No 001-2010-AG por efectuar vertimiento de aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado en cuerpo de agua del lago Titicaca sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el 6.25% por concepto de ocupar y utilizar sin autorización el cauce del Río Inambari, infracción estipulada en la Ley de Recursos Hídricos, el 6.25% por concepto de realizar ejecución de obras hidráulicas sin la autorización de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) contraviniendo el Art. 120, numeral 3 de la Ley No 29338.

En relación a los montos de las multas expresadas en soles y al costo de la Unidad Impositiva Tributaria de la fecha de imposición de la multa, manifestaron que el 50% carecen de dicha información o no tienen multa, el 12.5% tuvo multa de 2 UIT y en soles a la fecha de la imposición de la multa equivale a S/. 8,820.00 Y S/.8,715.00, el 12.5% tuvo multa por 10 UIT y en soles equivale a S/. 41,500.00 y S/.38,500.00 el 6.5% tuvo multa por 6 UIT y en soles equivale a S/. 24,300.00, el 6.5% tuvo multa por 15 UIT y en soles equivale a S/.59,250.00, el 6.5% tuvo multa por 20 UIT y en soles equivale a S/. 77,000.00, el 6.5% tuvo multa por 35 UIT y en soles equivale a S/.145,250.00.

Todo hace un total de S/. 403,335.00 (Cuatrocientos tres Mil Trescientos treinta y cinco y 00/100 soles). Sin embargo, Del 100% de los encuestados manifestaron que el 87% no ha interpuesto ningún tipo de recurso para solicitar que las multas queden sin efecto, el 6.25% interpuso recurso de Reconsideración (Juli-Fundado en Parte con reducción de 15 UIT a 5 UIT) y el 6.25% interpuso recurso de Apelación (Pomata. Recurso Fundado).

## DISCUSIÓN

El resultado de las encuestas refleja, por una parte, que no existe presupuesto suficiente para efectuar mantenimientos a los sistemas de tratamiento, lo que genera una lista de problemas; pero por otra parte son posibles de multas por el Organismo Fiscalizador por no cumplir con la normativa ambiental. Entonces estamos frente a un círculo vicioso, donde es imposible para los operadores cumplir con sus labores por factores presupuestales, situación que debe solucionarse en el corto plazo porque es la raíz del problema y no desgastar recursos humanos y dinerarios en imposiciones de multas que luego de procesos de reconsideraciones y apelaciones sean declaradas fundadas quedando sin efecto los pagos por las infracciones tipificadas e impuestas.

Este diagnóstico, análisis y discusión de resultados se ha realizado tomando en cuenta el objetivo No 6 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada por los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) siendo universal por tanto aplicable a Perú, y que indica se debe garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Asimismo, la Convención para la Protección de la Flora y de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América, se considera muy valiosa debido a que estamos inmersos en compromisos de protección a las áreas naturales y especies de flora y fauna, especialmente las que existen en las áreas del lago Titicaca.

Los tratados Internacionales (TLC) con Estados Unidos, Canadá, Unión Europea y China constituyen un desafío referido no solo a los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, sino que, también para el trabajo articulado para el reuso de dichas aguas.

Asimismo, para la presente investigación se ha considerado el marco legal pertinente sobre el recurso natural del agua y el tratamiento de aguas residuales domésticas, así tenemos a la norma de mayor jerarquía a nivel nacional, la Constitución Política del Perú, que en su Art. 66 indica 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; bajo este lineamiento se ha formulado la norma sectorial y fundamental para la gestión del recurso natural, el agua, la Ley de Recursos Hídricos-Ley No 29338 y el Decreto Supremo No 001-2010-AG, que aprueba el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos que tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

Esta Ley establece dispositivos precisos que se refieren al Vertimiento de agua residual, específicamente el Art. 79 señala que 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.

En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sus-

tentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto.

En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.

El Artículo 80 de la citada Ley 29338 precisa que 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. 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.

Como podemos apreciar en el marco normativo de los recursos hídricos, el estado ostenta un rol protagónico al ser el dueño del recurso, con la facultad de otorgar a terceros su aprovechamiento mediante asignación regulada, de reservar aguas de interés público, de señalar las políticas de estado para su uso racional. Tiene lineamientos claros sobre el vertimiento de aguas residuales domésticas precisando que todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, pero en la práctica esta última parte de la normativa en muchos casos no se cumple como se evidencia en la investigación y porque del 100% de los encuestados el 62.5% indicaron que no tienen per-

miso de operación, esto corresponde a 10 de 16 plantas o lagunas según tabla de frecuencia (Yunguyo, Huancané, Ayaviri, Vilquechico, Pichacani, Capachica, Lampa, Juli, Moho, Azángaro), en tanto el 25% que equivale a 4 plantas o lagunas indicó que si tienen permiso de operación (Puno, Juliaca, Pomata, Desaguadero), y el 12.5% que equivale a dos plantas o lagunas indicó que los permisos de operación se encuentran en trámite. (Ilave, José D. Choquehuanca).

Si bien es cierto el Estado Peruano construirá 10 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas ubicadas en los alrededores del lago, en la Región Puno; es cierto también que no podemos esperar tres años seis meses hasta que dichas plantas estén construidas y operando, se debe buscar alternativas de solución, para que las plantas y lagunas tengan mantenimientos y puedan optimizar sus operaciones de tratamiento y no verter aguas no tratadas al lago. Por eso la importancia de la presente investigación que busca mitigar los impactos en el corto plazo mientras demore la instalación de las nuevas diez plantas.

Pero, recordemos que el análisis de la investigación es de 16 sistemas de tratamiento, por ello los seis sistemas restantes no serán aún sustituidos por nuevas plantas de tratamientos, entonces es indispensable que se les otorguen las partidas económicas respectivas para su mantenimiento.

## CONCLUSIONES

Siendo el objetivo de la presente investigación “Contribuir con propuestas de mejoras en operatividad de las PTARD”, se presentan las siguientes conclusiones:

1. Investigación: realizada en 16 sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Región Puno-Perú del anillo circunlacustre al lago Titicaca, ubicadas en las zonas de Yunguyo, Huancané, Pichacani, Juli, Ilave, José D. Choquehuanca, Pomata, Puno, Juliaca, Ayaviri, Azángaro, Vilquechico, Capachica, Lampa, Moho, Desaguadero. Conforme a los objetivos específicos,

se elaboró diagnóstico del estado situacional que comprende identificación, tipo, categorización, operatividad de las PTARD.

2. Categorización: el 56.25% tienen Sistemas de Lagunas y el 43.75% tienen Planta de Tratamiento de Aguas Residuales –PTARD. Se estableció que 31.25% son lagunas de estabilización facultativa, el 18.75% utilizan tecnología de lagunas de estabilización facultativa aerobia, el 12.5% aplican tecnología de lodos activados, 12.5% utiliza IMHOF, el 6.25% utiliza lodos activados con lagunaje y el 6.25% usa lodos activados-tratamiento aeróbico.

3. Tipo y Forma: El 50% tienen tipo de proceso de tratamiento primario; el 25% primario, secundario y terciario; el 12.5% primario y secundario; el 12.50 otros tipos de procesos como el convencional. El 68.75% tiene forma de operación efectiva manual, el 12.5% forma automática, el 6.5% eléctrico, el 6.25% semi manual y el 6.25% sistema autónomo.

4. Operación: el 68.75% operan las PTARD o lagunas de forma manual (Yunguyo, Puno, Juliaca, Desaguadero, Ayaviri, Juli, Ilave, José D. Choquehuanca, Pomata, Moho, Azángaro) el 12.5% operan de forma automática (Huancané, Capachica) el 6.5% tienen sistema de operación eléctrico (Vilquechico) el 6.25% operan de forma semi manual (Lampa) y el 6.25% tiene sistema autónomo (Pichacani).

5. Frecuencia de mantenimiento: Se ha determinado que en los últimos 5 años el 56.25% no realizaron mantenimientos a las PTARD o Lagunas, y el 43.75% efectuó de dos a tres mantenimientos, evidenciándose el escaso o nulo mantenimiento que reciben estos sistemas.

6. Motivo principal de no efectuar mantenimiento: Del 100% de los encuestados, el 56.25% coincidieron en indicar que no pueden efectuar mantenimientos a los sistemas de tratamiento, debido a la falta de presupuesto económico, el 43.75% indicó tener otros motivos para no operar en su total capacidad instalada.

7. Efectos de la falta de mantenimiento: (1) Equipos de control dañados por las lluvias, (2) Lagunas colmatadas (3) Fallas mecánicas (4) Sobrecarga de aguas fluviales e infraestructura deteriorada (5) Problemas eléctricos, tablero de mando sin funcionar (6) Lagunas colapsadas (7) Laguna sub-dimensionada, falta de separador de grasas y sólidos de suspensión. (8) 7 PTARD y 9 Lagunas no operan en su total capacidad instalada, lo que no permite el tratamiento total de las aguas residuales domésticas, las cuales son vertidas al lago contaminando sus ecosistemas.

8. Impactos: Generación de olores fétidos que perturban el bienestar y la salud de la población, ocasionando conflictos sociales. Se incumplen normas ambientales, específicamente la Ley de Recursos Hídricos Ley No 29338 de no verter aguas residuales no tratadas al cuerpo receptor del lago Titicaca.

El 50% ha sido multado por infracciones ambientales y el otro 50% desconoce si han sido multados. El total de las multas asciende a S/. 403,335.00, donde el 6.25% interpuso recurso de reconsideración y el 6.25% interpuso recurso de Apelación.

9. Dificultades: (1) Falta de operadores in situ de las PTARD o lagunas, el 56.25% tienen un solo operador a tiempo completo o parcial, el 12.5% tienen dos operadores, el 6.25% tienen tres operadores. (2) El 25% tiene educación secundaria, el 25% educación técnica, el 18.75% educación primaria, el 6.25% es profesional y el 25% desconoce; determinándose que los recursos humanos y su educación no es suficiente para la correcta operación de las PTARD. (3) El 62% no cuentan con Protocolo de Procedimientos para operación, el 37% no tenía la información al respecto. (4) El 81.25% no tienen laboratorio de análisis por lo cual no hacen análisis de aguas. (5) El 62.5% no tienen permiso de operación, el 25% si tienen permiso, el 12.5% se encuentran en trámite. (6) No tienen Expediente Técnico de Diseño de Planta o Laguna. (7) Vertimiento de aguas no domésticas. (8) Falta de Capacitación

en tratamiento de aguas residuales domésticas. (9) Radioactivos vencidos.

10. Otros aspectos relacionados: El 18 de marzo del 2019 el Estado Peruano mediante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento adjudicó la Concesión del Proyecto “Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales de la Cuenca del Lago Titicaca”, por un plazo de 30 años, para la construcción de 10 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en los distritos de Moho, Ayaviri, Juliaca, Huancané, Puno, Juli, Ilave, Azángaro, Lampa y Yunguyo.

11. Herramienta propuesta: Se estima que el tiempo para elaboración de expedientes técnicos, trámites, construcción y pruebas de las 10 PTARD, tardará de dos a tres años aprox., brecha de tiempo que constituye un vacío que podría cubrir la aplicación de las recomendaciones de la presente investigación para mejorar la operatividad de las plantas y lagunas a fin de reducir la contaminación del lago Titicaca, herramienta útil para la toma de decisiones de las autoridades respectivas, viables y aplicables en el corto plazo.

## RECOMENDACIONES

Habiéndose conocido con detalle la problemática individual de las PTARD, los aportes de la investigación relacionada a las mejoras en la operatividad de las PTARD, son las siguientes:

1) Realizar mantenimiento de las instalaciones operativas en 16 planta PTARD debido a su condición actual, las cuales se encuentran ubicadas en las zonas de Yunguyo, Huancané, Pichacani, Juli, Ilave, José D. Choquehuanca, Pomata, Puno, Juliaca, Ayaviri, Azángaro, Vilquechico, Capachica, Lampa, Moho, Desaguadero.

2) Limpieza de lodos de las nueve lagunas de estabilización ubicadas en Puno, Huancané, Juliaca, Desaguadero, Ayaviri, Juli, Ilave, Moho, Azángaro.



3) Reparar o reconstruir los procesos operativos en las siete plantas ubicadas en Yunguyo, Vilquechico, Pichacani, Capachica, Lampa, José D. Choquehuanca, Pomata.

4) Asignar personal técnico competente a tiempo completo para la operación de las 16 plantas ubicadas en Yunguyo, Huancané, Pichacani, Juli, Ilave, José D. Choquehuanca, Pomata, Puno, Juliaca, Ayaviri, Azángaro, Vilquechico, Capachica, Lampa, Moho, Desaguadero

5) Capacitación del personal operativo para las 16 plantas ubicadas en Yunguyo, Huancané, Pichacani, Juli, Ilave, José D. Choquehuanca, Pomata, Puno, Juliaca, Ayaviri, Azángaro, Vilquechico, Capachica, Lampa, Moho, Desaguadero.

6) Asignar recursos financieros con fondos del estado para cumplir programa de mantenimiento y operación en las 16 plantas ubicadas en Yunguyo, Huancané, Pichacani, Juli, Ilave, José D. Choquehuanca, Pomata, Puno, Juliaca, Ayaviri, Azángaro, Vilquechico, Capachica, Lampa, Moho, Desaguadero.

#### **Adicionalmente, se recomienda:**

a) Generar convenios entre las instituciones del Estado con universidades:

- Para que los alumnos de pre y post grado efectúen investigaciones orientadas al desarrollo de temas relacionados a las PTARD que servirían de herramienta de información o aplicación de nuevas tecnologías.

- Para que el personal que operan los sistemas de tratamiento reciba capacitaciones en la sede de las universidades o vía On Line.

b) Que el Gobierno Regional en coordinación con las Municipalidades de la zona:

- Efectúen campañas sobre sensibilización sobre el sistema de agua potable, residuos sólidos, alcantarillado y temas relacionados al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Beltrán Farfán , D., Palomino Calli , R., Moreno Terrazas , E., Peralta , C., & Montesinos-Tubée , D. (18 de 12 de 2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana De Biología*, 335-340. doi:<https://doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>. Consultado el 15.08.2019. <http://www.redalyc.org/pdf/1950/195043168009.pdf>. Consultado el 06.05.2019.

Laqui Vilca, W., & Ocola Salazar, J. (2017). Fuentes contaminantes en la cuenca del lago Titicaca: un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. *Investigación, Organismo del Estado Autoridad Nacional del Agua*, Lima. Obtenido de <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/636/ANA0000422.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el 29.06.2019.

Mamani S. (2014). Diagnóstico y Categorización de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en el anillo Circunlacustre del Lago Titicaca. Programa Sigar-Sistema Integral de Gestión de Aguas Residuales, El Organismo Binacional ALT, Bolivia. Obtenido de [http://www.alt-perubolivia.org/web/2016-10-12-20-35-20/programa-sigar-sistema-integral-de-gestion-de-aguas-residuales/item/download/19\\_8f3978899d29a1737b8c1b2acd4df327.html](http://www.alt-perubolivia.org/web/2016-10-12-20-35-20/programa-sigar-sistema-integral-de-gestion-de-aguas-residuales/item/download/19_8f3978899d29a1737b8c1b2acd4df327.html). Consultado el 15.06.2019.

Medrano E. (2014). Conferencia Internacional sobre los Observatorios de Lagos Transfronterizos <https://es.ird.fr/layout/set/popup/toda-la-actualidad/eventos/coloquio/conferencia-internacional-sobre-los-observatorios-de-lagos-transfronterizos>. Consultado el 02 de julio 2019.

Méndez Vega, J., & Marchán Peña, J. (2008). Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS. *Sistema Nacional de Información Ambiental - SINIA*, 1-80. [https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro\\_ptar\\_gtz\\_sunass.pdf](https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf). Consultado el 04.05.2019.

Morgan Sagastume, J., Revah Moiseev, S., & Noyola Robles, A. (21-24 de Marzo de 2000). Malos Olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: su Control a través de procesos biotecnológicos. *Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Ciencia y conciencia compromiso nacional con el medio ambiente: memorias técnicas*, 1-12. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicon/R-0032.pdf> Consultado el 06.05.2019.

Northcote H. (1989) VII.4. Eutrofización y Problemas de Polución. Efectos de la eutrofización en perifiton y macrófitos. En: *Contaminación en el Lago Titicaca, Perú*.



Northcote, Morales, Levy, Greaven eds. Universidad de British. Columbia. P 567.

[http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers08-10/36651.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers08-10/36651.pdf). Consultado el 19.07.2019

PELBT. Proyecto Binacional del Lago Titicaca (2017). Monitoreo y Evaluación del Lago Titicaca y sus Afluentes. Boletín No 02-2017.

<http://pelt.gob.pe/sirh/monitoreos-2017/PUBLICACIONES%202017/BOLETIN%20CUATRIFOLIADO%20Calidad%20Aguas%20y%20Hidrometeorologia%202017.pdf>  
Consultado el 02.08.2019

Viceministerio de gestión ambiental & Dirección general de calidad ambiental. (2013). Línea base ambiental de la cuenca del Lago Titicaca. Investigación, Ministerio de Ambiente, Lima, Lima. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/Linea-Base-Ambiental-del-Lago-Titicaca.pdf>. Consultado el 07.07.2019.