



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**APLICACIÓN DE SOLUCIÓN MINERAL PARA LA
BIODEGRADACIÓN SOBRE EFLUENTES EN LA LAGUNA DE
OXIDACIÓN ESPINAR - PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YUBER ROMARIO LAYME VILCAPAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

APLICACIÓN DE SOLUCIÓN MINERAL PARA LA BIODEGRADACIÓN SOBRE EFLUENTES EN LA LAGUNA DE OXIDACIÓN ESPINAR - PUNO

AUTOR

YUBER ROMARIO LAYME VILCAPAZA

RECuento de palabras

10343 Words

RECuento de caracteres

57914 Characters

RECuento de páginas

68 Pages

Tamaño del archivo

9.6MB

Fecha de entrega

Jun 9, 2023 11:44 AM GMT-5

Fecha del informe

Jun 9, 2023 11:46 AM GMT-5

● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

Yuber Romario Layme Vilcapaza
Director



Resumen



DEDICATORIA

Con mucho amor y cariño a mi esposa Marimar; mis hijas Itzel y Khalessy que son la razón de vida, mi motivación y mi inspiración en el logro de mis metas.

A mis padres Octavio y Mary por darme vida, a mis hermanos Saul, Hector, Erica, Flor, Yolinda, Jhon por sus palabras de aliento y reto de superación en la vida.

Yuber



AGRADECIMIENTOS

Un inmenso agradecimiento a Dios, por la vida, el cuidado y por brindar sabiduría y conocimiento para lograr mis metas aprovechando cada una de las oportunidades en la vida.

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Escuela de Profesional de Ingeniería de Minas

A mi asesor y jurados de tesis por su orientación y dirección en la culminación del presente trabajo de investigación.

Yuber



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 13

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 14

1.2.1. Problema general..... 14

1.2.2. Problemas específicos 14

1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN..... 14

1.3.1. Hipótesis general 14

1.3.2. Hipótesis específicas 14

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 15

1.4.1. Objetivo general 15

1.4.2. Objetivos específicos 15

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 15

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 17



2.2. MARCO TEÓRICO	20
2.2.1. Lagunas de oxidación como sistemas de tratamientos ambientales.....	20
2.2.2. Vulnerabilidad de las lagunas de oxidación como sistemas de tratamientos ambientales	21
2.2.3. Saneamiento de las aguas y parámetros físico-químicos como determinantes en la remoción ambiental.....	22
2.2.4. Demanda química y bioquímica de oxígeno	25
2.2.5. Definición de términos	26

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.....	28
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.3. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	29
3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	29
3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	29
3.6. ANÁLISIS DE VARIABLES	30
3.6.1. Evaluación del coeficiente de transformación biodegradable sobre efluentes en la laguna de oxidación de Puno	30
3.6.2. Evaluación del porcentaje de remoción según sistema mineral para el tratamiento biodegradable sobre efluentes en la laguna de oxidación ante de Puno.....	30
3.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	31



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINAR EL COEFICIENTE DE TRANSFORMACIÓN BIODEGRADABLE PARA LA REDUCCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE Y LA DEMANDA QUÍMICA SOBRE EFLUENTES EN LA LAGUNA DE OXIDACIÓN	32
4.2. DETERMINAR LOS MINERALES ACTIVADOS Y SILICATADOS COMO SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REMOCIÓN BIODEGRADABLE SOBRE EFLUENTES EN LA LAGUNA DE OXIDACIÓN.....	37
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. RECOMENDACIONES.....	41
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS.....	56

Área : Ingeniería de minas

Tema : Sistema de gestión de calidad, medio ambiente y responsabilidad social.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16 de junio del 2023



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de transformación biodegradable.	32
Tabla 2. Resumen estadístico.....	33
Tabla 3. Diferencia estadísticamente significativa / comparación de media.	33
Tabla 4. Clasificación de la biodegradabilidad.....	34
Tabla 5. Tiempo de filtración según el tratamiento mineral.....	37



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Laguna de oxidación de Puno.	28
--	----



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

DEA	: Análisis de envoltura de datos
C_t	: Coeficiente de transformación biodegradable
DBO₅	: Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	: Demanda química de oxígeno
CO₂	: Dióxido de carbono
MO	: Materia orgánica
NH₄⁺	: Amonio
NO₂⁻	: Nitrito
NO₃⁻	: Nitrato
NR	: Nivel de remoción
NRRe	: Nivel de remoción real
NRT	: Nivel de remoción teórico
OD	: Oxígeno disuelto
PTAR	: Plantas de tratamiento de aguas residuales
PO₄³⁻	: Fosfato
STM	: Sistema de tratamiento mineral
UPFI	: Uso personal y farmacéutico-industrial
ICA o WQI	: Índice de calidad de agua (siglas en inglés)



RESUMEN

La contaminación de las aguas representa una dificultad ambiental y necesita la aplicación de tratamientos alternativos. El objetivo del estudio fue determinar una solución mineral para la biodegradación sobre efluentes en la laguna de oxidación Espinar - Puno. Donde se seleccionó mediante un muestreo probabilístico aleatorio, dos muestras de agua a nivel superficial. Se determinó la DBO₅ y la DQO y con esta relación se calculó el coeficiente de transformación biodegradable. Se aplicó como sistema mineral para el tratamiento ambiental. Se midió la remoción (%) una vez filtrado los efluentes en condiciones de laboratorio. Se halló que, en los puntos de muestreo de la laguna de oxidación la DBO₅ fue (P1: 74,0; P2: 43,0 mg/L) y la DQO (P1: 135,4; P2: 96,0 mg/L), por tanto, estuvieron por encima al valor recomendado por la norma DS N°004-2017-MINAM (DBO₅: 5,0 mg/L; DQO: 20 mg/L). Los efluentes de entrada y salida se valoran como biodegradable (P1: 0,55; P2: 0,45). El sistema de tratamiento mineral pasivo, removi6 en m6s del 35% las concentraciones de los par6metros f6sico qu6micos. Se concluye, existe concentraci6n alta de materia biodegradable que consume ox6geno y el sistema de tratamiento mineral bajo las condiciones experimentales mejora las concentraciones permitidas.

Palabras clave: Efluentes, Laguna de oxidaci6n, Materia org6nica, Minerales, Tratamiento.



ABSTRACT

Water pollution represents an environmental difficulty and requires the application of alternative treatments. The objective of the study was to determine a mineral solution for biodegradation on effluents in the Espinar - Puno oxidation lagoon. Where it was selected by means of a random probabilistic sampling, two samples of water at surface level. The DBO_5 and the COD were determined and with this relationship the biodegradable transformation coefficient was calculated. It was applied as a mineral system for environmental treatment. The removal (%) was measured once the effluents were filtered under laboratory conditions. It was found that, in the sampling points of the oxidation pond, the BOD_5 was (P1: 74.0; P2: 43.0 mg/L) and the COD (P1: 135.4; P2: 96.0 mg /L), therefore, they were above the value recommended by DS N°004-2017-MINAM (BOD_5 : 5.0 mg/L; COD: 20 mg/L). The input and output effluents are valued as biodegradable (P1: 0.55; P2: 0.45). The passive mineral treatment system removed more than 35% of the concentrations of the physical-chemical parameters. It is concluded, there is a high concentration of biodegradable matter that consumes oxygen and the mineral treatment system under the experimental conditions improves the allowed concentrations.

Keyword: Effluents, Organic matter, Minerals, Oxidation pond, Treatment.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe cada vez más, limitaciones en el consumo del agua debido a la contaminación que se produce, pero lo preocupante radica en el grado irreversible para muchas regiones a nivel mundial y, en consecuencia, el manejo para su recuperación no está siendo correctamente interpretado desde el derecho ambiental. El tratamiento de estas aguas residuales es ineludible con la finalidad de evitar que se conviertan en agentes contaminantes, con consecuencias de riesgos a enfermedades en la población de la ciudad de Puno. Es así que expertos de IMARPE manifestaron que se tiene pérdidas de la biodiversidad por las consecuencias de contaminación hacia el Lago Titicaca.

La ciudad de Puno, ya de muchos años atrás vienen atravesando problemas de salud. Y más aún los habitantes de la zona de Chejoña, Chanu Chanu y Salcedo, a diario sufren de enfermedades por los malos olores repugnantes que provienen de la laguna de oxidación donde se depositan las aguas residuales. Y esto es cada vez más de año en año por el crecimiento población, es decir mayor consumo de agua potable mayor producción de aguas residuales que se depositan en la laguna de oxidación de Espinar-Puno.

Cuando las lagunas de oxidación no cumplen funciones de remoción, existen múltiples vulnerabilidades ambientales. De modo que, los parámetros fisicoquímicos permanecen en concentraciones no deseadas. Por lo tanto, se plantea una investigación donde se aplica la solución mineral para la biodegradación sobre efluentes en la laguna de oxidación Espinar - Puno.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo es el efecto de la biodegradación sobre efluentes en la laguna de oxidación Espinar - Puno?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el coeficiente de transformación biodegradable sobre efluentes en la laguna de oxidación?
- ¿Cuál es el mineral a utilizar como sistema de tratamiento para la remoción biodegradable sobre efluentes en la laguna de oxidación?

1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

La aplicación de solución mineral mejora el tratamiento mediante la biodegradación sobre efluentes en la laguna de oxidación Espinar - Puno.

1.3.2. Hipótesis específicas

- El coeficiente de transformación biodegradable permite evaluar la reducción de la materia orgánica biodegradable y la demanda química sobre efluentes en la laguna de oxidación.
- Los minerales activados y silicatados como sistema de tratamiento ayudan la remoción biodegradable sobre efluentes en la laguna de oxidación.



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar una solución mineral para la biodegradación sobre efluentes en la laguna de oxidación Espinar - Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el coeficiente de transformación biodegradable para la reducción de la materia orgánica biodegradable y la demanda química sobre efluentes en la laguna de oxidación.
- Determinar los minerales activados y silicatados como sistema de tratamiento para la remoción biodegradable sobre efluentes en la laguna de oxidación.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presencia de materia orgánica biodegradable sin tratamiento eficiente influye en el valor de los recursos acuáticos, pues la carga contaminante tributaria de los efluentes sigue siendo una de las preocupaciones ambientales por resolverse. La bahía de Puno como división ecosistémica del Lago Titicaca necesita la búsqueda de alternativa de tratamiento ambiental. ¿Para qué? posibilite la transformación de la materia orgánica y mayor oxigenación. ¿Por qué? La restauración de una laguna de oxidación es una forma efectiva de proteger el medio ambiente al tratar las aguas residuales antes de verterlas al medio ambiente, reduciendo la carga de contaminantes y previniendo la contaminación de cuerpos de agua cercanos.

La importancia de la investigación es realizar un tratamiento de aplicación de una solución mineral para la biodegradación que va mejorar la salud pública al



disminuir la carga de patógenos en las aguas residuales, reducir la presencia de malos olores y mosquitos, y mejorar la calidad de vida de las personas que viven cerca.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Zeng *et al*, (2016), investigación realizada en China, la evaluación sobre la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales de las plantas de tratamiento. Se indicó, que las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), estos emanan gases de efecto invernadero donde sus instalaciones son costosas al ambiente con lo cual, las externalidades son negativas. Una las principales configuraciones que se realizan para la cuantificación de las PTAR radican en su eficiencia sobre la base de los costos de inversión. Se observó, que el tratamiento terciario fue estadísticamente significativo para la eficiencia del tratamiento residual, además de controlar la contaminación de efecto invernadero.

Dong *et al*, (2016), refirió en su estudio, igualmente investigación que se realizó en China, en ello se explica la ecoeficiencia de las PTAR y sus implicaciones a la sostenibilidad. Se aplicó un análisis de envoltura de datos en el conocimiento de la incertidumbre donde se valora que del total de 736 PTAR muestreadas existieron grandes variaciones en la estabilidad de su tratamiento donde el impacto ambiental desde la mejora de los procesos de tratamiento posibilita la interpretación eficiente para el tratamiento residual de las aguas urbanas.

Koleva *et al*, (2016), refirieron que el diseño de las PTAR es fundamental para optimizar los métodos de tratamiento del agua residual. Asimismo, toda eficiencia que posibilite el uso racional del agua ante la demanda poblacional e industrial obedece como etapa conceptual al desafío de ser eficiente.



Rajasulochana y Preethy (2016), indican que la eficiencia durante el tratamiento del agua residual depende de las técnicas que se apliquen y esta eficiencia permite reducir la contaminación del entorno, además de la protección a la salud humana. No siempre las técnicas convencionales reducen la contaminación. Aunque, la adsorción de carbono, proceso de membrana, intercambio iónico y la precipitación química entre otras técnicas son las más utilizadas.

Castellet y Molinos (2016), mencionan que se requiere la integración de enfoques ambientales y económicos para la comparación del rendimiento entre las PTAR. La identificación sobre prácticas operativas que posibiliten reducir los costos es una de las principales salidas de importancia para integrar la eficiencia de la calidad de entrada y salida de las aguas residuales.

Reichwaldt *et al*, (2016), informan que el crecimiento poblacional es proporcional a la aparición de contaminantes en las aguas residuales como los esteroides. Por tanto, la eficiencia en el tratamiento del agua residual resulta fiable en la medida que se cumpla con los requisitos o estándares de calidad. Establecer indicadores de manera adicional para estabilizar adecuadamente la eficiencia y valor del uso de las aguas residuales desde las plantas de tratamiento, es una prioridad.

Huaman y Argota (2022) en su investigación “Simulación tecnológica verde para el tratamiento de las aguas en la laguna de oxidación Espinar, Puno – Perú” cuyo objetivo fue describir una simulación tecnológica verde para el tratamiento de las aguas residuales en la laguna de oxidación espinar. Donde se realizó una selección probabilística aleatoria en abril (2022) se muestreó, afluentes y efluentes para el análisis de los parámetros físico-químicos como la demanda bioquímica de oxígeno ($DBO_{5,20}$) y la demanda química del oxígeno (DQO). Mediante la especie *Shoenoplectus sp. tatora*



(totora), se estableció una simulación tecnológica verde. Los valores de la $DBO_{5,20}$ (305,8 mg. L-1) y la DQO (803,35 mg. L-1) superaron 30 y 16 unidades, el límite máximo permisible por la norma ambiental de regulación. La simulación tecnológica verde en la laguna de oxidación de Espinar con la especie *S. tatora* sp., permite como práctica sostenible, promover un control eficiente en el tratamiento del agua a largo plazo.

Belli *et al*, (2022), en su investigación “Coeficiente de biodegradabilidad en las lagunas de oxidación angostura-limón y Yaurilla, Ica-Perú” El objetivo del estudio fue determinar el coeficiente de biodegradabilidad en las lagunas de oxidación Angostura-Limón y Yaurilla, se realizó, un muestreo en los afluentes y efluentes determinándose, la demanda bioquímica de oxígeno ($DBO_{5,20}$) y la demanda química de oxígeno (DQO). Las concentraciones en afluentes y efluentes fueron: $DBO_{5,20} = 315,0$ y $308,1$ mg·L-1; DQO = $795,0$ y $811,7$ mg·L-1 mientras que, en la laguna de oxidación de Yaurilla fueron: $DBO_{5,20} = 268,8$ y $303,6$ mg·L-1; DQO = $728,30$ y $795,7$ mg·L-1. Las concentraciones de $DBO_{5,20}$ y DQO superaron el límite máximo permisible del Decreto Supremo 004-2017-MINAM donde se establecen valores de 15 mg·L-1 y 40 mg·L-1 (D1: riesgo de vegetales). Se concluye, que existió concentraciones de contaminación desde los efluentes ante las concentraciones de la materia orgánica en las aguas residuales para las lagunas de oxidación, a pesar de la condición de biodegradabilidad de los afluentes.

Pinzón y Gonzales (2015) en su investigación “Diseño de una alternativa de tratamiento a las aguas residuales por lagunas de oxidación en el casco urbano del Municipio de Pacho – Cundinamarca”. Cuyo objetivo fue diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales como alternativa de solución. Donde se concluye que el



efluente de tratamiento presentó valores físico-químicos promedios de DBO 189.41 mg/l, sólidos en suspensión el valor fue 104.64 mg/l, coliformes totales de 4.26E+07 mg/l, DBO, sólidos suspendidos y coliformes totales están por encima del límite máximo establecido por la CAR en su Acuerdo 43 de 2006.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Lagunas de oxidación como sistemas de tratamientos ambientales

Las lagunas de oxidación destacan para tratar las aguas residuales, y por lo general, suelen errar a corto plazo debido a su elevado costo de mantenimiento técnico según la demanda de efluentes a tratarse (Feria & Martínez, 2014). Las lagunas de oxidación en su mayoría se basan en procesos de asentamiento sobre la materia dispuesta (Marsalek *et al*, 2005) y obedecen, a la contaminación por escurrimientos (Robert *et al.*, 2009; Huber *et al.*, 2016). Este tipo de sistema de tratamiento ha llegado a convertirse en la práctica de gestión alternativa más necesitada y viable (Ivanovsky *et al*, 2018).

A pesar, que en las lagunas de oxidación los métodos de tratamiento son simples para transformar la materia orgánica, pero los mecanismos de sedimentación, intercambio de gases y energía, oxidación-reducción, respiración y fotosíntesis u otros procesos son complejos (Rolim, 2000). El contraste entre las lagunas de oxidación está en la disponibilidad del oxígeno disuelto y ello determina su clasificación: aerobias, mezcla parcial con aireación, facultativas y anaerobias (Crites y Tchobanoglous, 2000) siendo necesario realizar de forma permanente, algún tipo de muestreo para comprender su comportamiento (Correa *et al.*, 2012); y en consecuencia, reutilizarse las aguas (Veliz *et al*, 2007).



Sin embargo, a pesar que la concentración de oxígeno disuelto es fundamental para evaluar la carga dispuesta en las lagunas de oxidación, otros parámetros como la demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅) y la demanda química del oxígeno (DQO) resultan los primordiales desafíos para comprender a futuro, el estado de oxidación sobre la propia degradación de la materia orgánica que ingresa al sistema (Geerdink *et al*, 2017).

La sostenibilidad de las plantas de tratamiento para aguas residuales permite que exista una sociedad moderna desde la propia satisfacción humana. Si las condiciones de operación tecnológicas se supervisan para indicarse que todo proceso de transformación es adecuado, entonces se esperaría la eliminación selectiva de los contaminantes y con ello, minimizar el riesgo en los ecosistemas (Kudlak *et al*, 2016).

2.2.2. Vulnerabilidad de las lagunas de oxidación como sistemas de tratamientos ambientales

Entre los principales problemas o vulnerabilidades de las lagunas de oxidación para el tratamiento ambiental de los residuales está el diseño; y, por ende, la operatividad (Treviño y Cortés, 2016) donde las limitaciones en su mantenimiento conducen a deficientes remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos siendo el monitoreo y la caracterización de las aguas, la actividad esencial para detectar su eficiencia (Romero, 2018).

Dentro de los objetivos fundamentales de las lagunas de oxidación se encuentran la eliminación de: 1ro) coliformes fecales, b) nutrientes (nitrógeno y fósforo); y 2ro), remoción de la materia orgánica (CNA y IMTA, 2007).



Para países en desarrollo, la eliminación de la materia orgánica y sólidos ha sido el énfasis primordial (González y Saldarriaga, 2008). En consecuencia, el aumento sobre la concentración de nutrientes (eutrofización) ha generado de igual manera, graves consecuencias ante la disponibilidad de oxígeno y en condiciones de laboratorio, tecnologías como reactores secuenciales son probados para eliminar dichos nutrientes (Ramos *et al*, 2017).

Típicamente, la producción de dióxido de carbono (CO_2) o consumo de carbono orgánico disuelto ha sido la base para la degradabilidad relacionada con la MO (McDowell *et al*, 2006) pero el consumo de oxígeno durante cinco días se usa como alternativa o indicador de la carga orgánica en aguas residuales medida como demanda bioquímica de oxígeno: DBO_5 (Jung *et al*, 2008).

Medir la DBO_5 requiere menos tiempo y reactivos de análisis donde señala el nivel o cantidad biodegradable correspondiente a la materia orgánica: MO (Zimin *et al*, 2014). Asimismo, medir la relación que existe entre esta materia orgánica biodegradable y el consumo del oxígeno para degradar u oxidar la MO, indicará si el cuerpo de agua receptor es biodegradable, además, de la inseguridad como sistema de tratamiento.

2.2.3. Saneamiento de las aguas y parámetros físico-químicos como determinantes en la remoción ambiental

El monitoreo de aguas en los centros poblados y la presencia de metales pesados son una problemática seria de contaminación que requiere el uso de tecnología para su control y mitigación (Novoa *et al*, 2022). Para que se reconozca la sostenibilidad de los ecosistemas y la salud pública se requiere del tratamiento de las aguas residuales y el saneamiento (UNESCO, 2015), y dado



que las plantas de tratamiento de aguas residuales están en aumento a escala mundial, entonces se necesita que los aspectos económicos, técnicos y ambientales garanticen a largo plazo el propio desarrollo sostenible (Lu *et al*, 2017).

En tal sentido, la sostenibilidad ambiental como actividad social muestra en los últimos tiempos un interés de prioridad (Fuentes *et al*, 2015), aunque pocos son las informaciones desde los estudios de impacto ambiental que señalan este indicador en la eficiencia de disminuir, elementos indeseados (Färe *et al*, 2014).

Asimismo, una de las preocupaciones sociales para cubrir las demandas del agua y que cada vez más, sigue creciendo se relaciona con la sobreexplotación de los reservorios hídricos donde el clima influye en el estrés hídrico. En aquellos lugares áridos y semiáridos el problema es acuciante y donde la reutilización de las aguas necesita de la existencia de plantas de tratamiento, pero al mismo tiempo, el diseño tecnológico que muestran no garantiza la eliminación de sustancias y compuestos contaminantes. Entre ellos se encuentran los de higiene personal, farmacéuticos y antropogénicos (Santos *et al*, 2013; Morais, Delerue y Gabarrel, 2014).

Por lo general, el diseño sobre el tratamiento de aguas residuales en las plantas transformadoras se orienta a prescindir de la materia orgánica y los sólidos totales disueltos y en suspensión (Binelli *et al.*, 2014). Toda presencia de productos, compuestos y sustancias diferentes pueden propagarse en los reservorios y luego, acumularse en la columna de agua, sedimentos y los tejidos de organismos vivos (Zenker *et al.*, 2014; Arlos *et al.*, 2015). Aproximadamente,



el 50% de los productos de higiene personal y farmacéuticos, no muestran cambios en su toxicidad, cuyas concentraciones permanecen constantes o aumentadas en los ríos y lagos, pero lo negativo radica en que siguen descargándose desde las PTAR (Wang *et al.*, 2015; Zenobio *et al.*, 2015).

Cuando se generan productos farmacéuticos y de higiene personal a los reservorios hídricos, se produce una composición compleja (Yuan *et al.*, 2013), donde la comunidad microbiana se afecta ante la toxicidad que se produce desde los lodos activados (Liu & Wong, 2013). Entre los productos farmacéuticos y de higiene personal se encuentran: plásticos edulcorantes, hormonales, fármacos, surfactantes y otros (Miege *et al.*, 2009; Pal *et al.*, 2014).

No cabe duda, que el tratamiento terciario reduce las concentraciones de productos de farmacia y de higiene personal, aunque muchas PTAR, no cuentan con estas tecnologías (AEAS, 2002). Por ello, la reutilización de las aguas residuales resulta limitante donde finalmente, se encarecen los costos para intentar, eliminar estos productos farmacéuticos y de higiene personal. Entre los procesos de las tecnologías de tratamiento terciario se encuentran ozonizar, oxidación de tipo avanzada y la activación carbónica (Tang *et al.*, 2014; Mailler *et al.*, 2016).

En dependencia de la tecnología que muestre las plantas de tratamiento de aguas residuales, así será la variación demostrativa de los elementos, pues su análisis de reconocimiento será con relación a la calidad de regulación normativa. Sí, todo producto indeseado, no se trata, entonces la reutilización del agua es despreciable (Picazo, et al, 2008; Molinos *et al.*, 2014, 2015).



Por otra parte, los parámetros de calidad fisicoquímicos son por excelencia los indicadores de determinación para las aguas superficiales (Ramírez *et al.*, 2008), pero su variación es una función normal lo que se esperaría cualquier contaminación de tipo natural. Por tanto, pueden suceder interpretaciones incorrectas en la toma de decisiones para estimar las condiciones de los ecosistemas (Lakshmanan *et al.*, 2009; Sierra 2011).

En 1970, la National Science Foundation (EEUU) desarrolló el índice de calidad de agua (ICA) y así, permitir la comparación de la calidad del agua entre ríos localizados en regiones distantes de los EEUU. En la actualidad, es uno de los más usados. El oráculo de Delfos fue la base para desarrollar el método y con ello, generar predicciones. Cuando se analizó la pertinencia del análisis de calidad de agua se indicó la determinación de 35 parámetros entre 142 expertos donde debieron considerar, si debían calificar su inclusión o no e igualmente estar confusas las variables. La calificación fue de 1 a 5 donde el menor valor resultó, el más significativo. Finalmente, existió una reducción de los parámetros y solo 9 quedaron como los determinantes: pH, SDT (sólidos disueltos totales), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), turbiedad, temperatura (T), fosfatos (PO₄⁻), nitritos (NO₂), oxígeno disuelto (OD) y coliformes totales (CT).

2.2.4. Demanda química y bioquímica de oxígeno

En la contaminación de los cuerpos de aguas superficiales, existe una porción de la MO que es biodegradable: indicador DBO₅ (Nagel *et al.*, 1992) y esta DBO₅ tiene tres aplicaciones principales: 1ro) como indicador de la aprobación de sobre las descargas de aguas residuales, además, del procedimiento para el tratamiento regulatorio, 2do) la tasa o fracción



biodegradable mediante la correspondencia entre la DBO₅ y la DQO y 3ro) la correspondencia entre el nivel de oxígeno disuelto y la DBO₅ como indicador del tamaño necesario para la ubicación definida de una planta de tratamiento para aguas residuales (Jouanneau *et al.*, 2014). Sin embargo, la principal deficiencia en la descripción de la DBO₅ consiste en que su logro solo es para 5 días donde se obtiene una biomasa por transformación de microorganismos aerobios (Reuschenbach *et al.*, 2003; Chiappini *et al.*, 2010).

Finalmente, evaluar la calidad ambiental de los cuerpos receptores se requiere de indicadores y donde dos ellos se encuentran relacionados: DBO₅ y DQO (Namour y Renault, 2010).

2.2.5. Definición de términos

- **Aguas residuales municipales:** Aguas de formación doméstico, comercial e institucional que comprende desechos humanos.
- **Aguas residuales:** Agua con contenidos de material disuelto y en suspensión, estas son generados por una población.
- **Aguas servidas:** Aguas ya usadas que provienen de lavamanos, duchas, lavaplatos, y otros que no liberen elementos fecales.
- **Análisis:** Examen de elementos, realizados por un laboratorio.
- **Biodegradación:** Es la acción de un microorganismo sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno:** Dosis de oxígeno utilizado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en



situaciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

- **Eficiencia de tratamiento:** Proporción entre la concentración removida y la concentración en el afluente, habitualmente se muestra en porcentajes.
- **Efluente final:** Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.
- **Laguna de estabilización:** Son estanques construidos en tierra, de poca profundidad (1-4 m) y con períodos de retención entre 1 a 40 días). Donde se realizan de manera espontánea procesos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos, conocidos también como autodepuración o estabilización natural. El propósito del proceso es entregar un efluente de características múltiples establecidas como: DBO, DQO, OD, SS, algas, nutrientes, parásitos, enterobacterias, coliformes, etc.
- **Laguna aireada:** Estanque natural o artificial de tratamiento de aguas residuales donde se sustituye el suministro de oxígeno por aireación mecánica o difusión de aire comprimido.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El proyecto se realizó sobre efluentes en la laguna de oxidación Espinar - Puno (15°51.073 / 69°59.729), tal como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Laguna de oxidación de Puno.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población del presente trabajo de investigación está conformada por la laguna de oxidación Espinar - Puno. El volumen de muestra tomado para el análisis fue de 1L según (ISO 1980, 1991, 1994).

Se ha considerado, como subcategoría A de la categoría 1 correspondiente al Decreto Supremo No. 004-2017-MINAM: para la comparación de los parámetros ambientales de calidad del agua (Anexo 2).



3.3. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es de campo, aplicada a comprender y resolver los problemas generados por la laguna de oxidación Espinar - Puno. El presente estudio plantea la aplicación de solución de mineral para la biodegradación sobre efluentes. Así mismo, esta investigación es de nivel descriptivo. A ello Romero, (2009) menciona que el nivel descriptivo “busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades u otros fenómenos que sean sometido a análisis, limitándose a medir el objeto investigado”.

3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se ha utilizado el método cuantitativo. Asimismo, es Prospectivo – Descriptivo – Transversal. Con la finalidad de alcanzar los objetivos. Romero, (2009) hace mención que “el método científico es una serie de pasos que nos conducen al conocimiento científico”.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación sobre la aplicación de solución de mineral para la biodegradación sobre efluentes en la laguna de oxidación Espinar - Puno, se ha realizado la observación y recolección de los datos directamente de la realidad objeto de estudio para su análisis e interpretación de los resultados. Se consideró los efluentes de la laguna de oxidación Espinar-Puno, Se analizó tres réplicas del efluente los cuales se muestrearon entre las 06:00 am hasta las 08:00 am (2 horas). Para el muestreo de los efluentes se ha utilizado un recipiente de plástico esterilizado con capacidad de 20L. Se endulzó con agua del efluente de un tanque de material polietileno para la homogenización de la muestra.



3.6. ANÁLISIS DE VARIABLES

3.6.1. Evaluación del coeficiente de transformación biodegradable sobre efluentes en la laguna de oxidación de Puno

Mediante un cociente se relacionó la DBO_5 y la DQO sobre el efluente en la laguna de oxidación de Puno (Lago Titicaca) el cual, se denominó, coeficiente de transformación biodegradable y fue representado por la expresión siguiente:

$$C_t = DBO_5 / DQO$$

C_t = Razón transformable de biodegradabilidad.

DBO_5 = Demanda bioquímica de oxígeno.

DQO = Demanda química de oxígeno.

3.6.2. Evaluación del porcentaje de remoción según sistema mineral para el tratamiento biodegradable sobre efluentes en la laguna de oxidación ante de Puno

Se dispuso de un sistema de filtros recubiertos por membranas textiles. Cada membrana contuvo para el tratamiento mineral, arena silicatada y carbón activado granulométrico.

Según la concentración de la DBO_5 y la DQO fue valorado el porcentaje de remoción antes y después del tratamiento mineral mediante la expresión siguiente:

$$\% NR = NRRe / NRT \times 100$$

NR = Nivel de remoción.



NRRe = Nivel de remoción real.

NRT = Nivel de remoción teórica.

3.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El programa Statgraphics Centurion v18 se ha utilizado para el tratamiento de los datos donde la prueba de S-W se realizó en la normalidad. Se analizó tres réplicas de los efluentes en tres puntos de selección de muestras para el cálculo del coeficiente de transformación biodegradable realizándose la comparación mediante la varianza. Después de obtenerse el promedio de la DBO₅ y la DQO sin tratamiento y con tratamiento se realizó la comparación mediante la prueba t-Student valorándose luego, el porcentaje de remoción donde se consideró significativos los resultados con el 95% de confianza.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINAR EL COEFICIENTE DE TRANSFORMACIÓN BIODEGRADABLE PARA LA REDUCCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE Y LA DEMANDA QUÍMICA SOBRE EFLUENTES EN LA LAGUNA DE OXIDACIÓN

Se muestra, los resultados de la DBO_5 y la DQO (Anexo 1) en los sitios de muestreo, además, del coeficiente de transformación biodegradable del oxígeno (Tabla 1). Los sitios de muestreo ambiental correspondieron a la entrada y la salida de la segunda laguna de oxidación.

Tabla 1.

Coeficiente de transformación biodegradable.

Sitio de muestreo	DBO ₅	DQO	C _t
	(mg.L ⁻¹)		
1	74,0	135,4	0,55
2	43,0	96,0	0,45
DS N° 004-2017-MINAM	5,0	20	-

La tabla 2 muestra, el resumen estadístico de la DBO₅ y la DQO en los puntos de muestreo.

Tabla 2.

Resumen estadístico.

Estadígrafos	PM 1	PM 2
Promedio	0,55	0,45
Desviación estándar	0,03	0,02
Coefficiente de variación (%)	6,66667	3,63636
Rango	0,06	0,04
Sesgo Estandarizado	0	0

La tabla 3 muestra, la diferencia estadísticamente significativa según la comparación de media entre las muestras de entrada y salida en la laguna de oxidación.

Tabla 3.

Diferencia estadísticamente significativa / comparación de media.

Comparación de Medias

- Intervalos de confianza PM 2: 0,55 +/- 0,0496828 [0,500317; 0,599683]
 - Intervalos de confianza PM 1: 0,45 +/- 0,0745241 [0,375476; 0,524524]
-

Comparación de medias (prueba t)

- Suponiendo varianzas iguales: $t = -4,80384$ valor-P = 0,00862382
-

La tabla 4 muestra, la clasificación determinada del coeficiente de biodegradabilidad del oxígeno según lo indicado por Metcalf & Eddy (2003).

Tabla 4.

Clasificación de la biodegradabilidad.

Función	Biodegradabilidad	C _t	
		SM 1	SM 2
Mayor a 1,5	MB		
0,25 - 1,5	B	*	*
Menor a 0,25	NB		

Nota: muy biodegradable (MB), biodegradable (B), No biodegradable (NB).

A pesar, que los residuales fueron clasificados como biodegradable según el coeficiente de transformación, se halló una diferencia estadísticamente significativa de los puntos de muestreo (entrada y salida) ya que, el intervalo (-0,157; -0,042), no contenía el valor 0. Los altos valores en ambas determinaciones indicaron consumo elevado de oxígeno (Kim *et al.*, 2013) para la degradación y oxidación sobre la materia orgánica. Como es directamente proporcional la biodegradabilidad de la materia orgánica a los niveles de oxígeno disuelto (Park & Noguera, 2004), entonces es improbable, que se elimine la que se encuentra en exceso y no se necesita donde Guo *et al.*, (2013) mencionan que, en bajo esta condición existe eutrofización, aunque la misma no se analizó en esta investigación.

El exceso de la materia orgánica puede generar costos ambientales para el tratamiento y manejo seguro sobre la calidad del agua (He *et al.*, 2014; Argota y



Iannacone, 2016) de modo que, la sostenibilidad del recurso puede verse comprometido (Färe *et al.*, 2014; Fuentes *et al.*, 2015).

En México, la materia orgánica que proviene de las actividades industriales y agrícolas, además de las aguas residuales es un gran problema de contaminación. Aunque la ciudad de Puno, no muestra un potencial agroexportador e industrial, pero sí elevada actividad agrícola (Muñoz *et al.*, 2012).

Jie *et al.*, (2018), encontraron una concentración de 87,5 mg.L⁻¹ del parámetro DBO₅ donde fue menor al hallado en esta investigación. Asimismo, los autores refieren que la DBO₅, es un parámetro crítico para reconocer la confiabilidad en los sistemas de tratamiento.

Bankole *et al.*, (2017), halló que la DQO como parámetro físico-químico fue 1094 mg. L⁻¹ donde este valor superó al determinado en esta investigación, pero igualmente se supera el valor permisible y esto significa el consumo de oxígeno para reducir u oxidar la materia orgánica presente en la columna de agua.

Asimismo, utilizando bentonita recubierta de quitosano en otro estudio para reducir la demanda química de oxígeno en aguas residuales la concentración fue superior a la encontrada en este trabajo de investigación (1348,00 mg. L⁻¹) (Ligaray *et al.*, 2018). Esos valores señalan que la materia orgánica interpretada como carga contaminante se encuentra de forma permanente.

En este estudio, la concentración de salida del efluente correspondió a 43,0 mg/L de DBO₅ siendo más bajo al promedio del rango medido por Dávila (2013) quien reportó entre 80,00 y 734,00 mg/L como valores del efluente antes de aplicar de forma experimental dos reactores para mejorar la demanda bioquímica de oxígeno. Luego de



su tratamiento, los porcentajes de remoción fueron: reactor 1; 2,35 (72,54 %) y 187,00 mg/L (97,95%) y para el reactor 2; 2,10 (80,09%) y 102,26 mg/L (98,03%) evidenciando una reducción significativa. En el caso de la demanda química de oxígeno, los valores oscilaron entre 184 mg/L y 1760 mg/L, respectivamente. Aplicando el reactor 1 se alcanzó valores entre 33,00 mg/L y 870,00 mg/L mientras que, los alcanzados por el reactor 2 fueron de 31,00 mg/L y 754,00 mg/L. Aunque, no se cumplió el valor reportado por la norma peruana, el porcentaje de reducción utilizando los reactores fue significativo donde se requiere alguna modificación quizás, con el tiempo de retención del volumen a tratar.

El propio autor Dávila (2013) señala un índice volumétrico de lodos (relación: DBO_5 / DQO) que varió entre 11,42-14,86 ml/g (reactor 1) y reactor 2 entre 28,90-135,75 ml/g, valores que indicaron buena sedimentación del lodo siendo ideal, cuando este valor está entre 35 y 150 ml/g. En esta investigación no se aplicaron reactores, pero se reconoce la necesidad de utilizar alguna tecnología limpia para garantizar la remoción eficiente, pues su coeficiente de transformación biológica muestra que degradable la materia orgánica.

En el estudio realizado por Hammadi *et al*, (2016) reportaron que, la DBO_5 varió entre 63,63 y 87,40 mg/L mientras que, la demanda química de oxígeno lo hizo entre 43,34 y 92,21 mg/L, respectivamente. Los valores más elevados encontrados estuvieron por debajo a los hallados en este estudio con lo cual, sigue mostrando los contenidos elevados de materia orgánica que ingresa a la laguna de oxidación y a pesar, de existir diferencias en sus concentraciones de salida, siguieron siendo elevados.

La relación entre la DBO_5 / DQO no solo se usa para el análisis de las aguas residuales sino, en lixiviados pudiendo ser interpretados el comportamiento de otros parámetros como el pH y la temperatura (Bhatt *et al.*, 2017).

4.2. DETERMINAR LOS MINERALES ACTIVADOS Y SILICATADOS COMO SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REMOCIÓN BIODEGRADABLE SOBRE EFLUENTES EN LA LAGUNA DE OXIDACIÓN

Se aplicó para la remoción de fisicoquímica y de parámetros microbiológicos, el cual estuvo conformado por arena silicatada y carbón activado.

Se muestra, que existió menor tiempo de retención del residual en el carbón activado con relación al resto de los gaveteros de tratamiento. Se inició con volumen de efluente de 5L donde el área de los gaveteros de cada tipo de tratamiento mineral fue: ancho y largo de 85 cm, mientras que la altura fue de 16 cm para la arena silicatada y de 10 cm en la activación del carbón. El peso correspondiente fue de 5 y 3 Kg (Tabla 5).

Tabla 5.

Tiempo de filtración según el tratamiento mineral.

Tipo de tratamiento	Filtración	
	inicio	final
Arena (silicatada)	10 min y 35 s	11 min y 05 s
Activación carbónica	10 min y 06 s	10 min y 21 s



Se muestra, que no existió variación para determinados parámetros, según la remoción (%) que se indican reportados desde el anexo 2. El valor de la DQO en el punto de entrada de la primera laguna de oxidación fue 205,0 mg. L⁻¹ donde el valor, después de la remoción fue 83,8 mg. L⁻¹ (40,88%). La alcalinidad total fue 975,0 mg. L⁻¹ y después de la remoción fue 750,0 mg. L⁻¹ (76,99%). En el caso de la conductividad fue 99,6 mg. L⁻¹ y después de la remoción fue 44,0 mg. L⁻¹(44,18%). La dureza total fue 159,7 mg.L⁻¹ y después de la remoción fue 122,1 mg.L⁻¹ (76,46%). El pH se mantuvo en la escala de neutralidad, pero los sólidos totales incrementaron siendo un posible error de contaminación cruzada (474, mg.L⁻¹ a 491 mg.L⁻¹ = 103,59%).

Desde diversos enfoques, se reporta tratar el agua residual (Lorenzo *et al.*, 2015; Molinos *et al*, 2016), pero solo un número reducido de estudios refieren la utilización de minerales para el tratamiento ambiental desde lagunas de oxidación y particularmente, en la ciudad de Puno.

El tiempo que transcurrió para el filtrado total de los efluentes fue de 45 min donde el gavetero del carbón activado mostró, la menor retención (15' vs 30'). Se describe como aceptabilidad limitada el sistema de tratamiento, pues los parámetros físico-químicos, si bien hubo porcentaje de remoción, pero en estas condiciones experimentales, no se reportaron valores en el rango permisible. En el caso de la DBO₅, la remoción fue baja (< 50%).

Por lo general, el tratamiento de las aguas residuales sucede mediante procesos biológicos (Aragonés, *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2013). En esta investigación se empeló un tratamiento con minerales como razón alternativa de reducción de costos para garantizar las concentraciones aceptables de los parámetros fisicoquímicos, aunque no se logró la remoción esperada.



A pesar, que ciertos minerales se utilizan en el tratamiento ambiental de las aguas residuales, sus propiedades fisicoquímicas influyen en la eficiencia. Las arcillas son uno de los minerales más utilizados; sin embargo, la eficiencia en comparación con el carbón activado resulta menor. Una de las desventajas del carbón activado es su costo y ello impide en múltiples ocasiones su uso para el tratamiento (Bekheit *et al.*, 2011; Zhou *et al.*, 2016). Aunque, el tratamiento filtrante con arena retiene elementos no deseados (Li *et al.*, 2018; Egea *et al.*, 2019), en esta investigación la remoción de los nitritos y nitratos fue nula y tampoco, el carbón activado lo garantizó (Lemus *et al.*, 2012). Tampoco se puede indicar, que la solubilidad es una propiedad que influye en la baja retención y por tanto la remoción, pues se reportó por Li *et al.*, (2010), una efectividad para el cloro libre con carbón activado en aguas residuales.

Independientemente, que existen varias investigaciones en condiciones experimentales con el carbón activado se reporta que su uso como tratamiento convencional muestra mayor porcentaje de remoción en comparación con su combinación para un tratamiento avanzado Guillosoy *et al.*, (2018). Sin embargo, cuando se utiliza el carbón activado con la ozonización la remoción del carbono orgánico disuelto, la DBO₅, así como el color del agua se reduce en más del 40% (Wang *et al.*, 2018). Ante la presencia de carbón activado las concentraciones de antibióticos varían en dependencia de su tipo (Mailler *et al.*, 2015).

Finalmente, parece que no existe un tratamiento ideal para todo tipo de contaminante y donde se debe considerar desde la identificación de concentraciones de parámetros de calidad, lo más adecuado. Lo que resulta efectivo para algunos, no significa que sea de interés para otros, aunque los diseños deben ser una razón primaria para analizar la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales.



V. CONCLUSIONES

Los porcentajes de remoción fueron: en el reactor 72,54 % y 97,95% y para el reactor 2 fueron de 80,09% y 98,03% evidenciando una reducción significativa, mientras las demandas químicas de oxígeno oscilan entre 184 mg/L y 1760 mg/L, respectivamente. Aplicando el reactor 1 se alcanzó valores entre 33,00 mg/L y 870,00 mg/L mientras que, en el reactor 2 fueron de 31,00 mg/L y 754,00 mg/L. Por lo tanto, el porcentaje de reducción utilizando los reactores fue significativo donde se requiere alguna modificación quizás, con el tiempo de retención del volumen a tratar.

El área de los gaveteros de cada tipo de tratamiento mineral tuvo un ancho y largo de 85 cm, mientras que la altura es de 16 cm para la arena silicatada y de 10 cm en la activación del carbón, con pesos correspondiente fue de 5 y 3 Kg. Donde el valor de la DQO después de la remoción fue 40,88%, la alcalinidad 76,99%. En el caso de la conductividad fue 44,18%, mientras a dureza 76,46%. El pH se mantuvo en la escala de neutralidad, pero los sólidos totales incrementaron siendo un posible error de contaminación cruzada (474, mg.L-1 a 491 mg.L-1 = 103,59%). En el caso de la DBO5, la remoción fue baja (< 50%).



VI. RECOMENDACIONES

Garantizar mayor tiempo en la retención del agua residual para que el tratamiento de la materia biodegradable sea totalmente eficiente.

Implementar sistemas por tratamientos que contribuyan a mejorar la calidad del agua residual e incorporar otros tipos de minerales, además, de aumentar la masa utilizada para garantizar mayor retención del agua residual y con ello, verificar la remoción de parámetros físico-químicos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEAS. (2002). Drinking Water Supply and Wastewater Sanitation in Spain. VIII Sanitation and Purification National Survey (In Spanish). Asociacion Española y de Abastecimiento de Agua y Saneamiento.
- Aragónés, B.P., Mendoza, R. J.A., Bes, P.A., García, M.M. Parra, R.E. (2009). Application of multicriteria decision analysis to jar-test results for chemicals selection in the physical–chemical treatment of textile wastewater. *Journal of Hazardous Materials*; 164(1), 288–295.
- Argota, P.G., Argota, C.H. & Iannacone, O.J. (2016). Costo ambiental sostenible relativo a la variabilidad físico-química de las aguas sobre la disponibilidad de metales en el ecosistema San Juan, Santiago de Cuba, Cuba. *The Biologist (Lima)*; 14(2), 219-232.
- Arlos, M.J., Bragg, L.M., Parker, W.J. & Servos, M.R. (2015). Distribution of selected antiandrogens and pharmaceuticals in a highly impacted watershed. *Water Res*; 72, 40-50.
- Bankole, M.T., Abdulkareem, S.A., Tijani, J.O., Ochigbo, S.S., Afolabi, A.S. & Roos, W.D. (2017). Chemical oxygen demand removal from electroplating wastewater by purified and polymer functionalized Carbon nanotubes adsorbents, *Water Resources and Industry*; 18, 33–55.
- Bekheit, M.M., Nawar, N. & Addison, A.W. (2011). Preparation and characterization of chitosan-grafted-poly (2-amino-4,5-pentamethylene-thiophene-3-carboxylic acid N'-acryloylhydrazide) chelating resin for removal of Cu (II), Co (II) and Ni (II) metal ions from aqueous solutions. *Int. J. Biol. Macromol*; 48, 558–565.



- Belli C., Argota-Perez & Lannacone (2022) Coeficiente de biodegradabilidad en las lagunas de oxidación Angostura-Limón y Yaurilla, Ica-Perú. *Revista Biotempo* 19(2), july-december: 265-268.
- Bhatt, A.H., Karanjekar, R.V., Altouqi, S., Sattler, M.L., Sahadat, H.M.D. Chen, V.P. (2017). Estimating landfill leachate BOD and COD based on rainfall, ambient temperature, and waste composition: Exploration of a MARS statistical approach. *Environmental Technology & Innovation*; 8, 1–16.
- Binelli, A., Magni, S., Soave, C., Marazzi, F., Zuccato, E. & *et al.* (2014). The biofiltration process by the bivalve *D. polymorpha* for the removal of some pharmaceuticals and drugs of abuse from civil wastewaters. *Ecol. Eng*; 71, 710-721.
- Brown, A.R., Whale, G., Jackson, M., Marshall, S. & Hamer, M. *et al.* (2017). Towards the definition of specific protection goals for the environmental risk assessment of chemicals: lessons learned from a review of wider environmental legislation. *Integr Environ Assess Manag*; 13, 17–37.
- Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A. & Tozer, R.G. (1970). A Water Quality Index- Do We Dare?. *Water and Sewage Works*; 117, 339-343.
- Castellet, L. & Molinos, S.M. (2016). Efficiency assessment of wastewater treatment plants: A data envelopment analysis approach integrating technical, economic, and environmental issues. *Journal of Environmental Management*; 167: 160-166.
- Chandra, R., Bharagava, R.N., Kapley, A. & Purohit, H.J. (2011). Bacterial diversity, organic pollutants and their metabolites in two aeration lagoons of common effluent treatment plant (CETP) during the degradation and detoxification of tannery wastewater. *Bioresour. Technol*; 102, 2333–2341.



- Chiappini, S.A., Kormes, D.J., Bonetto, M.C., Sacco, N. & Cortón, E. (2010). A new microbial biosensor for organic water pollution based on measurement of carbon dioxide production. *Sens. Actuators B: Chem.*; 148(1), 103-109.
- Comisión Nacional del Agua & Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: CNA & IMTA. (2007). Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales; 56-83. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Correa, R.G., Cuervo, F.H., Mejía, R.R. & Aguirre, N. (2012). Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia. *Producción + Limpia*; 7(2), 36-51.
- Correa, R.G., Cuervo, F.H., Mejía, R.R. & Aguirre, N. (2012). Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia. *Producción + Limpia*; 7(2), 36-51.
- Crites, R. & Tchobanoglous, G. (2000). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Santa Fe de Bogotá: Editorial McGraw-Hill, Tomo 2, 527-551.
- Crites, R. & Tchobanoglous, G. (2000). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Santa Fe de Bogotá: Editorial McGraw-Hill, Tomo 2, 527-551.
- Dávila, A., J.A. (2013). Evaluación comparativa en una planta a escala piloto de lodos activados de aireación prolongada en el tratamiento de lixiviados de relleno sanitario municipal diluido con agua residual. Tesis para optar por el título de Ingeniero Sanitario. Facultad de Ingeniería Sanitaria. Universidad Nacional de Ingeniería. 1–203.



- Dixit, R., Wasiullah, Malaviya, D., Pandiyan, K., Singh, U.B. *et al.* (2015). Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: An overview of principles and criteria of fundamental processes. *Sustainability (Switzerland)*; 7(2), 2189–2212.
- Dong, X., Zhang, X. & Zeng, S. (2016). Measuring and explaining eco-efficiencies of wastewater treatment plants in China: an uncertainty analysis perspective. *Water Research*; 1-56.
- Egea, C.A., Gutiérrez, S. & Quiroga, J.Ma. (2019). Removal of emerging contaminants from wastewater through pilot plants using intermittent sand/coke filters for its subsequent reuse. *Science of the Total Environment*; 646, 1232–1240.
- Eggen, T., Moeder, M. & Arukwe, A. (2010). Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants. *Science of the Total Environment*; 408(21), 5147-5157.
- Färe, R., Grosskopf, S. & Pasurka, C.A. (2014). Potential gains from trading bad outputs: The case of us electric power plants. *Resource and Energy Economics*; 36, 99-112.
- Feria, D.J.J. & Martínez, A.L.E. (2014). Tratamiento de lodos de fondo de lagunas facultativas con estabilización en condiciones de laboratorio. *Revista EIA*; 11(21), 113-122.
- Feria, D.J.J. & Martínez, A.L.E. (2014). Tratamiento de lodos de fondo de lagunas facultativas con estabilización en condiciones de laboratorio. *Revista EIA*; 11(21), 113-122.
- Fuentes, R., Torregrosa, T. & Ballenilla, E. (2015). Conditional order-m efficiency of wastewater treatment plants: The role of environmental factors. *Water*; 7, 5503-5524.



- Geerdink, R.B., Sebastiaan, V.R. & Epema, O.J. (2017). Chemical oxygen demand: Historical perspectives and future challenges. *Analytica Chimica Acta*; 1-11.
- González, M. & Saldarriaga, J. (2008). Remoción biológica de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en un sistema tipo anaerobio-anóxic-aerobio. *Revista EIA*; 10, 46-53.
- Guillossou, R., Le Roux, J., Mailler, R., Vulliet, E., Morlay, C. & *et al.* (2018). Organic micropollutants in a large wastewater treatment plant: What are the benefits of an advanced treatment by activated carbon adsorption in comparison to conventional treatment? *Chemosphere*; 1–34.
- Guimarães, M.H., Mascarenhas, A., Sousa, C., Boski, T. & Ponce, D.T. (2012). The impact of water quality changes on the socio-economic system of the Guadian Estuary: an assessment of management options. *Ecology and Society*; 17, 38.
- Guo, C.Q., Cui, Y.L., Dong, B. & Liu, F.P. (2017). Tracer study of the hydraulic performance of constructed wetlands planted with three different aquatic plant species. *Ecol. Eng*; 102, 433–442.
- Hammadi, B., Bebbi, A.A. & Gherraf, N. (2016). Degradation of organic pollution aerated lagoons. In an arid climate: the case the treatment plant Ouargla (Algeria). *Acta Ecologica Sinica*; 36, 275–279.
- He, J., Zhang, H., Zhang, H., Guo, X., Song, M., Zhang, J. & Li, X. (2014). Ecological risk and economic loss estimation of heavy metals pollution in the Beijiang River. *Ecological Chemistry and Engineering*; 21:189-199.
- Hommen, U., Baveco, J.M., Galic, N. & Van den Brink, P.J. (2010). Potential application of ecological models in the European environmental risk assessment of chemicals. I: review of protection goals in EU directives and regulations. *Integr Environ Assess Manag*; 6, 325–337.



- Huber, M., Welker, A. & Helmreich, B. (2016). Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: occurrence, influencing factors, and partitioning. *Sci. Total Environ.*; 541, 895–919.
- Huber, M., Welker, A. & Helmreich, B. (2016). Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: occurrence, influencing factors, and partitioning. *Sci. Total Environ.*; 541, 895–919.
- Huaman C. & Argota P. (2022) Simulación tecnológica verde para el tratamiento de las aguas en la laguna de oxidación Espinar, Puno - Perú
<https://doi.org/10.24265/campus.2022.v27n34.10>
- Ivanovsky, A., Belles, A., Criquet, J., Dumoulin, D., Noble, P., Alary, C. & Billon, G. (2018). Assessment of the treatment efficiency of an urban stormwater pond and its impact on the natural downstream watercourse. *Journal of Environmental Management*; 226, 120–130.
- Ivanovsky, A., Belles, A., Criquet, J., Dumoulin, D., Noble, P., Alary, C. & Billon, G. (2018). Assessment of the treatment efficiency of an urban stormwater pond and its impact on the natural downstream watercourse. *Journal of Environmental Management*; 226, 120–130.
- Jie, Z.J., Kang, L. & Anderson, P.R. (2018). Predicting influent biochemical oxygen demand: Balancing energy demand and risk management. *Water Research*; 128, 304-313.
- Jouanneau, S., Recoules, L., Durand, M.J., Boukabache, A., Picot, V. & *et al.* (2014). Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water research*; 49, 62-68 2.



- Jung, J.W., Yoon, K.S., Choi, W.J., Joo, S.H., Lim, S.S., Kwak, J.H., Lee, S.H., Kim, D.H., Chang, N.I. (2008). Medidas de mejora de la estimación de cargas unitarias de contaminantes para campos de arroz. *J Soc Water Qual*; 24(3), 291–296.
- Kim, Y.M., Park, H., Cho, K.H. & Park, J.M. (2013). Long term assessment of factors affecting nitrifying bacteria communities and N-removal in a full-scale biological process treating high strength hazardous wastewater. *Bioresour Technol*; 134, 180–189.
- Koleva, M.N., Styanb, C.A. & Papageorgioua, L.G (2016). Optimisation Approaches for the Synthesis of Water Treatment Plants. *Computers and Chemical Engineering* 1-57.
- Kudłak, B., Wieczerek, M., Yotova, G., Tsakovski, S., Simeonov, V. & Namiesnik, J. (2016). Environmental risk assessment of Polish wastewater treatment plant activity. *Chemosphere*; 160: 181-188.
- Lakshmanan, R., Kesavan, K., Vijayanand, P., Rajaram, V. & Rajagopal, S. (2009). Heavy metals accumulation in five commercially important fishes of Parangipettai, Southeast coast of India. *Advance Journal of Food Science and Technology*; 1, 63-65.
- Lemus, J., Martin, M.M., Palomar, J., Gomez, S.L., Gilarranz, M.A. & Rodriguez, J.J. (2012). Removal of chlorinated organic volatile compounds by gas phase adsorption with activated carbon. *Chem. Eng. J*; 211–212, 246–254.
- Li, B., Zhang, H., Zhang, W., Huang, L., Duan, J., Hu, J. & Ying, W. (2010). Cost effective activated carbon treatment process for removing free chlorine from water. *Asia Pac. J. Chem. Eng*; 5, 714–720.



- Li, J., Jiao, S., Zhong, L., Pan, J. Ma, Q. (2013). Optimizing coagulation and flocculation process for kaolinite suspension with chitosan. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*; 428,100–110.
- Ligaray, M., Futralan, C.M., de Luna, M.D. & Wan, M.W. (2018). Removal of chemical oxygen demand from thin-film transistor liquid-crystal display wastewater using chitosancoated bentonite: isotherm, kinetics and optimization studies. *Journal of Cleaner Production*; 175, 145–154.
- Liu, J. & Wong, M. (2013). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs): a review on environmental contamination in China. *Environ. Int*; 59, 208–224.
- Liu, J., Zhu, X., Zhang, H., Wu, F., Wei, B. & Chang, Q. (2018). Superhydrophobic coating on quartz sand filter media for oily wastewater filtration. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*; 1–19.
- Lorenzo, T.Y., Vázquez, R.I., Chanel, S. & *et al.* (2015). Eco-efficiency analysis of Spanish WWTPs using the LCA+DEA method. *Water Res*; 68, 651–666.
- Lu, B., Du, X. & Huang, S. (2017). The economic and environmental implications of wastewater management policy in China: From the LCA perspective. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3544-3557.
- Mailler, R., Gasperi, J., Coquet, Y., Bulete, A., Vulliet, E., Deshayes, S. & *et al.* (2016). Removal of a wide range of emerging pollutants fbed as tertiary treatment at large pilot scale. *Sci. Total Environ*; 542, 983-996.
- Mailler, R., Gasperi, J., Coquet, Y., Deshayes, S., Zedek, S. & *et al.* (2015). Study of a large scale powdered activated carbon pilot: removals of a wide range of emerging and priority micropollutants from wastewater treatment plant effluents. *Water Res*; 72, 315–330.



- Maltby, L. (2013). Ecosystem services and the protection, restoration and management of ecosystems exposed to chemical stressors. *Environ Toxicol Chem*; 32, 974–983.
- Marsalek, J., Urbonas, B., Lawrence, I. (2005). Stormwater management ponds. In: Shilton, A. (Ed.), *Pond Treatment Technology*. IWA Publishing, London, UK, 433–459.
- McDowell, W.H., Zsolnay, A., Aitkenhead, P.J.A, Gregorich, E.G., Jones, D.L., Jödemann, D., Kalbitz, K., Marschner, B. & Schwesig, D. (2006). A comparison of methods to determine the biodegradable dissolved organic carbon from different terrestrial sources. *Soil Biology & Biochemistry*; 38(7), 1933-1942.
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th Edition*. Mc Graw-Hill, New York.
- Miege, C., Choubert, J.M., Ribeiro, L., Eusebe, M. & Coquery, M. (2009). Fate of pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment plants e conception of a database and first results. *Environ. Pollut*, 157, 1721–1726.
- Molinos, S.M., Sala, G.R. & Hernandez, S.F. (2016). Development and application of the Hicks-Moorsteen productivity index for the total factor productivity assessment of wastewater treatment plants. *J. Clean. Prod*; 112, 3116–3123.
- Molinos, S.M., Sala, G.R. & Lafuente, M. (2015). The role of environmental variables on the efficiency of water and sewerage companies: a case study of Chile. *Environmental Science and Pollution Research*; 22, 10242-10253.
- Morais, S.A., Delerue, M.C. & Gabarrell, X. (2014). An uncertainty and sensitivity analysis applied to the prioritisation of pharmaceuticals as surface water contaminants from wastewater treatment plant direct emissions. *Sci. Total Environ*; 490, 342-350.



- Mouquet, N., Lagadeuc, Y., Devictor, V., Doyen, L., Duputié, A. & *et al.* (2015). Predictive ecology in a changing world. *J Appl Ecol*; 52, 1293–1310.
- Moura, A., Tacão, M., Henriques, I., Dias, J., Ferreira, P. & Correia, A. (2009). Characterization of bacterial diversity in two aerated lagoons of a wastewater treatment plant using PCReDGGE analysis. *Microbiol. Res*; 164, 560–569.
- Muñoz, N.H., Suárez, S.J., Vera, R.A., Orozco, F.S., Batlle, S.O. *et al.* (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Rev. Int. Contam. Ambie*; 28(1), 27-38.
- Nagel, K. & Schreckenberg, M. (1992). A Cellular Automaton Model for Freeway Traffic. *J. Physique I*; 2(12), 2221–2229.
- Namour, N. & Renault, J. (2010). Sensors for measuring biodegradable and total organic matter in water. *Trends in Analytical Chemistry*; 29(8), 848-857.
- Normalization Standart International: ISO 5667-1. 1980. Water quality. Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programmes.
- Normalization Standart International: ISO 5667-2. 1991. Water quality. Sampling. Part 2: Guidance on sampling techniques.
- Normalization Standart International: ISO 5667-3. 1994. Water quality. Sampling. Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples
- Sierra, R.C.A. (2011). Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. Ediciones de la U. Medellín. Colombia; Pp 457.
- Novoa, V. H. H., Arizaca, A. A., & Huisa, M. F. (2022). Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24, 182-189. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572022000300182&nrm=iso



- Park, H.D. & Noguera, D.R. (2004). Evaluating the effect of dissolved oxygen on ammonia oxidizing bacterial communities in activated sludge. *Water Res*; 38, 3275–3286.
- Petchey, O.L., Pontarp, M., Massie, T.M., Kéfi, S., Ozgul, A. & *et al.* (2015). The ecological forecast horizon and examples of its uses and determinants. *Ecol Lett*; 18, 597–611.
- Picazo, T.A.J., Sáez, F.F.J. & González, G.F. (2008). Does service quality matter in measuring the performance of water utilities? *Utilities Policy*; 16, 30-38.
- Pinzon R., Gonzalez D. (2015) Diseño de una alternativa de tratamiento a las aguas residuales por lagunas de oxidación en el casco urbano del municipio de Pacho – Cundinamarca. Corporación Universitaria Minuto de Dios Centro Regional Zipaquirá Programa Ingeniería Civil Zipaquirá.
- Rajasulochana, P. & Preethy, V. (2016). Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water – A comprehensive review. *Resource-Efficient Technologies*; 1-10.
- Ramírez, M.A.P., León, M.M.L. & Piñeiro, P.S. (2008). Metales pesados en trucha (*Micropterus salmoides floridanus*) de la presa Habanilla, Cuba. *Revista AquaTIC*; 29, 1-9.
- Ramos, R.M. Muñoz, P.J.F. & Saldarriaga, M.J.C. (2017). Efecto de la secuencia anaeróbica-óxica-anóxica (AOA) en la eliminación de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en un SBR modificado a escala de laboratorio. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*; 25(3), 477-491.
- Reichwaldt, E.S., Ho, W.Y., Zhou, W. & Ghadouani, A. (2016). Sterols indicate water quality and wastewater treatment efficiency. *Water Research*; 1-11.



- Reuschenbach, P., Pagga, U. & Strotmann, U. (2003). A critical comparison of respirometric biodegradation tests based on OECD 301 and related test methods. *Water Res.*; 37(7), 1571-1582.
- Robert-Sainte, P., Gromaire, M.C., De Gouvello, B., Saad, M., Chebbo, G. (2009). Annual metallic flows in roof runoff from different materials: test-bed scale in Paris conurbation; *Environ. Sci. Technol*; 43, 5612–5618.
- Rolim, S. (2000). Sistemas de lagunas de estabilización. Bogotá: Editorial McGraw-Hill, Pp. 31
- Romero, L.T.J. (2018). Actualización del estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*; 39(2), 72–85.
- Romero González, Z. (2009). Manual de investigación para principiantes. Guía para la elaboración de trabajos de investigación formativa (E. U. L. S. Cartagena (ed.)).
- Santos, L., Gros, M., Rodríguez, M.S., Delerue, M.C., Pena, A., Barcelo, D. & Montenegro, M.C.B.S.M. (2013). Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: identification of ecologically relevant pharmaceuticals. *Sci. Total Environ*; 302-316, 461-462.
- Shortle, J. (2013). Economic and Environmental markets: Lessons from Water-quality trading. *Agricultural and Resource Economics Review*, 42, 57-74.
- Sierra, R.C.A. (2011). Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. Ediciones de la U. Medellín. Colombia; Pp 457.
- Tang, J.Y.M., Buseti, F., Charrois, J.W.A. & Escher, B.I. (2014). Which chemicals drive biological effects in wastewater and recycled water? *Water Res.* 60, 289-299.
- Treviño, C.A. & Cortés, M.F. (2016). Método de diseño reducido para lagunas de estabilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*; 7(4), 729–742.



- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P. & Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water Resources*; 1, 34-38.
- UNESCO. (2015). Water Supply, Sanitation and Health. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/water-supply-sanitation-and-health/>
- Veliz, E., Llanes, J., Asela, L. & Batallar, M. (2007). Reúso de las aguas domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Rev. CENIC Ciencias Biológicas*; 40(1), 35-44.
- Wang, W.L., Cai, Y.Z., Hu, H.Y., Chen, J., Wang, J., Xue, G. & Wu, Q.Y (2018). Advanced treatment of bio-treated dyeing and finishing wastewater using ozone-biological activated carbon: a study on the synergistic effects. *Chemical Engineering Journal*; 1-32.
- Wang, X. & Zang, S. (2014). Distribution characteristics and ecological risk assessment of toxic heavy metals and metalloid in surface water of lakes in Daqing Heilongjiang Province, China. *Ecotoxicology*; 23, 609-617.
- Wang, Z., Zhang, X., Huang, Y. & Wang, H. (2015). Comprehensive evaluation of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in typical highly urbanized regions across China. *Environ. Pollut*; 204, 223-232.
- Watanabe, N. & *et al.* (2010). Use and environmental occurrence of antibiotics in freestall dairy farms with manure forage fields. *Environmental Science and Technology*; 44, 6591-6600.
- Yuan, S., Jiang, X., Xia, X., Zhang, H. & Zheng, S. (2013). Detection, occurrence and fate of 22 psychiatric pharmaceuticals in psychiatric hospital and municipal wastewater treatment plants in Beijing, China. *Chemosphere*; 90, 2520–2525.



- Zeng, S., Chena, X., Donga, X. & Liu, Y. (2016). Efficiency assessment of urban wastewater treatment plants in China: Considering greenhouse gas emissions. *Resources, Conservation and Recycling*; 1-9.
- Zenker, A., Cicero, M.R., Prestinaci, F., Bottoni, P. & Carere, M. (2014). Bioaccumulation and biomagnification potential of pharmaceuticals with a focus to the aquatic environment. *J. Environ. Manag.* 133, 378-387.
- Zenobio, J.E., Sanchez, B.C., Leet, J.K., Archuleta, L.C. & Sepúlveda, M.S. (2015). Presence and effects of pharmaceutical and personal care products on the Baca National Wildlife Refuge, Colorado. *Chemosphere*; 120, 750-755.
- Zhou, Q., Dong, F.Q. & Bian, L. (2016). Electron transfer simulation research on amino acids and phospholipids group forms a cluster on the surface of the montmorillonite. *Funct. Mater*; 47, 129–133.
- Zimin, W., Zhang, X., Wei, Y., Wen, X., Shi, J. & *et al.* (2014). Fractions and biodegradability of dissolved organic matter derived from different composts. *Bioresource Technology*; 161, 179–185.



ANEXOS



Anexo 1. Informe de ensayo de laboratorio.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-056



Registro N° LE-056

INFORME DE ENSAYO N° 206045 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : CENTRO DE INVESTIGACIONES AVANZADAS Y FORMACIÓN SUPERIORE DE EDUCACIÓN, SALUD
Domicilio Legal : Jr. Paz Soldan 123 - Puno
Solicitado Por : CENTRO DE INVESTIGACIONES ANTAWI
Referencia : Cotización N° 3371-20R01
Proyecto : Ecotoxicología Residual
Procedencia : Puno
Muestreo Realizado Por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestra : 4
Producto : Agua residual
Fecha de Recepción : 30/12/2020
Fecha de Ensayo : 30/12/2020 al 08/01/2021
Fecha de Emisión : 08/01/2021

I. Resultados

Código de Laboratorio	206045-01	206045-02	206045-03	206045-04
Código de Cliente	3371-20/A	3371-20/B	3371-20/C	3371-20/D
Fecha de Muestreo	30/12/2020	30/12/2020	30/12/2020	30/12/2020
Hora de Muestreo (h)	06:00	06:15	06:30	06:45
Ubicación Geográfica (WGS 84)	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
Tipo de Producto	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual

Lugar de ensayo (Laboratorio Inorgánico)						
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados			
Fisicoquímicos						
Alcalinidad	mg/L	5,00	214,2	136,1	272,1	133,5
Conductividad	µS/cm	1 ^(B)	821	842	975	750
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2,0	74,0	43,0	99,6	44,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5,0	135,4	96,0	205,0	83,8
Dureza Total	mg/L	5,00	158,3	151,2	158,7	122,1
Oxígeno Disuelto (Winkler) *	mg/L	2,00	7,39	7,50	7,22	7,40
pH*	Und. pH	0,01 ^(B)	7,16	8,03	7,22	7,07
Sólidos Totales	mg/L	10	438	483	474	491

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "^(B)"=Resolución cuantificable, "^(A)"= Límite de Detección de Método, "--"= No Analizado.
* : Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

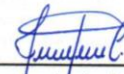


INFORME DE ENSAYO N° 206045 CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Fisicoquímicos		
Alcalinidad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017	Alkalinity, Titration Method
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017	Conductivity Laboratory Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method
Dureza Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017	Hardness, EDTA Titrimetric Method
Oxígeno Disuelto (Winkler)	SM 4500-O C, 23rd Ed. 2017	Azide Modification
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017	pH Value, Electrometric Method
Sólidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017	Solids, Total Solids Dried at 103-105 °C

SIGLAS: *SM*: Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 23rd. Ed. 2017



Ing. Jessica Tapia C.
Gerente de Calidad, Seguridad, Salud
y Ambiente
C.I.P N° 238897

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en físico como en digital es de 4 años. El tiempo de pericadabilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

** FIN DEL INFORME **

Anexo 2. Normas legales de la aprobación de estándares de calidad ambiental.

10

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

- Estuarios

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua
Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

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

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₆ - C ₄₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ($\text{NO}_2\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 3,28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2^-).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{E_{\text{CAcloroformo}}} + \frac{C_{\text{dibromoclorometano}}}{E_{\text{CA dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromodichlorometano}}}{E_{\text{CA bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{bromoformo}}}{E_{\text{CA bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	10	**
Nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Niquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Temotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Taño	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.



Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FISICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
 (b) Después de la filtración simple.
 (c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^- -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).
 Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
 - Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- (1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- (2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,80	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH_3 -N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.
- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.
- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo YUBER ROMARIO LAYME VILCAPAZA
identificado con DNI 72158414 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA DE MINAS

,informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

“ APLICACIÓN DE SOLUCIÓN MINERAL PARA LA BIODEGRADACIÓN SOBRE

EFLUENTES EN LA LAGUNA DE OXIDACIÓN ESPINAR - PUNO ”

” Es un tema original.

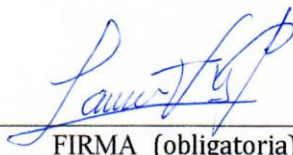
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 09 de JUNIO del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo YUBER ROMARIO LAYME VELCAPAZA, identificado con DNI 72158414 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA DE MINAS

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

" APLICACIÓN DE SOLUCIÓN MINERAL PARA LA BIODEGRADACIÓN SOBRE EFLUENTES EN LA LAGUNA DE OXIDACIÓN ESPINAR - PUNO

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 09 de JUNIO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella