

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LA LAGUNA
DE PACA – REGIÓN JUNÍN 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autora:

Kare Mabel Aguirre Horna

Asesor:

Ing. Grant Llaque Fernández

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

La presente tesis me la dedico a mí misma, por el gran esfuerzo y dedicación que tuve al realizarla; durante mi periodo académico mostré mi compromiso, responsabilidad y empeño por la carrera que elegí; porque en este largo camino hice frente a las adversidades y dificultades, donde mostrar mis fortalezas y habilidades, fueron la mejor opción para hacer frente a cualquier obstáculo y salir siempre victoriosa; aquí estoy, orgullosa de mí y satisfecha de todo lo que he logrado en esta etapa de vida universitaria.

Aguirre Horna, Kare Mabel

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por brindarme la oportunidad de obtener un grado académico en este periodo de vida universitaria, del cual me siento orgullosa y satisfecha.

En segundo lugar, a mi madre que ha sido mi pilar y mi ejemplo a seguir, brindándome su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, lo que soy y lo que tengo es gracias a ella.

En tercer lugar, a mis tías, ellas han sido parte de mi formación personal, sus consejos y apoyo han hecho de mí, una mujer fuerte, bondadosa, honesta, capaz de cumplir sus sueños y metas.

Finalmente agradezco a mi casa de estudios, La Universidad Privada del Norte y a mis maestros por brindarme su tiempo y apoyo, transmitiéndome sus saberes y conocimientos, los cuales fueron base fundamental para terminar este trabajo de investigación y mi carrera profesional.

Aguirre Horna, Kare Mabel

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	24
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	30
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de la Prueba de Student para los parámetros, físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua de la Laguna de Paca durante los años 2015, 2017 y 2018	30
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Variación de la Temperatura en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.	32
Figura 2: Variación de los Sólidos Totales en Suspensión en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.	33
Figura 3: Variación del Potencial de Hidrógeno en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.	34
Figura 4: Variación del Oxígeno Disuelto en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.	35
Figura 5: Variación de la Conductividad Eléctrica en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.	36
Figura 6: Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.	37
Figura 7: Variación de los Coliformes Termotolerantes en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.	38
Figura 8: Diseño de un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas en la Laguna de Paca, Región Junín.	40
Figura 9: Diseño de un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas en la Laguna de Paca, Región Junín.	41

RESUMEN

El agua es el recurso hídrico más importante para el desarrollo de la vida; por ello la presente tesis tiene como objetivo, comparar la variación de la calidad física, química y microbiológica del agua de La Laguna de Paca - Región Junín, 2020; teniendo como base de datos resultados de los monitoreos participativos de La Autoridad Nacional del Agua. Para evaluar la variación de calidad de agua, se realizó la prueba estadística T de student, que permitió comparar estadísticamente los resultados; donde se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa de los parámetros (temperatura, sólidos totales en suspensión, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica), durante los años 2015, 2017 y 2018, con un nivel de confianza del 95%, asimismo el parámetro potencial de hidrógeno, que en el año 2017 superó los ECA, en los puntos de monitoreo LPACA2, LPACA5 y LPACA6, presentando características alcalinas y finalmente se diseñó un sistema ecoamigable para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, provenientes de los restaurantes en la Laguna de Paca, Región Junín como propuesta para la conservación del recurso hídrico, el cual fue validado por un experto en el tema de tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: Calidad del agua, parámetros, laguna, aguas residuales.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial, debido al crecimiento de la población, el cambio climático, las actividades industriales y agrícolas. El principal problema, lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes, tales como nitrógeno y fósforo. Estas fuentes de nutrientes, en su mayoría son provenientes de la escorrentía agrícola, aguas residuales domésticas, efluentes industriales y emisiones de contaminantes a la atmósfera. Los pantanos y lagos son los más susceptibles a estos impactos, debido a su complejo dinamismo, con un periodo de residencia del agua relativamente largo, y al hecho de que concentran los contaminantes procedentes de las cuencas de drenaje (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2014).

Según el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídrico de la UNESCO (2019), señala que los problemas de calidad del agua persisten tanto en los países desarrollados como sub desarrollados, donde se incluye la pérdida de cuerpos de agua de calidad óptima, los impactos asociados con los cambios en la hidromorfología, propagación de especies invasoras y el aumento de contaminantes emergentes; asimismo señala que la mala calidad del agua afecta directamente a las personas que dependen de estas fuentes como su único y principal suministro, limitando su acceso al agua y aumentando los riesgos a la salud, provocando diferentes enfermedades.

Por otro lado; en Argentina los problemas relacionados con la calidad de las aguas, se deben a la descarga de líquidos residuales domésticos e industriales, sin un adecuado tratamiento. Los contaminantes identificados son: la materia orgánica biodegradable, microorganismos y las sustancias tóxicas orgánicas e inorgánicas (Higa et al 2019, p.64). Asimismo; en El Salvador los principales problemas, están asociados al bajo nivel de tratamiento de las aguas residuales e industriales y a la reducida utilización de las aguas tratadas, a las actividades extractivas mineras,

a vertederos de desechos sólidos a cielo abierto y a la presencia de altas concentraciones de coliformes fecales (Quiñónez, 2019).

En el Perú, la calidad de agua en las regiones no es la misma, esto en su mayoría se puede deber a la geografía del lugar o al desarrollo de actividades económicas, lo que dificulta el acceso a la disponibilidad de un recurso hídrico adecuado. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, s.f), el Perú posee el 1.89% de agua superficial del mundo, con tres vertientes en su territorio, con una disponibilidad de casi 2 billones de metros cúbicos de agua cada año. Sin embargo, debido a la geografía la vertiente del Pacífico; donde reside el 66 % de la población sólo dispone del 2,2 % de acceso al agua.

Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018) señala que los resultados del censo en el año 2017, muestra que en el departamento de Junín las viviendas que tienen abastecimiento de agua por red pública dentro y fuera de la vivienda representan el 79,1%. Asimismo, las viviendas que cuentan con agua de pozo (agua subterránea) el 10,1%; la población que utiliza agua de río, acequia, manantial o similar el 8%. Las viviendas que acceden al agua a través de pilón o pileta de uso público el 1,8% y el abastecimiento de agua por camión - cisterna u otro tipo de abastecimiento de agua, representa el 1,0%.

Cabe mencionar, que las lagunas altas andinas son un rasgo fisiográfico muy importante de la región Junín, en ellas se desarrollan diferentes actividades económicas como cultivos de trucha en jaulas flotantes, y engordadas con alimentos balanceados peletizados, los cuales sumados a los desechos fecales constituyen un importante aporte de materia orgánica al ecosistema de las lagunas (Mariano et al., 2010); asimismo, el drenaje de las aguas grises provenientes de los restaurantes y los residuos que dejan los visitantes, resultan ser muchas veces fuente de contaminación para el recurso hídrico.

Entre las principales causas de alteración de la calidad del agua, se encuentran los contaminantes naturales, que se caracterizan por la naturaleza química de los suelos en zonas de predominancia volcánica por presencia de algunos metales y metaloides como el Fierro, Cobre o Arsénico y la fuente de tipo antropogénico está representada por: Manejo inadecuado de residuos sólidos y agroquímicos, minería Informal, pasivos ambientales y vertimientos de aguas residuales no tratadas. El Perú es un país vulnerable a efectos climáticos que conllevan a la escasez del agua; para ello se debe tomar decisiones claves para solucionar el problema de la calidad del agua, con el fin de evitar amenazas en la salud pública, la seguridad alimentaria, la pérdida de ecosistemas y la sostenibilidad del desarrollo económico (Aquino Espinoza, 2017).

El agua contaminada puede transmitir diferentes enfermedades, tales como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomiélitis. Se calcula que existe más de 502 000 muertes por diarrea al año, debido a la contaminación del agua potable; además se estima que hasta el año 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua (OMS, 2019). Asimismo, el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2016), indica que cuando consumimos agua contaminada nos produce enfermedades a causa de los microbios, parásitos o sustancias tóxicas que son dañinas para la salud. Algunas de estas enfermedades pueden ser: tifoidea, hepatitis, el cólera, entre otras.

El problema de la contaminación de La Laguna de Paca ubicada en la provincia de Jauja, región Junín se genera por la presencia de recreos, el drenaje de los afluentes provenientes de los restaurantes turísticos ubicados alrededor de la laguna, residuos fecales y aceite quemado producto de los botes que usan motor, inadecuada disposición de residuos sólidos y el uso de agroquímicos en la agricultura, los mismos que son arrojados al recurso hídrico. Una concentración de coliformes en las aguas frente a los restaurantes turísticos asentados en la faja marginal de la laguna de Paca, evidencia el impacto generado por las aguas residuales domésticas

no tratadas vertidas por esta actividad, “La laguna de Paca sería declarada en emergencia a raíz de la contaminación que generan las aguas servidas, informó el alcalde del distrito de Paca” (Agencia Peruana de Noticias [ANDINA], 2013).

El tema se enmarca en la línea de investigación Desarrollo Sostenible y Gestión Empresarial, aprobada por la Universidad Privada del Norte, en esa línea y a partir de todo lo indicado es conveniente realizar la investigación a partir de la siguiente pregunta: ¿Cuál es la variación de la calidad física, química y microbiológica del agua de La Laguna de Paca – Región Junín, 2020?

Respecto a la importancia de evaluar la calidad del agua; ésta permite determinar el grado de contaminación presente el recurso hídrico. A partir de la investigación realizada por Amado et al. (2016) y D’Ambrosio et al. (2017) se puede denotar que las principales fuentes de contaminación de los recursos hídricos son las prácticas agropecuarias, los vertidos de aguas residuales de las poblaciones, siendo las actividades humanas el factor más influyente en el deterioro de las aguas superficiales; pero en los últimos años las actividad agrícolas e industriales han sido las causantes de la contaminación de los cursos de agua.

En relación a la determinación de la calidad del agua de una laguna mediante el análisis de diferentes parámetros, donde podemos ver que al estimar parámetros físicos, químicos y microbiológicos permite establecer su uso. Ordóñez et al. (2019) y Murgueitio et al. (2015), reafirman lo señalado anteriormente; ya que, mediante la evaluación del índice de calidad del agua, establecieron la categoría de clasificación según el ICA, a partir del análisis de los parámetros evaluados. Donde Ordóñez et al. (2019), señala que la laguna de Colta obtuvo un valor de 70,7; que se interpreta como de calidad regular, demostrando un estado aceptable para actividades recreativas; mientras que Murgueitio et al. (2015) indican que para la Laguna

Mapaguiña el valor obtenido fue 80,72 que indica que es de buena calidad para el consumo humano, la pesca y la agricultura.

En cuanto a la determinación de la calidad del agua de la laguna para su uso, según los estándares de calidad ambiental para agua; los autores Alva Pinedo (2018) y Pineda et al. (2019) señalan que el decreto permite evaluar si el agua cumple con los límites permisibles dispuestos en la normativa peruana, con el objetivo de establecer la disposición final del recurso hídrico. Alva Pinedo (2018), señala que la Laguna Azul está clasificada dentro de la categoría 1, subcategoría B calificadas como aguas de uso recreacional, pudiendo calificar como aguas de clasifica a la laguna La Encantada como no apta para funcionar como aguas con fines de recreación, debido a que bacterias coliformes, *E. coli* y coliformes totales superan los estándares nacionales.

Brito et al. (2016) en su artículo analizaron parámetros tales como; temperatura, transparencia, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, pH y oxígeno disuelto. La temperatura del agua de la Laguna Grande mostró diferencias significativas entre los meses muestreados ($p < 0,05$), estos cambios temporales en la temperatura del agua se deban probablemente a la temperatura del aire, la turbulencia por la acción del viento, radiación solar incidente y del paisaje general; por otro lado, la profundidad, oxígeno disuelto y pH en las diferentes áreas mostraron diferencias significativas ($p < 0,0001$) tanto en los meses como en las estaciones, la variación del pH depende de la naturaleza del sustrato, de los tipos de suelos de la cuenca de captación, de las reacciones químicas que tienen lugar en el agua, la intensidad de los procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración, además de posibles aportes externos de contaminantes específicos capaces de modificarlo entre estaciones y meses de muestreos.

Custodio et al. (2013) en su investigación utilizaron los métodos de observación, descripción y explicación, el diseño no experimental de tipo longitudinal. Asimismo, se definieron tres sectores de muestreo, en Angasmayo (Concepción), Huarisca (Chupaca) y

Pilcomayo (Huancayo). Las muestras de agua fueron colectadas en botellas de plástico de dos litros y en frascos de vidrio estériles para determinar la concentración de nitratos y fosfatos, y coliformes termotolerantes, respectivamente. Los parámetros medidos in situ fueron: oxígeno disuelto (mg/l), sólidos totales disueltos (mg/l), temperatura (°C), pH y turbidez (FTU).

El ANA (2015) mediante el informe técnico N° 156-2015-2015-ANA-AAA-CHCH-SOGCRH, dio a conocer los resultados del segundo monitoreo participativo de la Calidad del Agua de la Laguna de Huacachina – Ica. Para ello, establecieron 6 puntos para la toma de las muestras, 4 extremos y 2 centrales, donde analizaron parámetros de campo como: Temperatura (T °C), pH, conductividad eléctrica (C.E), turbidez, microbiológicos y Oxígeno disuelto utilizando el equipo multiparámetro. Se determinó altas concentraciones de cianobacterias en las aguas de la Laguna de Huacachina, asimismo el agua de las categorías 1 y 4, podrían presentar materia orgánica que al degradarse propiciaría mayor consumo de oxígeno, pudiéndose eliminar la fauna acuática.

Beltrán et al. (2015) en su artículo cuyo objetivo fue evaluar la calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011”, establecieron 12 estaciones de muestreo aleatoriamente, evaluadas mensualmente entre diciembre del 2010 a abril del 2011. Asimismo, se evaluaron parámetros fisicoquímicos utilizando las metodologías validadas de EPA y APHA. La temperatura, oxígeno disuelto, pH, fosfatos, nitratos y nitritos del agua indican que el área próxima a la salida de la laguna es una zona crítica de contaminación en la bahía interior de Puno. Los valores de transparencia del agua fueron bajos. La conductividad eléctrica del agua registró valores elevados. La dureza total registrada indica aguas duras (121 – 180 mg/L) y muy duras (>180 mg/L) y altas cantidades de coliformes fecales (*E. coli*) en aguas cercanas a la isla Espinar.

Huamán et al. (2020) en su artículo tienen como objetivo evaluar la calidad del agua de la Laguna Marvilla, a través de la comparación con los estándares de calidad ambiental (ECA) para

agua y la determinación del índice de calidad de agua del Perú (ICA - PE) propuestos por EL ANA. Se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de los cuales cinco no cumplen con lo establecido en la categoría 4 del ECA para agua (nitratos, fósforo total, amoníaco total, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes). Asimismo, con los datos del muestreo se obtuvo un valor de 46,3 en el ICA-PE. Se concluye que la calidad de agua de la laguna Marvilla es regular, es decir, se encuentra ocasionalmente amenazada o dañada.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2013) mediante el informe N.º 180—2013-OEF/DE-SDCA dio a conocer la evaluación ambiental realizada en la Laguna de Paca en la provincia de Jauja, región Junín. Para la ubicación de los puntos de muestreo se tuvo en cuenta el criterio científico Marino Morikawa. Asimismo, para la toma de muestras se siguió con lo señalado en el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Validad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial”, se evaluaron parámetro fisicoquímico, orgánico e inorgánico. Se determinó que la concentración de los coliformes totales y fecales estuvo por encima de los valores ECA para el agua; por otro lado, las concentraciones de metales y de DBO₅ Y DQO no superaban los ECA.

El agua es la sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, formada por la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales (Guerrero Legarreta, 2006). El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo y contribuye a regular el clima del mundo. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela (Fernández Cirelli, 2012).

Las aguas superficiales se forman de toda el agua expuesta naturalmente a la atmósfera (ríos, lagos, depósitos, estanques, charcos, arroyos, represas, mares, estuarios) y todos los manantiales, pozos u otros recolectores directamente influenciados por aguas superficiales. Son las que se contaminan con más facilidad, a causa de su mayor exposición a las fuentes habituales de contaminación (Hermes et al., 2013). Las aguas superficiales destinadas para uso recreacional, son 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 (El Peruano, 2020).

El deterioro de la calidad del agua, tanto dulce como salada, se debe principalmente a los vertidos incontrolados de las aguas residuales urbanas e industriales, muchas veces sin tratamiento, así como las prácticas agrícolas deficientes. La contaminación atmosférica, la acumulación de sustancias químicas en suelos y sedimentos, el exceso de bombeo de aguas subterráneas, la minería y otras industrias de extracción, la destrucción de zonas pantanosas, también contribuyen a su deterioro (Fernández Cirelli, 2012).

Los contaminantes de las aguas superficiales son la amplia gama de compuestos orgánicos e inorgánicos procedentes de fuentes puntuales urbanas, industriales y áreas de ganadería; nutrientes de origen difuso, en áreas agrícolas y urbanas; contaminantes derivados de problemas de eutrofización; acidificación; filtraciones de vertederos de escombros (basureros); filtraciones de embalses (Fernández Cirelli, 2012). El agua que procede de fuentes superficiales (ríos, lagos y quebradas), es objeto día a día de una severa contaminación, producto de las actividades del hombre; éste agrega al agua sustancias ajenas a su composición, modificando la calidad de ésta (Rondón, 2012).

La calidad del agua puede considerarse como una medida de la idoneidad del agua para un uso particular basado en características físicas, químicas y biológicas seleccionadas. Para

determinar la calidad del agua, los científicos primero miden y analizan las características del agua, como la temperatura, el contenido mineral disuelto y la cantidad de bacterias. Las características seleccionadas se comparan con los estándares numéricos y las pautas para decidir si el agua es adecuada para un uso particular (Cordy, 2014). También puede definirse como una lista de concentraciones, especificaciones, aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas y la composición o el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua (Sierra Ramírez, 2011).

La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua (coagulación, sedimentación, etc.) (Sierra Ramírez, 2011). La temperatura por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Rigola Lapeña, 1999).

Los sólidos totales, es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan después de la evaporación de la muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos totales disueltos (Chacón Chaquea, 2017). Los sólidos totales en suspensión se determinan restando los sólidos disueltos de los sólidos totales. Son el tipo de sólidos más importante de determinar en los estudios de calidad de agua. (Chacón Chaquea, 2017).

El potencial de hidrógeno, es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua, en los análisis químicos se sabe que el pH siempre se encuentra en una escala de 0 a 14. Generalmente, la alcalinidad puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (sustancias caracterizadas por el radical OH (soda cáustica NaOH)); también se reconoce por la presencia de los iones $[\text{OH}^-]$, $[\text{CO}_3^{2-}]$ y $[\text{HCO}_3^-]$. Por otro lado, se considera a las aguas ácidas

cuando tienen un pH inferior a 8.5 unidades, esto se debe a la presencia de CO₂ o a la presencia de un ácido fuerte (H₂SO₄, HNO₃, HCL) (Sierra Ramírez, 2011). El potencial de hidrógeno indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H⁺) (Chahua Puma, 2017).

El oxígeno disuelto (OD) es necesario para la respiración de los microorganismos aeróbicos, así como para otras formas de vida aerobia. El oxígeno es ligeramente soluble en agua y la cantidad real que puede estar presente en una solución está determinada por la solubilidad del gas, la presión parcial del gas en la atmósfera, la temperatura y la pureza del agua (salinidad, sólidos suspendidos) (Chacón Chaquea, 2017). La oxigenación del agua se debe principalmente a la solubilización del oxígeno atmosférico y minoritariamente a su generación en la fotosíntesis, principalmente de algas. Sin embargo, el oxígeno así formado durante el día, se consume en parte durante la noche, cuando las algas consumen oxígeno para su metabolismo, luego de la muerte de las algas la degradación de esta biomasa también consume oxígeno (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], s.f).

La conductividad eléctrica, es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Se mide en micromhos/cm o Siemens/ cm. La conductividad es una medida indirecta de los sólidos disueltos. Las aguas que contienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas (Sierra Ramírez, 2011). Asimismo, la conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición (DIGESA, s.f.).

La demanda bioquímica de oxígeno, es el parámetro de mayor significancia cuando se trata de determinar la carga polucional que pueden generar los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargados en corrientes de agua en las que persistan condiciones

aeróbicas. Normalmente se determina la demanda en 5 días y mediante ecuaciones de cinética bacteriana se extrapolan los resultados a los 20 días, para obtenerlos más rápidamente (Sierra Ramírez, 2011). Mide la cantidad de dióxigeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. En general se refiere al oxígeno consumido en 5 días (DBO₅) (Rigola Lapeña, 1999).

La calidad microbiológica del agua, se basa en la determinación de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano o que, por su presencia puedan señalar la posible existencia de otros, tal y como sucede con los coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella* (Zhen Wu, 2009). Asimismo, la verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye sólo análisis microbiológicos. Dichos análisis son de suma importancia, ya que el riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo es la contaminación microbiana. Así pues, el agua destinada al consumo humano no debería contener microorganismos indicadores (OMS, 2006).

Los coliformes termotolerantes, son un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que los coliformes fecales siempre están presentes en las heces humanas y de los animales (Sierra Ramírez, 2011). Es un subgrupo de bacterias coliformes totales, y su presencia indica que el agua de su pozo está contaminada con excremento o desechos de alcantarillas y tiene el potencial de causar enfermedades (North California Public Health, 2009).

La *Escherichia coli*, es una bacteria que habita generalmente en el intestino del ser humano y de otro animal de sangre caliente. La mayoría de las cepas son inofensivas, pero algunas pueden causar graves enfermedades de transmisión alimentaria. La transmisión e infección por *E. Coli* se produce principalmente por el consumo de agua o alimentos contaminados, siendo los cólicos y la diarrea los principales síntomas (OMS, 2020). Generalmente la bacteria que predomina en la mayoría de las aguas, es *E. Coli*; incluso está

presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal (OMS, 2006).

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), son legalmente 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 (MINAM, 2017).

La ecología es una rama de la Biología, que se encarga del estudio de las relaciones de los seres vivos con su ambiente y entre ellos mismos. Para su estudio, se divide en: Autoecología, sinecología, ecología de poblaciones, ecología de sistemas y ecología aplicada (Fernández Gama, 2019). La ecología es la ciencia que estudia las relaciones de los organismos entre sí y con el ambiente. Estudia a los organismos solos como individuos o agrupados en una población de la misma especie o en un conjunto de poblaciones diferentes, una comunidad (Aguirre et al., 2006).

Los factores abióticos, se refieren a todo aquello que constituya la parte química o física del ecosistema. Por ejemplo, es muy importante el nivel de precipitación pluvial, temperatura o salinidad de un área, para que un determinado tipo de vegetación pueda crecer; pero si nos trasladamos a un sitio más seco, con menor cantidad de precipitación pluvial, mayor temperatura o con mayor salinidad en el suelo, la vegetación cambia para sobrevivir a las condiciones físicas y químicas, determinadas por los factores abióticos. Es decir, que los factores abióticos determinan el tipo de organismos que habitan en un lugar y la modificación de alguno de ellos, genera alteraciones en el ambiente, afectando la distribución y la abundancia de los seres vivos que ahí habitan (Fernández Gama, 2019).

Un ecosistema puede definirse como el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con, su ambiente abiótico. Dentro de un ecosistema, se establecen procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia o la simbiosis, y al desintegrarse forman parte nuevamente del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema,

incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales, dependen unas de otras. Las relaciones entre las especies y su medio, resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema (Fernández Gama, 2019). Un ecosistema es una estructura de interacción de los organismos y su medio inorgánico, que es abierto y, en cierta medida, capaz de autorregularse (Armenteras et al., 2016).

La sostenibilidad o sustentabilidad en ecología, se refiere a los sistemas biológicos que pueden conservar la diversidad y la productividad a lo largo del tiempo. Es un término que se liga con el equilibrio de las especies y su entorno. Según las Naciones Unidas, es la capacidad de satisfacer necesidades de la generación humana actual, sin poner en riesgo la existencia de generaciones futuras (Fernández Gama, 2019). Asimismo, Gómez Gutiérrez (s.f) señala que está en manos de la humanidad asegurar que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias.

El cuidado del agua, trata de cambiar las costumbres y desarrollar una cultura del uso del agua, un paso fundamental para llevar a cabo el cuidado del agua es no arrojar desperdicios ni materiales que duren bastante tiempo en degradarse naturalmente, existen varias formas de aprovechar los plásticos y otros materiales para reutilizar, reciclar y reducir la cantidad de desperdicios, inclusive podrían ser favorables con el medio ambiente (Moscoso Torres, 2020).

La Biorremediación se refiere a un conjunto de metodologías que utilizan microorganismos o partes de ellos seleccionados naturalmente o por modificaciones de la ingeniería genética para degradar sustancias que se han trasladado a un lugar que no corresponde o están en cantidades no recomendables como resultante de un proceso productivo mal manejado o de un incidente natural (Brutti, Beltrán y García, 2018).

La educación ambiental es un proceso, cuya finalidad es comunicar información científica en torno a problemáticas ambientales, para generar un cambio en la conducta de las personas, minimizando su impacto en el ambiente, fomentando valores y hábitos para un medio ambiente

en equilibrio. Se vale de diversas prácticas como: cursos, talleres de creación de espacios sustentables, comunicación de estudios de casos en ámbito de la conservación ambiental, entre otros (Fernández Gama, 2019). La educación ambiental es un proceso educativo integral, que genera conocimientos, actitudes, valores y prácticas en las personas, para que desarrollen sus actividades en forma ambientalmente adecuada, contribuyendo al desarrollo sostenible de nuestro país (MINAM, 2012).

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado, en general se consideran aguas residuales domésticas (ARD) los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales (Romero Rojas, 2010). El agua residual doméstica, es el agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009). Asimismo, el MINAM (2021) define a las aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal).

El tratamiento de aguas residuales domésticas consiste en acondicionar y remover componentes presentes en el agua residual de tal manera que pueda ser vertida a un cuerpo receptor o reusada de tal forma que se garantice la salud de las personas que manipulan las aguas residuales tratadas y así como también de aquellas que consumen los productos cultivados con ellas; así como la adecuada disposición de sólidos provenientes del proceso de tratamiento (MINAM, 2021). El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora. El objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad (Romero Rojas, 2010).

La *Eicchornia crassipes*, conocida como jacinto de agua, taruya, lirio de agua, batata, oreja de mula, etc., es una planta acuática, perenne, vascular, flotante de clima cálido y frío, su destreza de crecimiento y adaptación le permite sobrevivir y extenderse en muchos lugares, puede duplicar su tamaño en diez días. Esta variedad se emplea para aguas residuales crudas, así como para efluentes primarios y secundarios, durante su fase activa de crecimiento, permite remover metales pesados, nutrientes, pesticidas y otros contaminantes orgánicos; sus raíces soportan una masiva carga de microorganismos que descomponen y ayudan en la remoción de contaminantes del agua residual (Romero Rojas, 2010). En el jacinto de agua, este puede vivir en aguas dulces tranquilas o de ligero movimiento, como zanjas, canales, presas, arroyos, ríos, lagunas y pantanos y es considerado como la maleza acuática (Coronel Castro, 2016).

La *Schoenoplectus californicus* (totora), son plantas adaptadas a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente. Es decir, soportan una fuerte limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo. Comprenden una parte debajo del nivel del agua, y otra parte aérea (Arenas Rojas, 2018). Por otro lado, la *Schoenoplectus californicus*, actúa como filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas (Valdés et al., 2005), asimilan directamente los nutrientes (N y P) y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal (Cano, 2004). A la vez, transportan grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos (Cano, 2004); además del contenido de oxígeno en la zona radicular, las bacterias son favorecidas por exudados de las plantas en la misma zona (Soto et al., 1999).

Es conveniente analizar la calidad de agua de los recursos hídricos, pues es un tema que preocupa cada vez más a los países de todo el mundo por motivos de la salud poblacional, el desarrollo económico nacional y la calidad ambiental de los ecosistemas. Evaluar la calidad del agua ayuda a evitar enfermedades u efectos nocivos para la salud, por ello se deberá tener contacto con agua de buena calidad que sea segura y aceptable para el bienestar humano. Es

necesario una adecuada gestión de los recursos hídricos a fin de evitar su contaminación; por ello, es conveniente implementar medidas de recuperación y restauración de estos ecosistemas acuáticos, a fin de evitar su degradación y conllevar a enfermedades que pongan en riesgo la salud de las personas y de los animales. Con esta investigación se presentará instrumentos de medición probando las variables de estudio desde una percepción comparativa.

El objetivo general de este trabajo es comparar la variación de la calidad física, química y microbiológica del agua de La Laguna de Paca - Región Junín, 2020; teniendo como base de datos resultados de La Autoridad Nacional del Agua. Dentro de los objetivos específicos están: Comparar los resultados de los parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros microbiológicos con los estándares de calidad ambiental, para agua según la legislación vigente D.S. 004-2017-MINAM y formular un diseño para la conservación de la Laguna de Paca.

En la presente investigación no se formuló hipótesis; ya que, en el alcance del estudio es descriptivo, sólo se formulan hipótesis cuando se pronostica un hecho, cifra o dato. Por lo regular, los estudios cualitativos no formulan hipótesis antes de recolectar datos. Su naturaleza es más bien inducir las hipótesis por medio de la recolección y el análisis de los datos (Hernández Sampieri, 2014).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El enfoque cuantitativo (que representa un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Estos estudios siguen un patrón predecible y estructurado (el proceso). Cada etapa precede a la siguiente y se puede eludir pasos. El orden es riguroso, aunque se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica, la meta principal es la formulación y la demostración de teorías (Hernández Sampieri, 2014). El método cuantitativo busca establecer resultados generales tipo ley, que se presentan siempre y cuando se construyan indicadores que operacionalicen fielmente los conceptos, y se cumpla con los requisitos de mediación que exigen condiciones establecidas de representatividad y de rigurosidad en la recolección e interpretación de los datos (Toro y Parra, 2006).

El presente trabajo de investigación es de diseño no experimental, de corte longitudinal; ya que, estos estudios recolectan datos en diferentes de periodos y analizan los cambios al paso del tiempo en categorías, conceptos, variables o sus relaciones de alguna población en general, para realizar inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos (Hernández Sampieri, 2014). Asimismo, en lo concerniente al análisis de datos longitudinales, pueden seguirse diversos procedimientos. Así, cuando la variable de respuesta se distribuye normalmente, es posible aplicar las técnicas de análisis de la variancia de medidas, análisis de crecimiento, modelos de efectos mixtos (Arnau y Bono, 2008).

Diagrama:

M - O

Dónde:

M = Muestra con quien (es) vamos a realizar el estudio.

O = Información (observaciones) relevantes o de interés que se recoge de la muestra

Esta investigación se enmarca dentro del tipo descriptivo puesto que según Behar (2008) menciona que estas investigaciones utilizan el método de análisis, lo cual logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Por lo que, en el presente estudio, no se van a manejar ni manipular la variable de estudio; se va a recoger información de manera conjunta sobre los conceptos o las variables referentes a la calidad del agua de la Laguna de Paca, región Junín y finalmente se pretende realizar un análisis de datos obtenidos.

La población de estudio se define como un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados (Arias et al., 2016). Por otro lado, Pimienta y De la Orden (2017) señalan que para determinar la población es necesario identificar quienes conforman la totalidad de elementos o individuos involucrados con dicha problemática de estudio; asimismo todos los integrantes de dicha población deben poseer cualidades o características similares tomando en consideración las variables que aplicaran en la investigación. En el presente estudio se considera una población finita, puesto que se recolectó información de cuatro monitores participativos de la Autoridad Nacional del Agua, en la Laguna de Paca, Región Junín.

Según Hernández Sampieri (2014), la muestra es el acto de seleccionar un subconjunto de un conjunto mayor, universo o población de interés para recolectar datos a fin de responder a un planteamiento de un problema de investigación. Con la finalidad de poder determinar la muestra se empleó el método no probabilístico que consiste en seleccionar a los individuos que convienen al investigador, los cuales serán tres registros de datos de los monitoreos participativos de la Autoridad Nacional del Agua en la Laguna de Paca, Región Junín durante los años 2015, 2017 y 2018. Para determinar la muestra se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

- a. **Criterio de inclusión:** Se consideró los monitores participativos que contengan la variable de estudio, que fuesen ejecutados por entidades públicas ambientales, en este caso se recurrió al registro de datos de la Autoridad Nacional del Agua; asimismo los años de publicación no mayor a cinco años de antigüedad.
- b. **Criterio de exclusión:** Se excluyeron aquellos trabajos que no tenían la misma fecha de monitoreo; también aquellos que no contaban con los parámetros suficientes para ser analizados.

Por medio del método inductivo- deductivo, se obtendrá conocimientos de lo general a lo particular y viceversa; es decir, del análisis de cada variable involucrada en el objetivo de investigación, se podrá efectuar generalizaciones con relevancia científica que permitan sustentar afirmaciones en relación a la hipótesis. El razonamiento deductivo e inductivo es de gran utilidad para la investigación. La deducción permite establecer un vínculo de unión entre teoría y observación y permite deducir a partir de la teoría los fenómenos objeto de observación. La inducción conlleva a acumular conocimientos e informaciones aisladas (Dávila Newman, 2006).

La técnica que se empleó para la recolección de datos en esta investigación es la técnica de investigación bibliográfica, ya que el trabajo se realizó a través de la recopilación de información de los informes técnicos de monitoreo participativo realizados por la Autoridad Nacional del Agua en la Laguna de Paca, Región Junín.; “esta es una técnica a través de la cual el investigador accede a los datos que ya se encuentran disponibles. Es decir, no recolecta de forma directa los datos, pero sí procederá a analizarlos” (Barboza, s.f.).

Según Hernández Sampieri (2014) señalan que un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente. Para el recojo de información en el presente estudio, se utilizó el instrumento de recolección de información (ver anexo 4) empleando una base de datos comparativa, la cual estuvo basada en los resultados de los informes técnicos de los

monitoreos participativos realizados por la Autoridad Nacional del Agua en La Laguna de Paca, Región Junín, durante los años 2015, 2017 y 2018.

En el presente estudio se utilizó el instrumento de recolección de datos (ver Anexo 4). Esta herramienta se elaboró con diferentes campos, con la finalidad de recoger información acerca de los monitoreos participativos de la Autoridad Nacional del Agua en la Laguna de Paca, región Junín. El instrumento consta de los siguientes campos: título del monitoreo, autor, año, país, descripción del monitoreo (objetivo, método, parámetros evaluados, resultados, conclusión, descarte e inclusión); luego del descarte e inclusión de los monitoreos, se pasó al llenado de la ficha registro de información (Anexo 5), donde se identificó los siguientes campos: parámetros físicos, parámetros químicos y los parámetros microbiológicos, los puntos de monitoreo codificados, el año del monitoreo y la normativa nacional con la cual se evaluó su cumplimiento.

Para evaluar la variación de calidad física, química y microbiológica del agua de la Laguna de Paca, se utilizó el programa Estadístico Statgraphics Centurión XIII mediante la prueba estadística T de Student, la cual permite comparar estadísticamente los resultados, evidenciando diferencias significativas en algunas de ellas entre los resultados obtenidos por años, para los diferentes parámetros establecidos. Este procedimiento está diseñado para comparar las medias de dos muestras y determinar si hay diferencias estadísticamente significativas; los valores obtenidos (valores P) se comparan con el nivel de significancia (0.05) a un nivel de confianza del 95%, si el valor P es menor al nivel de significancia, significa que existe una diferencia estadísticamente significativa.

Por otro lado, se considera importante para la investigación comparar los parámetros físicos (temperatura y sólidos totales en suspensión), químicos (potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y demanda bioquímica de oxígeno) y microbiológicos (coliformes termotolerantes), de los resultados de los monitoreos participativos de la calidad del agua superficial de La Laguna de Paca, Región Junín, con los Estándares de Calidad Ambiental

(ECA) para agua, según la sub categoría E1: Laguna y lagos dispuesta en la categoría 4, que corresponde a la conservación del ambiente acuático, según la legislación vigente (DS 004-2017-MINAM); utilizando el programa Microsoft Excel 2016 en su versión gratuita se desarrollaron los gráficos, que permitió observar la variación de los parámetros seleccionados respecto a los años de monitoreo y determinar si cumplen con los ECAs para agua.

Las descargas de los efluentes contaminantes en la Laguna de Paca- Región Junín, son descargas de las aguas residuales domésticas provenientes de los restaurantes, por ello se plantea como alternativa de solución el diseño de un sistema de tratamiento de estas aguas grises; ya que esta fuente de contaminación, altera los parámetros fisicoquímicos y biológicos del recurso hídrico. Por ello, se plantea diseñar un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Laguna de Paca, siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones, donde se ha realizado una adaptación del Diseño propuesto por Huataquispe Vasquez (2019), en el Primer Simposio de Innovación y Desarrollo de Nuevas Tecnologías del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 30 y 31 de enero de 2019. Este sistema constó del tratamiento preliminar, el tratamiento primario y el tratamiento secundario.

Con respecto a la Validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados para la presente investigación, no se requiere la validez y confiabilidad de expertos en el tema; ya que se describió la metodología utilizada por la Autoridad Nacional del Agua; donde usaron formatos establecidos por la normativa nacional del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

En cuanto al análisis de la información, luego de haber adaptado el instrumento a la investigación, se procedió a utilizar el programa Microsoft Excel 2016 en su versión gratuita, donde también se realizarán tablas y figuras. Por otro lado, se utilizó el programa Estadístico Statgraphics Centurión XIII versión libre, donde se trabajará la prueba estadística T de Student, para evaluar la variación de los resultados obtenidos.

Dentro de los aspectos éticos considerados en la investigación, las fuentes que han sido consideradas y consultadas se han citado de forma correcta; asimismo se solicitó el acceso de dicha información a la Autoridad Nacional del Agua para trabajar con los resultados de los monitoreos participativos en la Laguna de Paca, Región Junín durante los años 2015, 2017 y 2018 (ver anexo 11).

Finalmente, se va a respetar los derechos de autor, donde la información recopilada será utilizada para fines académicos y no será alterada ni modificada para conveniencia personal; por otro lado, la validez de los datos estará a cargo del docente del curso, quien decidirá si los datos son confiables.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

1) Variación de la calidad física, química y microbiológica del agua de La Laguna de Paca - Región Junín, 2020.

Para evaluar la variación de calidad física, química y coliformes termotolerante del agua de la Laguna de Paca, durante los años 2015, 2017 y 2018 se realizó la prueba estadística T de Student, procedimiento diseñado para comparar dos muestras de datos y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas, en la Tabla 3 se detalla el resultado del análisis, también se obtuvo el resumen estadístico de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos (ver anexos 13,14,15,16,17,18 y 19).

Tabla 1

Análisis de la Prueba de Student para los parámetros, físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua de la Laguna de Paca durante los años 2015, 2017 y 2018

PARÁMETROS		AÑO	2015 y 2017	2015 y 2018	2017 y 2018
Parámetros físicos	Temperatura (°C)		0.000126488*	0.00000604579*	0.0776747
	Sólidos Totales en Suspensión (mg/L)		0.00000241961*	0.00000931882*	0.155615
Parámetros químicos	Potencial de hidrógeno		0.0000252691*	0.0299239*	0.0000416116*
	Oxígeno Disuelto (mg/L)		0.705603	0.169718	0.0000091118*
	Conductividad Eléctrica (µS/cm)		4.74821E-7*	7.32814E-12*	9.93989E-8*
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)		0.24004	0.670325	0.155615
Parámetro microbiológico	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)		0.340893	0*	0.409535

Nota: La tabla nos muestra que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de dos muestras (*), $p < 0.05$; con un nivel de confianza del 95.0%.

2) Comparar los resultados de los parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros microbiológicos con los estándares de calidad ambiental, para agua según la legislación vigente D.S. 004-2017-MINAM.

Se realizó la comparación de los parámetros físicos (temperatura y sólidos totales en suspensión), parámetros químicos (potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y demanda bioquímica de oxígeno) y los parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes) de los resultados obtenidos durante el análisis de los seis puntos de monitoreo (LPACA1, LAPACA2, LPACA3, LPACA4, LPACA5 y LPACA6) (ver Anexo 20) durante los tres monitoreos participativos en La Laguna de Paca – Región Junín, con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según la sub categoría E1: Laguna y lagos dispuesta en la categoría 4, que corresponde a la conservación del ambiente acuático, según la legislación vigente (DS 004-2017-MINAM) (ver anexo 22) para poder determinar si cumplen o no con la normativa peruana.

En las imágenes N° 1 y N° 2, se detalla la variación de los parámetros temperatura y sólidos totales en suspensión, en las imágenes N° 3, N° 4, N° 5 y N° 6, se especifica la diferenciación de los parámetros potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y demanda bioquímica de oxígeno y en la imagen N° 7 se define la variación del parámetro coliformes totales, de los seis puntos de monitoreo (LPACA 1, LAPACA 2, LPACA 3, LPACA 4, LPACA 5 y LPACA 6) (Ver Anexo 20) durante los años 2015, 2017 y 2018; asimismo se realizó la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental agua, categoría 4.

Figura 1

Variación de la Temperatura en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.

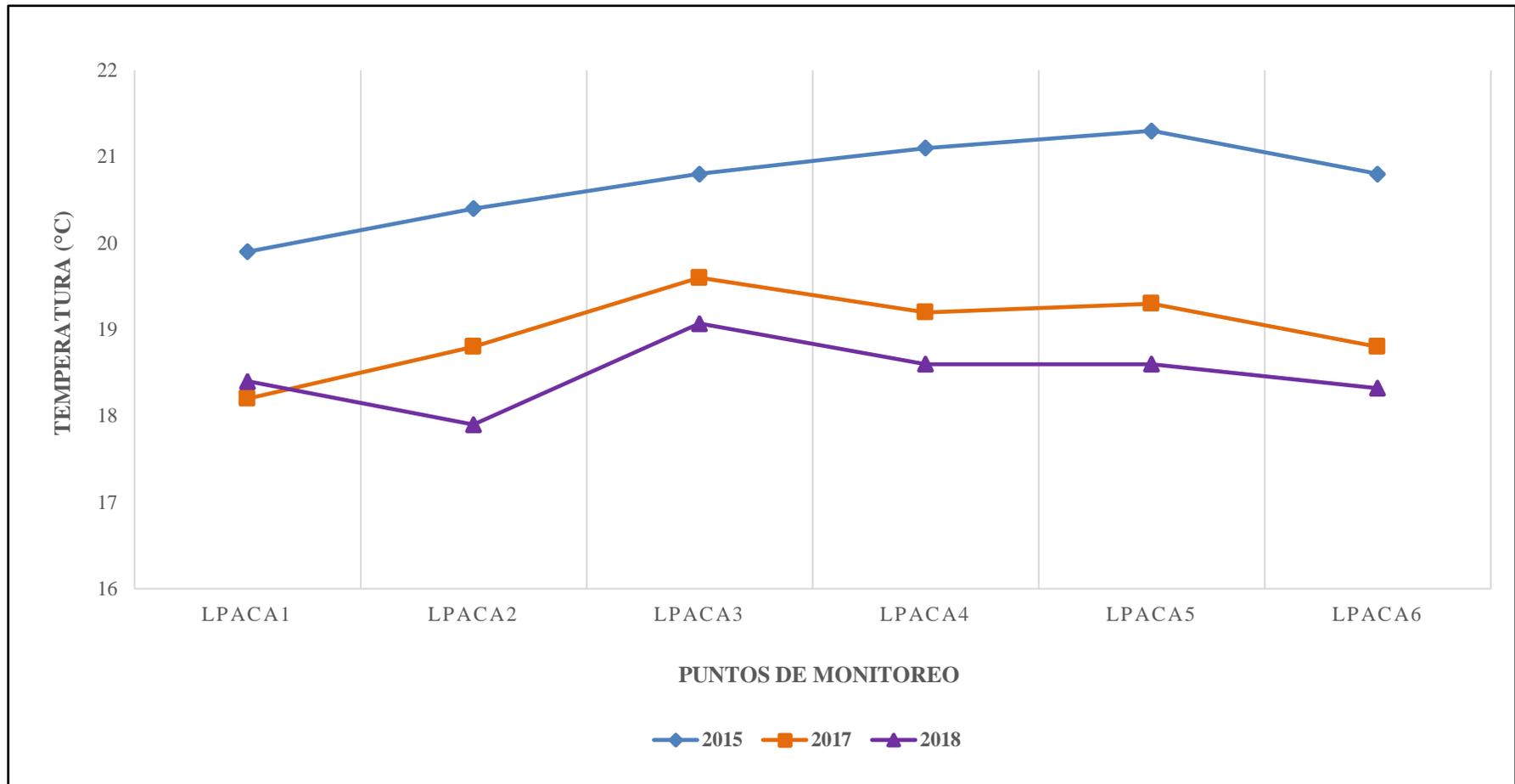


Figura 2

Variación de los Sólidos Totales en Suspensión en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.

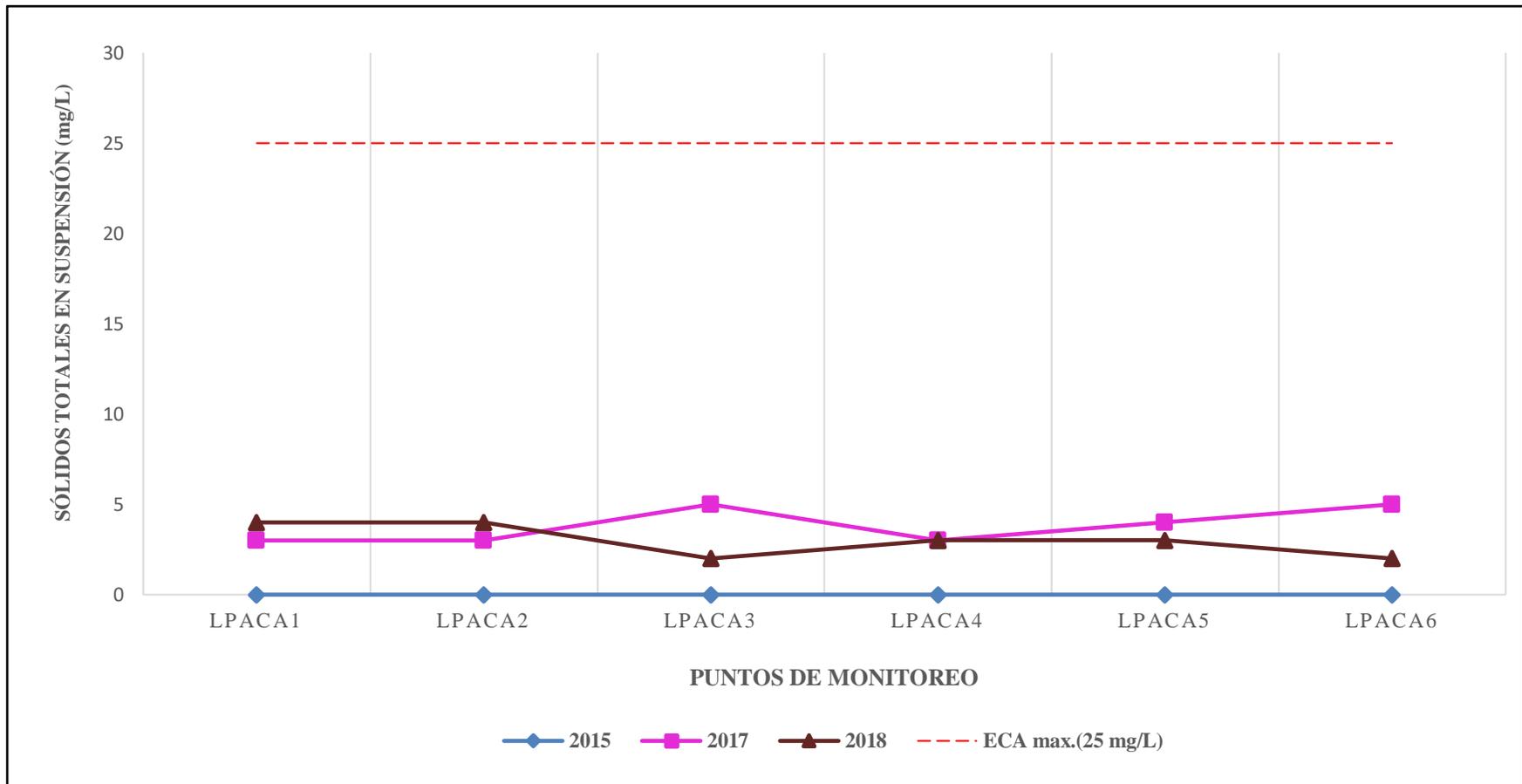


Figura 3

Variación del Potencial de Hidrógeno en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.

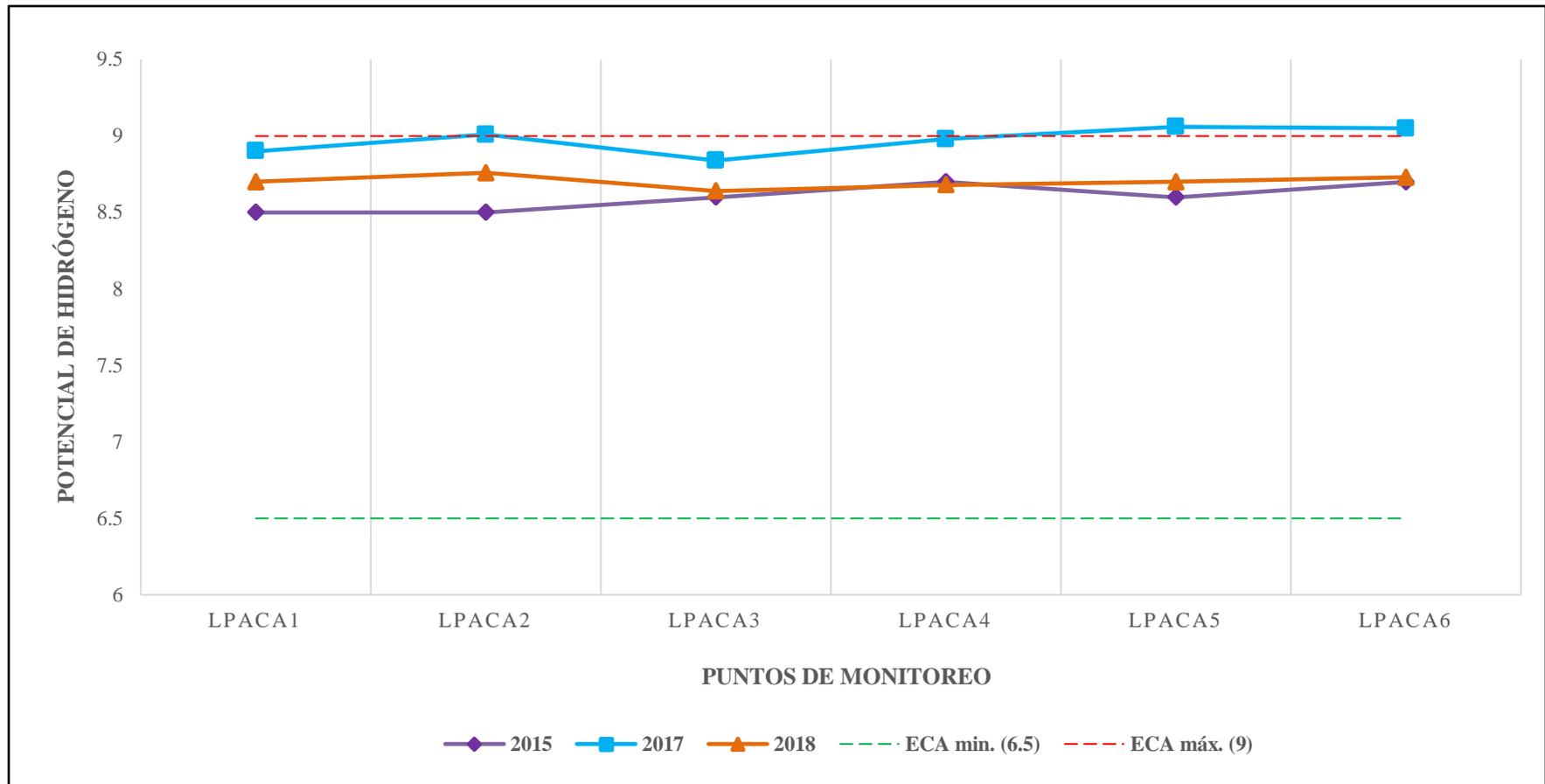


Figura 4

Variación del Oxígeno Disuelto en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.

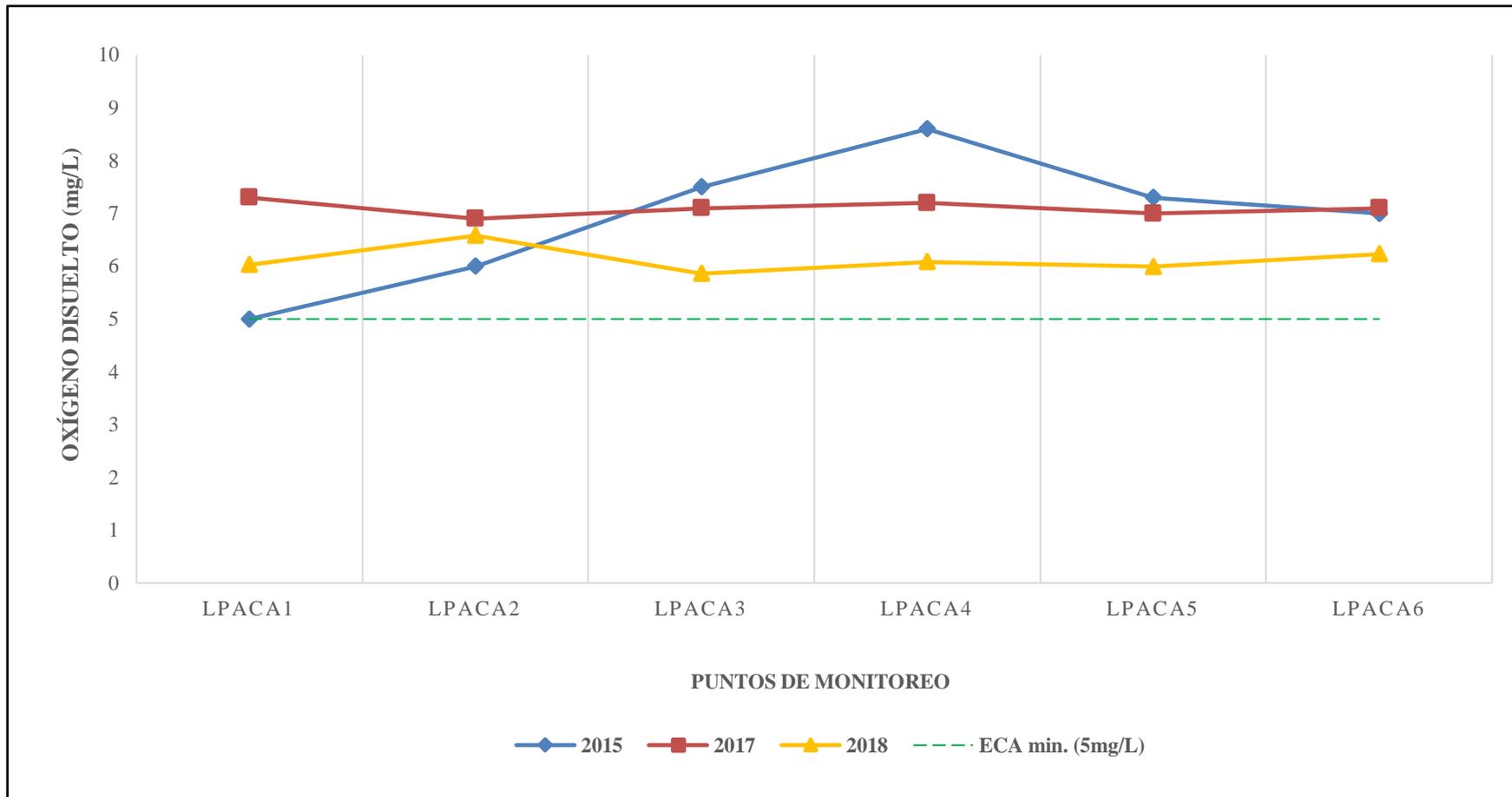


Figura 5

Variación de la Conductividad Eléctrica en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.

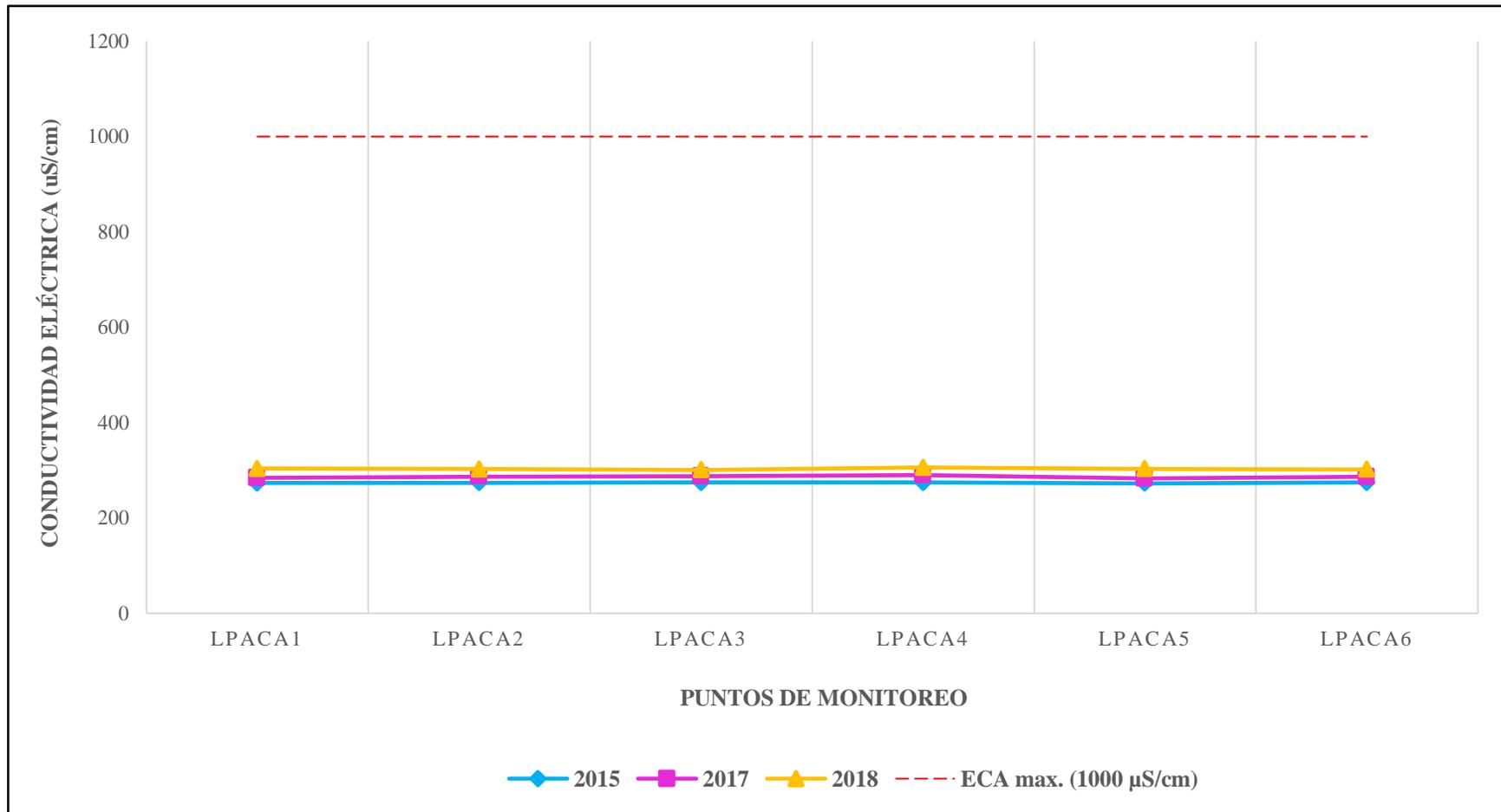


Figura 6

Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.

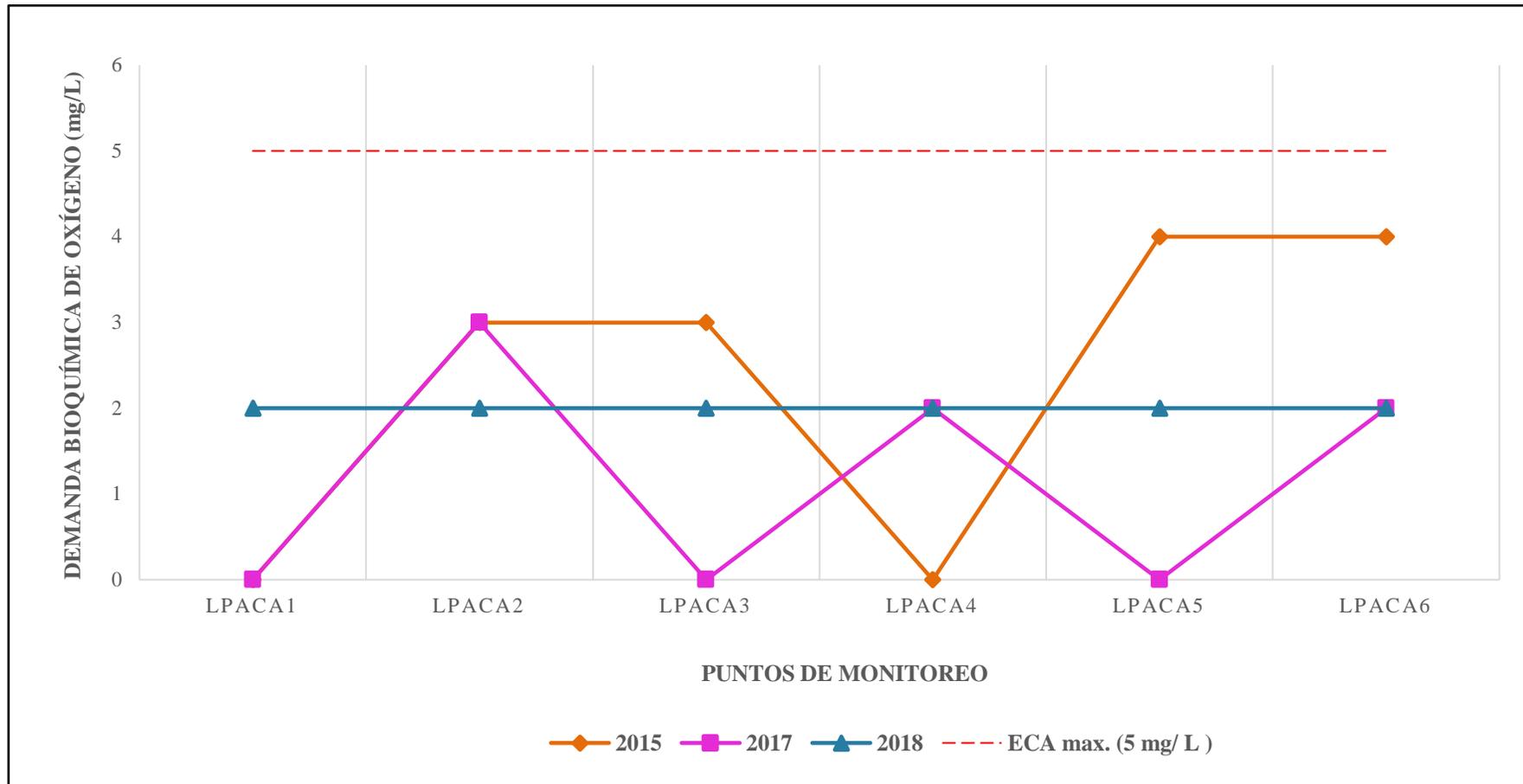
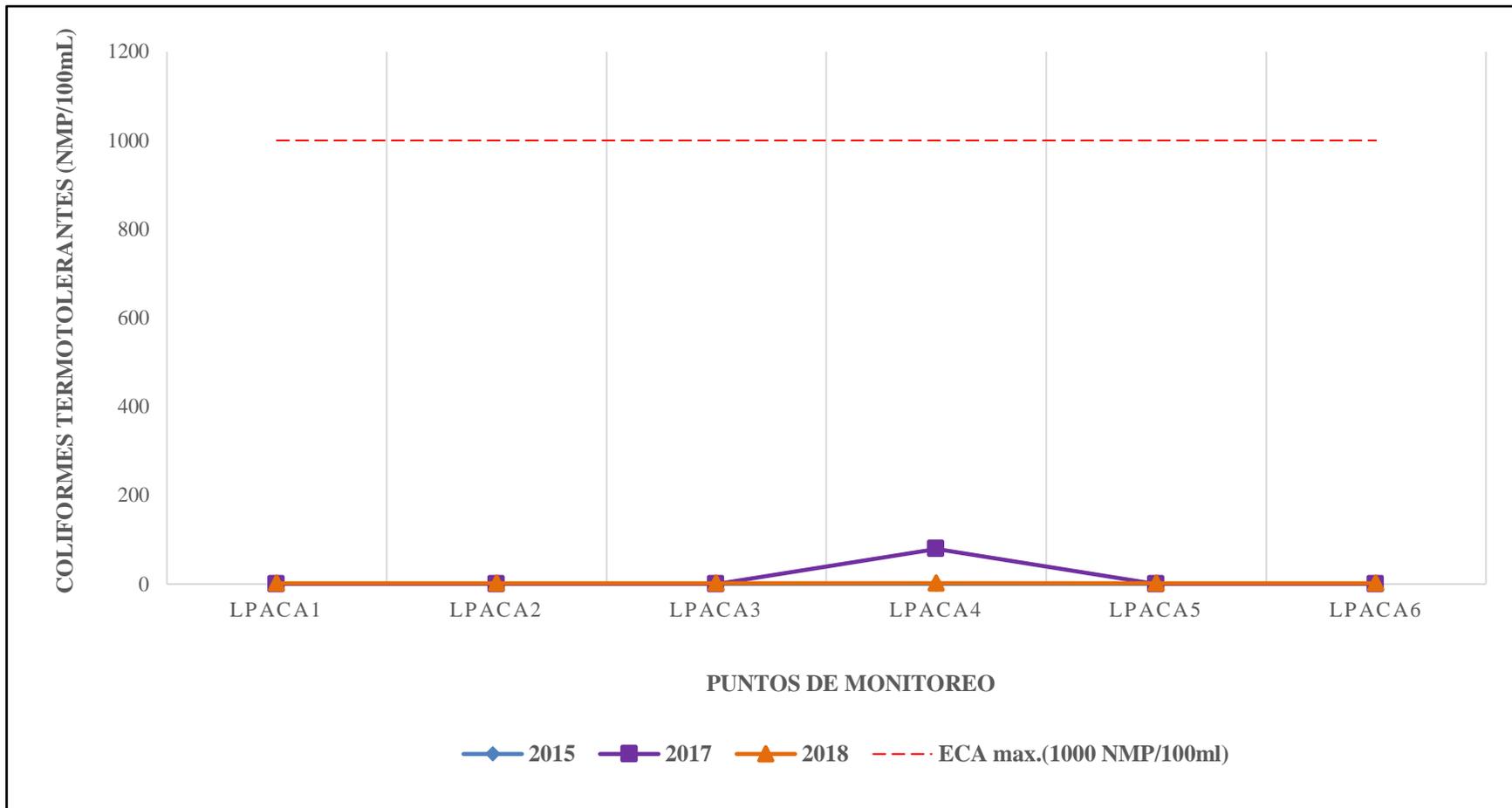


Figura 7

Variación de los Coliformes Termotolerantes en los seis puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, en los años 2015, 2017 y 2018 y comparación con el ECA agua, categoría 4.



3) Propuesta: Diseño de un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas en la Laguna de Paca, Región Junín (ver anexo 23).

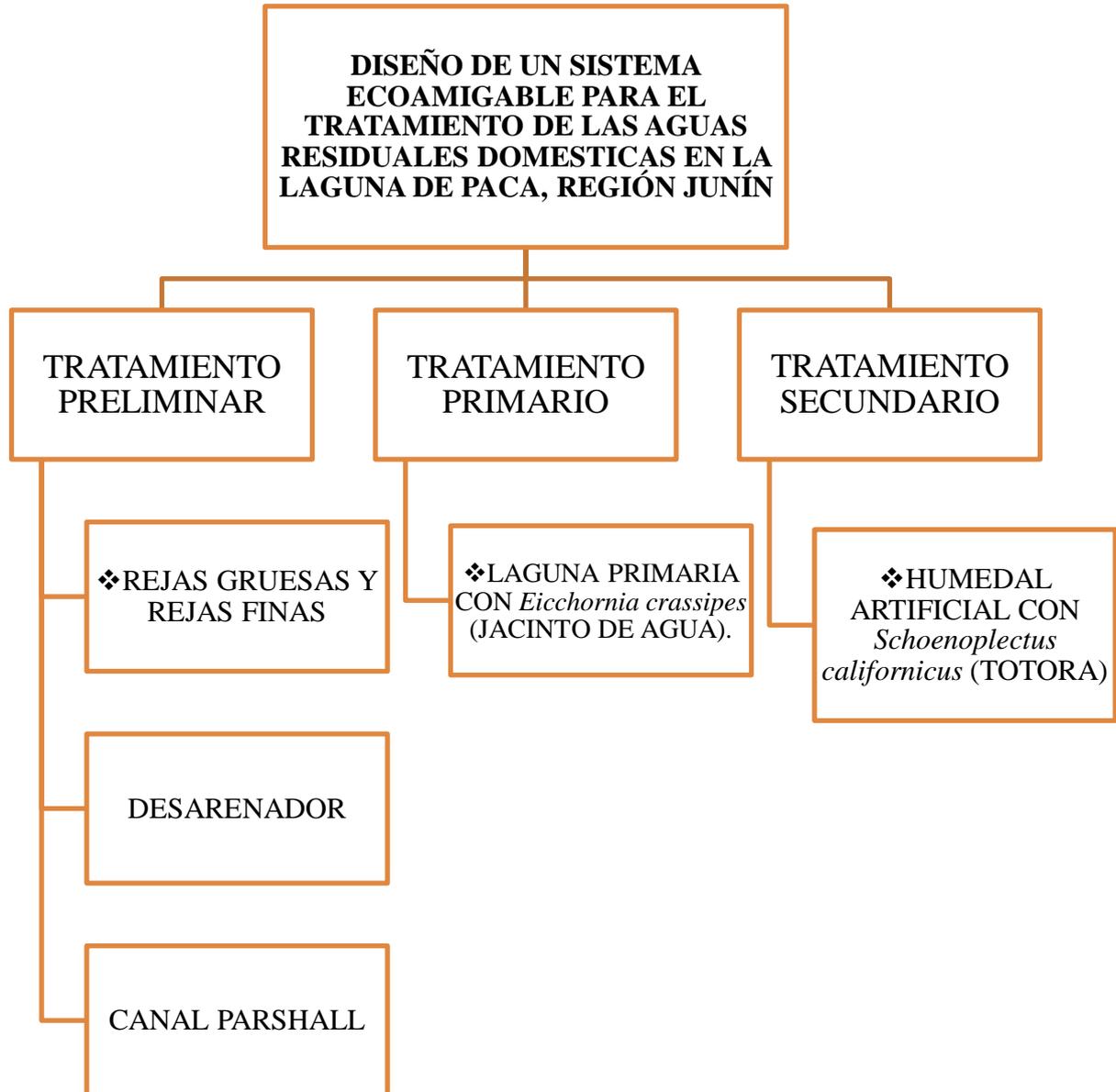


Figura 8

Diseño de un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas en la Laguna de Paca, Región Junín.

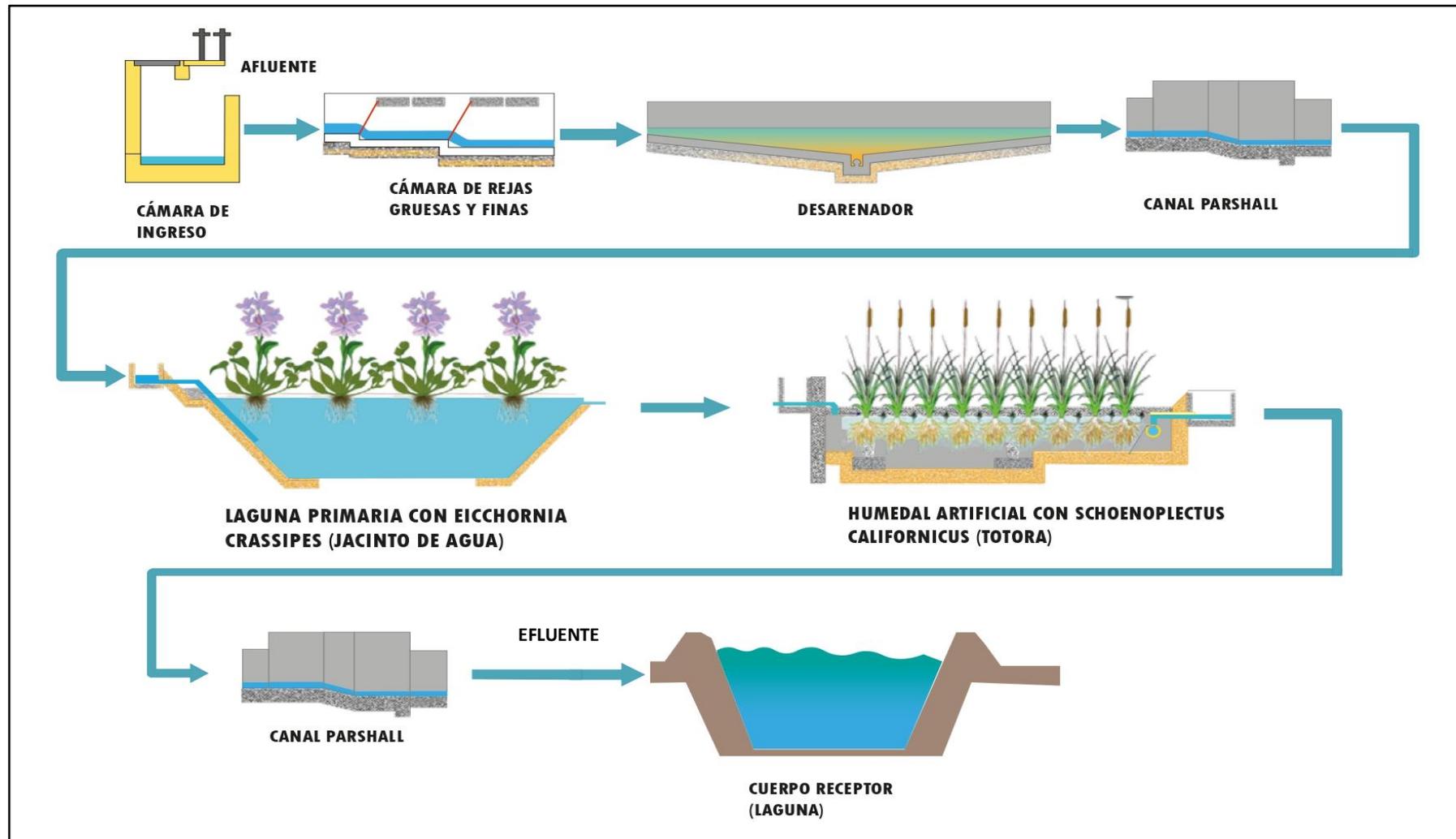
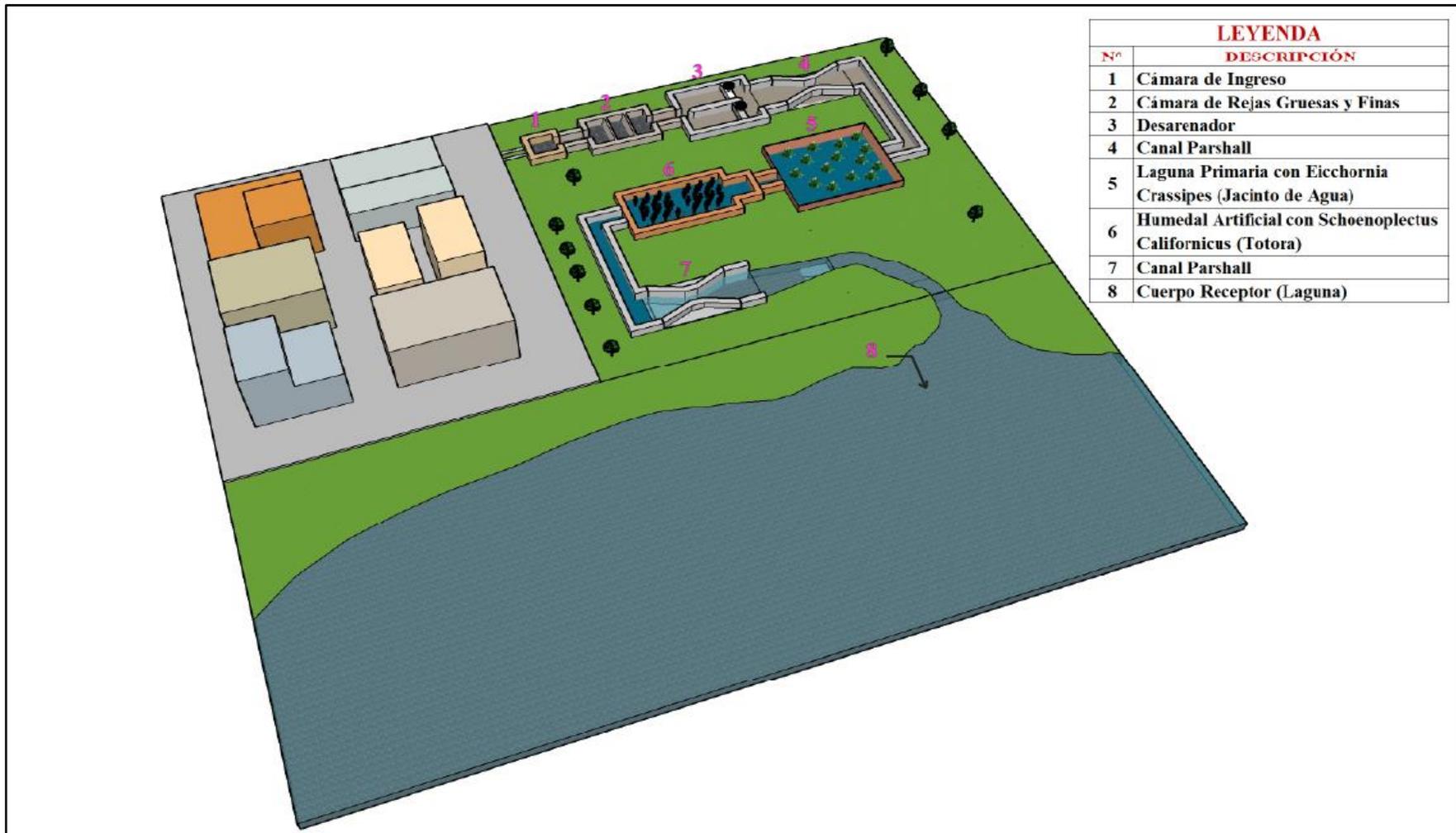


Figura 9

Diseño de un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas en la Laguna de Paca, Región Junín.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se planteó como objetivo general comparar la variación de la calidad física, química y coliformes termotolerantes del agua de La Laguna de Paca - Región Junín, 2020; teniendo como base de datos, los resultados del monitoreo participativo de La Autoridad Nacional del Agua, según Cordy (2014) se puede considerar a la calidad del agua como una medida de la idoneidad para un uso particular basado en características físicas, químicas y biológicas seleccionadas. Se realizó una prueba de t de student, en la cual se encontró diferencias estadísticamente significativas en los parámetros: temperatura, sólidos totales en suspensión, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica; durante los años 2015, 2017 y 2018, con un nivel de confianza del 95%.

En lo que respecta a los parámetros físicos, se halló un $p < 0.05$ en la temperatura y los sólidos en suspensión, en el año 2015 a comparación de los años 2017 y 2018 respectivamente (Tabla 1). La ligera disminución de la temperatura, se debe a la baja radiación solar en los últimos tiempos; caso contrario a lo ocurrido con los sólidos en suspensión, donde se observó un aumento intrascendente en uno de los puntos del año 2015, posiblemente por el drenaje de aguas residuales domésticas, la actividad ganadera cerca del cuerpo hídrico o al inadecuado manejo de los residuos sólidos. En la investigación de Brito et al. (2016) se encontraron diferencias significativas del parámetro temperatura ($p < 0,05$), donde señaló que se debe a la turbulencia por la acción del viento, radiación solar incidente y del paisaje general.

Por otro lado, respecto a los parámetros químicos, la diferencia significativa del potencial de hidrógeno y la conductividad eléctrica se evidenció respecto al análisis de los tres años; donde el pH tiene tendencia a lo alcalino, lo cual según Sierra Ramírez (2011) se caracteriza por la presencia de sustancias básicas en el agua; principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (sustancias caracterizadas por el radical OH, por ejemplo, la soda cáustica NaOH), que en su mayoría resultan del drenaje de las aguas residuales domésticas o los detergentes

expuestos en las orillas de la laguna y la descomposición de materia orgánica. El aumento de los valores de la conductividad eléctrica está influenciado por la geología de la zona o por los procesos biológicos. En el artículo realizado por Brito et al. (2016) encontró diferencias significativas del parámetro potencial de hidrógeno ($p < 0,0001$), donde señaló que depende de la naturaleza del sustrato, los tipos de suelos de la cuenca de captación, la intensidad de los procesos biológicos como la fotosíntesis.

Por otro lado, la diferencia significativa del oxígeno disuelto se evidenció durante los dos últimos años, donde su concentración descendió, esto se debe posiblemente a la eutrofización como consecuencia de la contaminación antropogénica (actividades de agricultura, ganadería, inadecuado manejo de los residuos sólidos, drenaje de aguas residuales); pues el oxígeno formado durante el día, se consume en parte durante la noche, cuando las algas consumen oxígeno para su metabolismo, luego de la muerte de las algas la degradación de esta biomasa también consume oxígeno (DIGESA, s.f.). Respecto a la demanda bioquímica de Oxígeno, no se encontró diferencias significativas durante el análisis de los años (2015 2017 y 2018), lo que significa que las concentraciones en estos periodos no presentaron una variación notable.

Por otra parte, respecto a los coliformes termotolerantes solamente se presentó diferencia significativa en el análisis de los años 2015 y 2018; ya que para el año 2017 únicamente en el punto LPACA4 presentó concentraciones de coliformes, mientras que para el año 2015 no se evidencio la presencia de concentraciones de este parámetro, en ninguno de los puntos; sin embargo para el año 2018, la Laguna de Paca si presentó concentración de coliformes termotolerantes en todos los puntos de monitoreo, donde la concentración mayor fue en el punto LPACA4, este sitio está ubicado frente de los recreos y restaurantes turísticos presentes alrededor del recurso hídrico (ver Anexo 21), lo que evidencia la contaminación antropogénica que se origina en el lugar (OEFA,2013).

Se planteó como primer objetivo específico comparar los resultados de los parámetros físicos con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4, según la legislación vigente (D.S. 004-2017-MINAM). Según el MINAM (2017), los ECAs son legalmente 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.

En la presente investigación, los parámetros físicos (temperatura y sólidos totales en suspensión) no superan los ECA agua, puesto que el parámetro temperatura no sobrepasa el promedio mensual multianual del área evaluada, a pesar que durante el año 2015 se registraron los valores más altos; asimismo el parámetro sólidos totales en suspensión no superaron los límites de la norma, ya que las concentraciones se encuentran por debajo del ECA máximo (≤ 25 mg/L). Caso contrario ocurrió en el monitoreo participativo de la calidad del agua de la laguna de Huacachina – Ica, donde las concentraciones de sólidos suspendidos excedieron los ECA-Agua de la Categoría 4, lo que sería un indicador relacionado a la materia orgánica presente en el cuerpo de agua, a diferencia de la temperatura la cual si cumplió con los ECA.

Se planteó como segundo objetivo específico comparar los resultados de los parámetros químicos (potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y demanda química de oxígeno) con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4, según la legislación vigente (DS 004-2017-MINAM). Respecto al OD, conductividad eléctrica y DBO_5 , no superaron los ECA agua, ya que las concentraciones del primer parámetro están por encima del ECA mínimo (≥ 5 mg/L), los resultados de la conductividad eléctrica no superan el ECA máximo (1000 μ S/cm) y las concentraciones de la demanda química de oxígeno están por debajo del ECA máximo (5 mg/L). Caso contrario ocurrió en el monitoreo participativo de la calidad del agua de la laguna de Huacachina – Ica, ya que la demanda bioquímica de oxígeno

excedió los ECA - Agua de las categorías 1 y 4, concluyéndose que podría presentar materia orgánica que al degradarse propiciaría mayor consumo de oxígeno, pudiéndose eliminar la fauna acuática (ANA, 2015)

Sin embargo, el parámetro potencial de hidrógeno, para el año 2017 superó el ECA máximo (9) para agua categoría 4, en los puntos de monitoreo LPACA2, LPACA5 y LPACA6 (ver Anexo 21); presentando tendencia alcalina; lo cual se debe al drenaje de las aguas residuales, las actividades agrícolas y los detergentes expuestos en las orillas de la laguna. Por otro lado, Beltrán et al (2015), observó un incremento en los valores de pH, donde señaló que este aumento posiblemente se deba a la elevada actividad fotosintética de la zona. Asimismo, el OEFA (2013), en los resultados de su monitoreo en la Laguna de Paca, determinó que en la mayoría de puntos de monitoreo se caracterizaban por tener valores alcalinos, lo cual señaló que puede estar relacionado a procesos de descomposición de materia orgánica.

El tercer objetivo específico se planteó comparar los resultados de los parámetros biológicos (coliformes termotolerantes) con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4, según la legislación vigente (DS 004-2017-MINAM), donde la concentración de coliformes no superó el ECA máximo (1000 NMP/100ml), aunque para el último año (2018) de monitoreo exista la presencia de coliformes en pequeñas cantidades en los seis puntos de monitoreo, lo cual evidencia la contaminación con materia orgánica, caso contrario pasó durante el monitoreo participativo de la calidad del agua de la Laguna de Paca en el año 2013, donde la concentración de coliformes termotolerantes superó los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 4, específicamente en los puntos LP-7 y LP-8, ubicados frente a los restaurantes turísticos de la laguna (OEFA,2013).

Se planteó como cuarto objetivo específico formular un diseño para la conservación de La Laguna de Paca - Región Junín, 2020. Según Fernández Cirelli (2012), el deterioro de la calidad del agua, tanto dulce como salada, se debe principalmente a los vertidos incontrolados

de las aguas residuales urbanas e industriales, sin tratamiento y las prácticas agrícolas deficientes. En la investigación se identificó factores antropogénicos contaminantes en el cuerpo hídrico; tales como actividad ganadera, agrícola, turismo no planificado, vertimiento de aguas residuales no tratadas, inadecuado manejo de residuos sólidos entre otros; de los cuales la amenaza más significativa resulta ser el vertimiento de los afluentes domésticos, provenientes de los restaurantes turísticos ubicados alrededor de la laguna. Es por ello, que se propone un diseño de un sistema Ecoamigable para el tratamiento de estas Aguas Residuales Domésticas en la Laguna de Paca, Región Junín; adaptación del diseño propuesto por Huataquispe Vasquez (2019), en el Primer Simposio de Innovación y Desarrollo de Nuevas Tecnologías del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 30 y 31 de enero de 2019, el cual fue validado por un experto en el tema (ver Anexo 24).

El sistema ecoamigable consta del tratamiento preliminar (cámara de rejillas gruesas, cámara de rejillas finas y desarenador), el tratamiento primario (laguna con *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) y el tratamiento secundario (humedal artificial con *Schoenoplectus californicus* (totora) (ver Figura 8), donde se utilizará lagunas artificiales con las especies antes mencionadas, las cuales poseen propiedades de remoción de contaminantes y se adaptan a los climas alto andinos, por lo que no afecta su eficiencia, en el caso de la totora tiene un gran rango de adaptación; por ello es que constituyen las especies dominantes en lugares donde las condiciones restringen las posibilidades de desarrollo de otras, crece muy bien en medios acuáticos, como lagunas o zonas de inundación (Delgadillo et al, 2010). El jacinto de agua, puede vivir en aguas dulces tranquilas o de ligero movimiento, como zanjas, canales, presas, arroyos, ríos, lagunas y pantanos y es considerado como la maleza acuática (Coronel Castro, 2016).

La *Eichhornia crassipes*, es una planta acuática, perenne, vascular, flotante de clima cálido y frío, su destreza de crecimiento y adaptación le permite sobrevivir y extenderse en muchos lugares, puede duplicar su tamaño en diez días. Esta variedad se emplea para aguas residuales crudas, así como para efluentes primarios y secundarios; sus raíces soportan una masiva carga de microorganismos que descomponen y ayudan en la remoción de contaminantes del agua residual (Romero Rojas, 2010). Asimismo, según Martelo y Lara, (2012) señalan que esta especie, alcanza reducciones de DBO₅ en el orden de 95 %, y hasta 90,2 % para la DQO. Coronel Castro (2016), en su tesis determinó que la planta *Eichhornia crassipes* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales, con un porcentaje promedio de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 88,24%.

Por otro lado, las *Schoenoplectus californicus*, son plantas adaptadas a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente. Es decir, soportan una fuerte limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo (Arenas Rojas, 2018); asimismo, actúa como filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas (Valdés et al., 2005), asimilan directamente los nutrientes (en especial Nitrógeno y Fósforo) y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal (Cano, 2004); además del contenido de oxígeno en la zona radicular, las bacterias son favorecidas por exudados de las plantas en la misma zona (Soto et al., 1999). Asimismo, Romero y Ortiz (2020), en su investigación determinan que la *Schoenoplectus californicus* (Totora) tiene mayor eficiencia para la absorción y remoción de nutrientes en el tratamiento de agua residual doméstica, los cuales obtuvieron eficiencias del 94.5% de Turbidez, 97.2% de SST, 95.4% NA, 95.99% NT, 98.98% Aluminio, 51.06% de Bario, 93.39% de DBO₅ y DQO.

Asimismo, existen ventajas respecto la utilización de las lagunas artificiales, tales como: no requieren mayor área en comparación de sistemas convencionales es menor (Pérez,2009), tiene menor costo de Operación y Mantenimiento en comparación con los

tratamientos convencionales (Alarcón et al, 2018), no requiere de grandes estructuras de concreto (Pérez,2009), requieren poca o ninguna energía para operar (Llagas,2006), lo cual mejora la calidad de vida de los pobladores de que viven alrededor de La Laguna Paca, asimismo, generan beneficios ambientales en términos de vida silvestre, ampliación del hábitat y una oportunidad de educación ambiental del público (Pérez, 2009). No se necesitan profesionales especializados durante todo el manejo del sistema y no produce olores desagradables (más amigable para los usuarios y el medio ambiente), pueden estar cerca de las viviendas (Huataquispe Vasquez, 2019).

En esta investigación al comparar la variación de la calidad física, química y termotolerante del agua de La Laguna de Paca - Región Junín, 2020; se pudo determinar que existe una diferencia estadísticamente significativa de los parámetros (temperatura, sólidos totales en suspensión, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica), durante los años 2015, 2017 y 2018, con un nivel de confianza del 95%.

Se concluye que, los parámetros físicos (temperatura y sólidos totales en suspensión) cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental – Agua, categoría 4, según la legislación vigente (DS 004-2017-MINAM). Así también, los parámetros químicos (conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno) si cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental – Agua, categoría 4, según la legislación vigente (DS 004-2017-MINAM), a diferencia del parámetro potencial de hidrógeno, que en el año 2017 superó los ECA, en los puntos de monitoreo LPACA2, LPACA5 y LPACA6, presentando características alcalinas. En lo que respecta a los parámetros biológicos (coliformes termotolerantes) cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental – Agua, categoría 4, según la legislación vigente (DS 004-2017-MINAM).

Se diseñó un sistema ecoamigable para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, provenientes de los restaurantes en la Laguna de Paca, Región Junín como propuesta para la conservación del recurso hídrico, el cual fue validado por un experto en el tema de tratamiento de aguas residuales.

Por otro lado, se considera que el aporte que brinda esta investigación va a permitir sentar la base para futuras investigaciones, referentes a sistemas hídricos como lagos, lagunas, ríos, manantiales, etc. o seguir con la evaluación de la calidad del agua de La Laguna de Paca; para ello sería importante manejar diferentes datos y/o estudios, lo cual va a permitir evaluar si los parámetros fisicoquímicos y biológicos, cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua y permitir a la población acceder a este recurso hídrico sin correr riesgo alguno, ya sea para el uso recreacional, para riego, bebida de animales o para consumo humano, previo tratamiento.

Cabe mencionar que, durante la ejecución de esta investigación se encontraron algunas limitaciones, pues debido a la situación de emergencia que estamos atravesando no se pudo acceder a las publicaciones impresas de libros o monitoreos participativos de la Laguna de Paca, el tiempo tardó para la recopilación de la base de datos, la reducida data que se logró obtener; pues, se excluyó un monitoreo participativo del año 2016, ya que no tenía parámetros semejantes a los demás años y finalmente poder visitar el recurso hídrico, ya que hubiese sido de gran apoyo el observar la situación actual de la Laguna de Paca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Peruana de Noticias (29 de agosto de 2013). OEFA detecta contaminación de aguas de la laguna de Paca, en Junín. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-oefa-detecta-contaminacion-aguas-de-laguna-paca-junin-472358.aspx>
- Aguiar, M., Batista, W., Ghersa, C., Kaufman, León, R., Mella, A., Oesterheld, M., Paruelo, J. y Perelman, S. (2006). Introducción a la Ecología. En M. Van. (Ed.), *Fundamentos de Ecología*. (pp. 17-27). Buenos Aires, Argentina: Editorial Facultad de Agronomía. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=9gkrr74APykC&printsec=frontcover&dq=la+ecologia+libros&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=snippet&q=ecosistema%20es&f=false
- Alarcón, M., Zurita, F., Lara, J. y Vidal, G. (2018). Humedales de Tratamiento: Alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina. Recuperado de <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2018/06/humedales-de-tratamiento-alternativa-de-saneamiento-de-aguas-residuales-aplicables-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf>
- Alva, J. (2018). Determinación de la Calidad del Agua de La Laguna Azul de Sauce para su uso según Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) (*Tesis para optar el título profesional*). Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2891/AMBIENTAL%20-%20Luis%20Junior%20Alva%20Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amado, J., Pérez, A., Ramírez, C. y Alarcón, J. (2016). Análisis de la calidad del agua en las Lagunas de Bustillos y de los mexicanos (Chihuahua, México). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/407/40749621009.pdf>

- Aquino, P. (2017). Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. Lima: DAR, 2017. 136 pp. Recuperado de https://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/176_aguasresiduales.pdf
- Arenas, A. (2018). Uso de la totora en planta de tratamiento de aguas residuales. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/22630>
- Arias, J., Villasís, M. y Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Armenteras, D., González, T.M., Vergara, L.K., Luque, F.J., Rodríguez, N., Bonilla, M.A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25(1), 83-89. Doi: 10.7818/ECOS.2016.25-1.12
- Arnau, J. y Bono, R. (2008). Estudios Longitudinales. Modelos de Diseño y Análisis. Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona, 2(1), 32-41. Recuperado de <https://scielo.isciii.es/pdf/ep/v2n1/original3.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua (2015). Informe del segundo monitoreo participativo de la calidad del agua de la laguna de Huacachina – Ica. Recuperado de: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2077>
- Autoridad Nacional del Agua (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Recuperado de <http://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
- Autoridad Nacional del Agua (sin fecha). El agua en cifras. Recuperado de <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

- Barboza, M (s.f). Guía Para el desarrollo de una Investigación Descriptiva. Universidad Privada del Norte.
- Behar, D. (2008). Metodología de la Investigación. Recuperado de <http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>
- Beltrán, D., Palomino, R., Moreno, E., Peralta, C. y Montesinos, D. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana de Bibliografía* 22(3). Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332015000300010&lng=en&tlng=en
- Brito, D., Rivero, J., Guevara, M., Vásquez, F., Díaz, B. y Gil, J. (2016). Análisis fisicoquímico y microbiológico de la Laguna Grande, Parroquia La Pica, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela* 28 (3). 502-510. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/bdc9/2416805f01da04b7d9a21bd7d4675f106cf3.pdf>
- Brutti, L. Beltrán, M. y García, I. (2018). Biorremediación de los Recursos Naturales. Recuperado de <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/4027>
- Cano, L. (2004). Nelson Antequera.
- Chacón, M. (2017). Análisis físico y químico de la calidad del agua. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/reader.action?docID=5634929&query=Calidad+del+agua>
- Chahua, R. (2017). *Propiedades del agua: físicas, químicas y biológicas*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abas del Cusco.
- Cordy, G. (2014). Una cartilla sobre la calidad del Agua. *Science for a changing world*. Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/>

- Coronel, E. (2016). Eficiencia del jacinto de agua (*Eicchornia crassipes*) y Lenteja de Agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – Chachapoyas, 2015. Recuperado de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Custodio, M., Chanamé, F. y Bulege, W. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Cunas índices fisicoquímicos y biológicos, Junín – Perú. *Prospectiva Universitaria* 10(1). 13-16. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/320749394_Evaluacion_de_la_calidad_del_agua_del_rio_Cunas_indices_fisicoquimicos_y_biologicos_Junin_-_Peru
- D’Ambrosio, M., Elordi, M., Buffone, B., Balbi, K., Porta, A., Andrinolo, A. y Cano, C. (2017). Evaluación de la calidad del agua de la Laguna de Los Patos, Ensenada, mediante índices de calidad y de contaminación. *Facultad de Ciencias Exactas*. Recuperado de http://www.edutecne.utn.edu.ar/prodeca-proimca/actas-prodeca-2017/DCA42_Evaluacion-de-la-Calidad.pdf
- Dávila, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. Caracas- Venezuela. *Laurus*, 12(núm. Ext), 180-205. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. y Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
- Dirección General de Salud Ambiental. (s.f.). Parámetros Organolépticos. Grupo de Estudio Técnico Ambiental. Recuperado de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

El peruano (2020). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen

Disposiciones Complementarias. Recuperado de

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>

Fernández, A. (2012). El agua: Un recurso esencial. *Revista Química Viva*. 11 (3), 147-170.

Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Fernández, D. (2019). Ecología. México, México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Galeano, L. y Rojas, V. (2016). Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua

residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez -

Santander. Recuperado de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISE%20C3%91O%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>

García, M., Darío, F., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., Vargas, O.,

Panizzo, L., Sánchez, N., Gómez, J. y Cortez, G. (s.f). El Agua. Recuperado de

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>

Gómez, C. (s.f). El desarrollo sostenible: conceptos básicos, alcance y criterios para su

evaluación. Recuperado de

<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>

Guerrero, M. (2006). El Agua. México, México: FCF, SEP, CONAC y T.

Hermes, I., Cabello, P. y Reyes, J. (2013). Campaña de cambio social para incrementar la

conciencia ambiental sobre la contaminación de las aguas en el Consejo Popular No.14,

Puerto Padre. Recuperado de [https://www.eumed.net/libros-](https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1304/1304.pdf)

[gratis/2013a/1304/1304.pdf](https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1304/1304.pdf)

- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Higa, L., Lentini, E., Regueira, J., Tobías, M. y Lopardo, R. (2019). Sobre el tema de calidad de agua en las Américas: Argentina. Recuperado de <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>
- Huamán, S., Lucen, M., Paredes, M. y Changanaqui, D. (2020). Evaluación de la calidad del agua de la laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú). *South*
- Huataquispe, M. (2019). Primer Simposio de Innovación y Desarrollo de Nuevas Tecnologías del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 30 y 31 de enero de 2019. Recuperado de <https://dgadt.vivienda.gob.pe/Uploads/Simposio/planta-de-tratamiento-de-agua-residual-ecoamigable.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). Resultados Definitivo- Junín. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1576/12TOMO_01.pdf
- Llagas, W. y Guadalupe, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Recuperado de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a11.pdf
- Mariano, M. Huamán, P., Mayta, E., Montoya, H. y Chanco, M. (2010). Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú. *Rev. Peru. biol.* 17(1), 137–140. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v17n1/a18v17n1.pdf>
- Martelo, J. y Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). Norma técnica de edificación

S.090 plantas de tratamiento de aguas residuales. Recuperado de https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf

Ministerio del ambiente (2012). Política Nacional de Educación Ambiental. Recuperado de

https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/politica_nacional_educacion_ambiental_amigable_11.pdf

Ministerio del Ambiente (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 3: Agua

y alimento. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>

Ministerio del Ambiente (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Recuperado: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-di>

Ministerio del Ambiente (2021). Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y Municipales para su Reúso. XIV Curso Virtual de Capacitación.

Miranda, L. (2019). “Hotel turístico recreacional con arquitectura bioclimática, en la ciudad de Jauja” [Tesis para optar el título profesional de arquitecto]. Archivo Digital.

<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2577>

Moscoso, S. (2020). Diseño de un libro ilustrado que promueva el cuidado del agua en los estudiantes de octavo de básica del colegio Johannes Kepler en el año 2020. Recuperado

de <https://www.dspace.cordillera.edu.ec/bitstream/123456789/5608/1/28-DGR-19-20-1712219698%c2%a0.pdf>

- Murgueitio, E., Powney, E., y Ortega, M. (2015). Caracterización fisicoquímica de las aguas de la laguna de Mapaguña, provincia de Chimborazo. *Armadas-ESPE, Sangolquí, Ecuador*. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9701/1/AC-GMA-ESPE-048158.pdf>
- North California Public Health. (septiembre de 2009). Hoja informativa sobre el agua de pozos. Las bacterias coliformes.
- Ordóñez, C. y López, L. (2019). Determinación del índice de calidad del agua en la laguna de Colta mediante la valoración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18202>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2013). Evaluación de la Calidad del Agua en la Laguna Paca. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/163845071/Laguna-de-Paca-OEFA-detecta-contaminacion-de-aguas-por-restaurantes-turisticos-asentados-Agosto-2013>
- Organización de las Naciones Unidas (2014). Calidad del Agua. Recuperado de <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Organización Mundial de la Salud (14 de junio de 2019). Agua. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable. Recuperado de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Organización Mundial de la Salud (2020). *Escherichia Coli*. Recuperado de https://www.who.int/topics/escherichia_coli_infections/es/

- Pérez, M. (2009). Selección de plantas acuáticas para establecer humedales en el estado de Durango [Tesis que como Requisito para obtener el Grado de Doctor en Ciencia y Tecnología Ambiental]. Archivo Digital.
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/598/1/Tesis%20Ma.%20Elena%20P%C3%A9rez%20L%C3%B3pez.pdf>
- Pimienta, J. y De la Orden, A. (2017). Metodología de la Investigación. Pearson Educación. Recuperado de <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1268>
- Pineda, A., Cortez, A., Argüelles, F., Hernández, A., Cruz, A., Romero, J. y Romero, Y. (2019). Calidad microbiológica de la laguna “La Encantada”, Santa María – 2018. *Big Bang Faustiniiano*, 8(1), 49-52. Recuperado de <http://200.48.129.168/index.php/BIGBANG/article/view/513>
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. Paris, UNESCO. Recuperado de <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Quiñónez, J. (2019). Calidad del Agua en las Américas: El Salvador. Recuperado de <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>
- Ramalho, R. (2003). Tratamiento de Aguas Residuales. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_vpt_read#v=onepage&q&f=false
- Rigola, M. (1999). Tratamiento de aguas industriales; aguas de proceso y residuales (1a. ed.). México: Alfaomega.
- Romero, J. (2010). Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de Diseño (3ra Edición). Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Romero, N. y Ortiz, R. (2020). Evaluación de la eficiencia de las plantas acuáticas totora y carrizo en la absorción y remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domesticas del distrito Namora – Cajamarca, 2020 [Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos] Archivo Digital. http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/1634/Chugden%20Romero%20Narda%20Mirela_Verastegui%20Ortiz%20Roc%20C3%ADo%20Mardel.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Rondón, J. (30 de julio de 2012). La contaminación del agua [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://johannarondon84.blogspot.com/2012/07/definicion-de-la-contaminacion-delagua.html>
- Sierra, C A. (2011). Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. Colombia: Ediciones de la U.
- Soto, F. et al. (1999). “Role of Scirpus lacustris in bacterial and nutrient removal from wastewater” en Water Science Technology, 40(3), pp. 241-247.
- Toro, I. y Parra, R. (2006). Método y Conocimiento de la Metodología de la Investigación. Fondo Editorial Universidad EAFIT. Medellín – Colombia. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4YkHGjEjy0C&oi=fnd&pg=PA275&dq=LA+INVESTIGACION+CUANTITATIVA&ots=FEEvy76MiZ&sig=ZBM42ezJ9BcMFC3vZmdodvi9XDI#v=snippet&q=poblacion&f=false>
- Valdés, I., Curt, M. y Fernández, J. (2005). “Tolerancia de Phragmites y Typha a la contaminación del agua” en Memoria del Encuentro Internacional en Fitodepuración, Lorca.

Zhen, B. (2009). Calidad Físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la Quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad%20f%C3%ADsicoqu%C3%ADmica%20y%20bateriol%C3%B3gica%20del%20agua%20para%20consumo%20humano%20de%20la%20microcuenca.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de Consistencia

TÍTULO: “Calidad física, química y coliformes termotolerantes del agua de La Laguna de Paca- Región Junín 2020.”					
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿Cuál es la variación de la calidad física, química y termotolerante del agua de La Laguna de Paca- Región Junín, 2020?	-	<p>General: Comparar la variación de la calidad física, química y coliformes termotolerantes del agua de La Laguna de Paca-Región Junín, 2020 teniendo como base de datos resultados de la Autoridad Nacional del Agua.</p> <hr/> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparar los resultados de los parámetros físicos con los Estándares de Calidad Ambiental para agua según la legislación vigente D.S. 004-2017-MINAM. • Comparar los resultados de los parámetros químicos con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, según la legislación vigente D.S. 004-2017-MINAM. • Comparar los resultados de los parámetros biológicos con los Estándares de Calidad Ambiental para agua, según la legislación vigente D.S. 004-2017-MINAM. • Formular un diseño para la conservación de la Laguna de Paca. 	<p>Variable 1: Calidad del agua</p>	<p>Tipo de investigación: Descriptiva</p> <p>Diseño: No experimental – longitudinal.</p> <p>Técnica: Registro de datos.</p> <p>Instrumento: Base de datos comparativa.</p> <p>Método de análisis de datos: Análisis de Varianza, Comparación de medias Duncan, empleando el programa Estadístico Spss versión 22.</p>	<p>Población: Registro de datos de monitores participativos de la Autoridad Nacional del Agua en La Laguna de Paca-Región Junín.</p> <p>Muestra: Registro de datos de monitoreos de La Autoridad Nacional del Agua en La Laguna de Paca-Región Junín, durante los años 2015, 2017 y 2018.</p>

ANEXO 2. Matriz de Operalización de Variables

TÍTULO: “Calidad física, química y coliformes termotolerantes del agua de La Laguna de Paca- Región Junín 2020.”

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad del agua	Está definida por su composición química y por sus características físicas y biológicas, adquiridas a través de los diferentes procesos naturales y antropogénicos (García, Darío, Marín, Guzmán, Verdugo, Domínguez, Vargas, Panizzo, Sánchez, Gómez y Cortez, s.f., p.151).	Puede considerarse como una medida de la idoneidad del agua para un uso particular basado en características físicas, químicas y biológicas seleccionadas. Para determinar la calidad del agua, los científicos primero miden y analizan las características del agua, como la temperatura, el contenido mineral disuelto y la cantidad de bacterias. Las características seleccionadas se comparan con los estándares numéricos y las pautas para decidir si el agua es adecuada para un uso particular (Cordy, 2014, parr. 2).	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físicos • Parámetros químicos • Parámetro microbiológico 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura • Sólidos totales en suspensión • Conductividad eléctrica • Demanda bioquímica de oxígeno • Oxígeno disuelto • Coliformes termotolerantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervalo

ANEXO 3. Matriz de Instrumento

TÍTULO: “Calidad física, química y coliformes termotolerantes del agua de La Laguna de Paca- Región Junín 2020.”				
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	ITEMS
Calidad del agua	Calidad física del agua de La Laguna de Paca-Región Junín.	Temperatura	Ficha de registro de datos	¿El instrumento de recolección de datos presenta el diseño adecuado?
		Sólidos totales en suspensión	Ficha de registro de datos	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?
	Calidad química del agua de La Laguna de Paca-Región Junín.	pH	Ficha de registro de datos	¿En el instrumento de recolección de datos menciona a la variable de estudio?
		Conductividad eléctrica	Ficha de registro de datos	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?
		Demanda bioquímica de oxígeno	Ficha de registro de datos	¿Cada uno de los indicadores del instrumento de recolección de datos se relaciona con cada uno de los parámetros analizados en la base de datos?
		Oxígeno disuelto	Ficha de registro de datos	¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis de la calidad física, química y coliformes termotolerantes de la base de datos?
	Coliformes termotolerantes del agua de La Laguna de Paca-Región Junín.	Coliformes termotolerantes	Ficha de registro de datos	¿El instrumento de recolección de datos es claro, preciso y sencillo para el análisis de los parámetros físicos, químicos y coliformes termotolerantes de la base de datos?

ANEXO 4. Instrumento de Recolección de Datos de los monitoreos participativos de la Autoridad Nacional del Agua, en la Laguna de Paca, Región Junín.

N°	TÍTULO DEL MONITOREO	AUTOR	AÑO	LUGAR	MONITOREO					DESCARTE E INCLUSIÓN
					OBJETIVO	MÉTODO	PARAMETROS EVALUADOS	RESULTADOS	CONCLUSIÓN	
01	PRIMER MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN LA LAGUNA DE PACA - JAUJA	AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA	2015	Laguna de Paca, región Junín	Realizar el monitoreo de la calidad del agua superficial de la Laguna de Paca, con la finalidad de evaluar la calidad del agua, como base técnica para promover la implementación de estrategias orientadas a la Recuperación y protección del Recurso Hídrico	Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 y su Reglamento, D.S N° 001-2010-AG.	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos	El parámetro potencial de Hidrogeno supera los Estándares de Calidad Ambiental	El pH que afecta la calidad del agua de la laguna de Paca, se manifiesta en cuatro de los seis puntos con valores ligeramente superiores al máximo permitido en el ECA para el agua de la categoría 4, en los puntos LPaca3, LPaca4, LPaca5 y LPaca6, que están ubicados en el contorno interior de la laguna con excepción del punto LPaca2.	INCLUSIÓN
02	RESULTADOS DEL MONITOREO HIDROBIOLÓGICO EN LA LAGUNA DE PACA - JAUJA.	AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA	2016	LAGUNA DE PACA, REGIÓN JUNÍN	Evaluar el parámetro hidrobiológico de Fitoplancton en la Laguna de Paca, con la finalidad de determinar floraciones algales en curso y proceso de eutrofización en la laguna de Paca.	Seguimiento del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.	Parámetros de campo e hidrobiológicos	Se evaluaron los parámetros (pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y análisis Fitoplancton)	Los resultados de los parámetros de campo e hidrobiológicos se encuentran dentro de los permisibles de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua	DESCARTE
03	RESULTADOS DEL MONITOREO	AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA	2017	LAGUNA DE PACA,	Realizar el monitoreo de la calidad de agua superficial en la	Seguimiento del Protocolo Nacional para	Parámetros físicos, químicos y	Se evaluaron todos los parámetros, físicos, químicos y	Solo se registró que el parámetro nitrógeno su concentración y/o valor	INCLUSIÓN

	DE LA CALIDAD SUPERFICIAL EN LA LAGUNA DE PACA – JAUJA, JUNÍN, NOVIEMBRE -2017.			REGIÓN JUNÍN	Laguna de Paca, con la finalidad de evaluar la calidad del cuerpo natural de agua superficial en los puntos de monitoreo, como base para promover estrategias orientadas a la recuperación y protección de la calidad de los recursos hídricos.	el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.	microbiológicos	microbiológicos, donde el nitrógeno total superó los estándares de calidad ambiental para agua.	exceden los ECAs, Agua, en los puntos de monitoreo LPACA2 y LPACA 3.	
04	RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD SUPERFICIAL EN LA LAGUNA DE PACA – JAUJA, JUNÍN, NOVIEMBRE -2018.	AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA	2018	LAGUNA DE PACA, REGIÓN JUNÍN	Realizar el monitoreo de la calidad de agua superficial en la Laguna de Paca, con la finalidad de evaluar la calidad del cuerpo natural de agua superficial en los puntos de monitoreo, como base para promover estrategias orientadas a la recuperación y protección de la calidad de los recursos hídricos.	Seguimiento del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos	Se evaluaron todos los parámetros, físicos, químicos y microbiológicos, donde el parámetro Clorofila A, supero los ECAs, agua.	Se registró que el parámetro clorofilo A su concentración y/o valor exceden los ECAs, agua, en los puntos de monitoreo LPACA1, LPACA2, LPACA3, LPACA4 y LPACA5, indicador de presencia de microalgas	INCLUSIÓN

Firma del experto validando el instrumento a emplear en la recolección de información

ANEXO 5. Ficha de registro de información de los monitoreos participativos realizados en los años 2015, 2017 y 2018.

Parámetros		Puntos de monitoreo	Unidad	Año de monitoreo	ECA (agua)	LPACA1	LPACA2	LPACA3	LPACA4	LPACA5	LPACA 6
Físicos	Potencial de hidrógeno		-		Estándares de Calidad Ambiental-DS 004-2017-MINAM						
	Temperatura		°C		Estándares de Calidad Ambiental-DS 004-2017-MINAM						
	Sólidos totales en suspensión		mg/L		Estándares de Calidad Ambiental-DS 004-2017-MINAM						
Químicos	Conductividad eléctrica		(S/m)		Estándares de Calidad Ambiental-DS 004-2017-MINAM						
	Demanda Bioquímica de Oxígeno		Mg O ₂ /L		Estándares de Calidad Ambiental-DS 004-2017-MINAM						
	Oxígeno Disuelto		ml/L		Estándares de Calidad Ambiental-DS 004-2017-MINAM						
Microbiológico	Coliformes termotolerantes		NMP/100ml		Estándares de Calidad Ambiental-DS 004-2017-MINAM						

Firma del experto validando el instrumento a emplear en la recolección de información

ANEXO 6. Registro de Identificación de Puntos de Monitoreo.

Estación de Muestreo	Responsable del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo

ANEXO 7. Controles de calidad requeridos en el proceso de muestreo

Tipo de Control	Contaminación Evaluada
Blanco de viaje (B)	Contaminación durante el transporte
Blanco de campo (C)	Contaminación en alguna parte del monitoreo
Blanco de frascos (D)	Contaminación en los frascos
Blanco de equipos (E)	Contaminación cruzada por lavado deficiente de los equipos de recolección
Duplicado de campo	Precisión y repetitividad
Matrices adicionales	Estimación del error total sistemático del procedimiento de muestreo, particularmente debido a la inestabilidad de la muestra

ANEXO 8. Registro de datos de campo

Registro de Datos de Campo

CUENCA: _____
AAA/ALA: _____

REALIZADO POR: _____
RESPONSABLE: _____

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas 1		Altura msnm	Fecha	Hora	Ph	T °c	OD mg/L	COND uS/cm	Caudal /2 profundidad m3/s o m	Observaciones 3
						Norte/Sur	Este/Oeste									

1 las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos estándares geodésicos WGS84.

2 para el caso de cuerpo lóxico, indicar el caudal. Para el caso de cuerpo léntico o marino-costero, indicar la profundidad.

3 las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

Firma del responsable del Monitoreo

ANEXO 9. Etiqueta para Muestra de Agua

Etiqueta para Muestra de Agua

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

ANEXO 11. Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
1.- Químico-Físico			
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente in situ.	Inmediatamente
	Botellas de vidrio Winkler	Fijar el oxígeno. Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	4 días
Potencial de Hidrógeno	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente in situ.	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente in situ.	Inmediatamente
Conductividad Eléctrica	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente in situ.	24 horas
Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días	Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
	Plástico	Congelar por debajo de - 18°C. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C +- 3°C	7 días
Sólidos suspendidos totales	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C +- 3°C	2 días
2.- Microbiológicos			
Coliformes termotolerantes	Vidrio estéril	Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. Almacenar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$ y en oscuridad	24 horas

ANEXO 12. Entrega de Información por parte de la Autoridad Nacional del Agua.

Entrega de información solicitada (CUT N°CUT N° 66003-2020) KAREN AGUIRRE HORNA

Acceso la Información Pública <transparencia@ana.gob.pe>
Para: karen aguirre horna <aguirrehornakaren@gmail.com>

2 de Julio de 2020, 9:00

Acceso la Información Pública ha compartido archivos de OneDrive para la Empresa con usted. Para verlos, haga clic en los vínculos siguientes.

 2015_IT N° 033-2016-ANA-DGRH LAGUNA PACA.pdf  2016_IT 06-2017-ANA-AAA MAN-SDGRH (1er. Hidrobiológico-PACA).pdf  2017_IT N° 007-2017-ANA-AAA\MANTARO_AT_CECHEM(2).pdf  2018_IT N° 055-2019_MINAGRI_AAA\MANTARO_AT_CECHEM(1).pdf

San Isidro, 02 de Julio 2020

Señorita
Karen Aguirre Horna
aguirrehornakaren@gmail.com
Pasaje Pesquera M2 L1 17
Trujillo - La Libertad -

Asunto : Entrega de información solicitada

Referencia : Correo electrónico registrado el 22/06/2020

Tengo el agrado de dirigirme a usted en atención al documento de la referencia, mediante el cual solicitó información de acceso público. Al respecto, remito por este medio, vía archivo(s) adjunto(s) pdf la información solicitada, brindada por la Dirección de Calidad y Evolución de los Recursos Hídricos y en el siguiente link:

Enlace de descarga:
<https://wetransfer.com/downloads/e8d38accef5a8695ea757ee8475b0cc320200701225903/3d2b8f>

Es propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi consideración.

Atentamente

Juana Escobar Samamé
Responsable de entregar información de
Acceso Público de la Sede Central
Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública
D: Calle Diecisiete N° 355, Urb. El Palomar, San Isidro – Lima, Perú
T: (+51) 774 4798 anexo 1380 email: transparencia@ana.gob.pe

 **PERÚ** Ministerio de Agricultura y Riego  **ANA**
Autoridad Nacional del Agua

ANEXO 13. Resumen estadístico del potencial de hidrógeno

Indicadores estadísticos	pH (2015)	pH (2017)	pH (2018)
Recuento	6	6	6
Promedio	8.6	8.97333	8.70167
Desviación Estándar	0.0894427	0.0871015	0.0411906
Coefficiente de Variación	1.04003%	0.97067%	0.473365%
Mínimo	8.5	8.84	8.64
Máximo	8.7	9.06	8.76
Rango	0.2	0.22	0.12
Sesgo Estandarizado	0	-0.732535	-0.100639
Curtosis Estandarizada	-0.9375	-0.463131	0.14619

Nota: Esta tabla contiene el resumen estadístico para los datos de pH para los años 2015 y 2017. Asimismo, la tabla nos muestra que tanto el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran dentro del rango -2 a +2, lo que significa que no se tendrá que invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar, ya que no indican desviaciones significativas de la normalidad.

ANEXO 14. Resumen estadístico del oxígeno disuelto

Indicadores estadísticos	Oxígeno Disuelto (2015)	Oxígeno Disuelto (2018)	Oxígeno Disuelto (2017)
Recuento	6	6	6
Promedio	6.9	6.12833	7.1
Desviación Estándar	1.2522	0.251985	0.141421
Coefficiente de Variación	18.1478%	4.11181%	1.99185%
Mínimo	5.0	5.86	6.9
Máximo	8.6	6.58	7.3
Rango	3.6	0.72	0.4
Sesgo Estandarizado	-0.365785	1.31549	0
Curtosis Estandarizada	0.0346779	0.987461	-0.15

Nota: Esta tabla contiene el resumen estadístico para los datos de oxígeno disuelto para los años 2015 y 2017. Asimismo, la tabla nos muestra que tanto el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran dentro del rango -2 a +2, lo que significa que no se tendrá que invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar, ya que no indican desviaciones significativas de la normalidad.

ANEXO 15. Resumen estadístico de la temperatura

Indicadores estadísticos	<i>Temperatura (2015)</i>	<i>Temperatura (2017)</i>	<i>Temperatura (2018)</i>
Recuento	6	6	6
Promedio	20.7167	18.9833	18.4817
Desviación Estándar	0.503653	0.491596	0.386079
Coficiente de Variación	2.43115%	2.58962%	2.08898%
Mínimo	19.9	18.2	17.9
Máximo	21.3	19.6	19.07
Rango	1.4	1.4	1.17
Sesgo Estandarizado	-0.752452	-0.546847	0.028091
Curtosis Estandarizada	0.0969487	0.0850702	0.583293

Nota: Esta tabla contiene el resumen estadístico para los datos de temperatura para los años 2015 y 2017. Asimismo, la tabla nos muestra que tanto el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran dentro del rango -2 a +2, lo que significa que no se tendrá que invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar, ya que no indican desviaciones significativas de la normalidad

ANEXO 16. Resumen estadístico de la conductividad eléctrica

Indicadores estadísticos	<i>Conductividad eléctrica (2015)</i>	<i>Conductividad eléctrica (2017)</i>	<i>Conductividad eléctrica (2018)</i>
Recuento	6	6	6
Promedio	273.9	286.2	303.167
Desviación Estándar	0.867179	2.498	1.81952
Coficiente de Variación	0.316604%	0.872816%	0.600173%
Mínimo	272.5	283.0	300.7
Máximo	274.7	290.0	306.1
Rango	2.2	7.0	5.4
Sesgo Estandarizado	-0.861193	0.24943	0.488437
Curtosis Estandarizada	-0.144296	-0.0849359	0.466167

Nota: Esta tabla contiene el resumen estadístico para los datos de conductividad eléctrica para los años 2015 y 2017. Asimismo, la tabla nos muestra que tanto el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran dentro del rango -2 a +2, lo que significa que no se tendrá que invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar, ya que no indican desviaciones significativas de la normalidad.

ANEXO 17. Resumen estadístico de la demanda bioquímica de oxígeno

Indicadores estadísticos	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (2015)</i>	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (2017)</i>	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (2018)</i>
Recuento	6	6	6
Promedio	2.33333	1.16667	2.0
Desviación Estándar	1.8619	1.32916	0
Coefficiente de Variación	79.7957%	113.928%	0%
Mínimo	0	0	2.0
Máximo	4.0	3.0	2.0
Rango	4.0	3.0	0
Sesgo Estandarizado	-0.723001	0.326494	
Curtosis Estandarizada	-0.9375	-1.12674	

Nota: Esta tabla contiene el resumen estadístico para los datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno para los años 2015 y 2017. Asimismo, la tabla nos muestra que tanto el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran dentro del rango -2 a +2, lo que significa que no se tendrá que invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar, ya que no indican desviaciones significativas de la normalidad

ANEXO 18. Resumen estadístico de los sólidos totales en suspensión

Indicadores estadísticos	<i>Sólidos totales en Suspensión (2015)</i>	<i>Sólidos totales en Suspensión (2017)</i>	<i>Sólidos totales en Suspensión (2018)</i>
Recuento	6	6	6
Promedio	0	3.83333	3.0
Desviación Estándar	0	0.983192	0.894427
Coefficiente de Variación		25.6485%	29.8142%
Mínimo	0	3.0	2.0
Máximo	0	5.0	4.0
Rango	0	2.0	2.0
Sesgo Estandarizado		0.455939	0
Curtosis Estandarizada		-1.19501	-0.9375

Nota: Esta tabla contiene el resumen estadístico para los datos de Sólidos Totales en Suspensión para los años 2015 y 2017. Asimismo, la tabla nos muestra que tanto el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada para la muestra de sólidos totales en suspensión (2017) se encuentran dentro del rango -2 a +2, lo que significa que no se tendrá que invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar, ya que no indican desviaciones significativas de la normalidad.

ANEXO 19. Resumen estadístico de los coliformes termotolerantes

Indicadores estadísticos	<i>Coliformes termotolerantes (2015)</i>	<i>Coliformes termotolerantes (2017)</i>	<i>Coliformes Termotolerantes (2018)</i>
Recuento	6	6	6
Promedio	0	13.1667	1.83333
Desviación Estándar	0	32.2516	0.0816497
Coefficiente de Variación		244.949%	4.45362%
Mínimo	0	0	1.8
Máximo	0	79.0	2.0
Rango	0	79.0	0.2
Sesgo Estandarizado		2.44949	2.44949
Curtosis Estandarizada		3.0	3.0

Nota: Esta tabla contiene el resumen estadístico para los datos de Coliformes termotolerantes para los años 2015 y 2018. Asimismo, la tabla nos muestra que tanto el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada para la muestra de coliformes termotolerantes (2017) se encuentran dentro del rango -2 a +2, lo que significa que no se tendrá que invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar, ya que no indican desviaciones significativas de la normalidad.

ANEXO 20. Red de puntos de monitoreo de calidad de aguas superficiales de la laguna de Paca-Junín.

Nº	Código	Descripción	Coordenadas UTM (WGS 84)	
			Norte	Este
1	LPACA1	Zona Sur este de la Laguna de Paca	8702821	445196
2	LPACA2	Zona centro de la Laguna de Paca	8703411	444645
3	LPACA3	Oeste sur de la laguna, ámbito de recreos turísticos (norte)	8702726	444355
4	LPACA4	Oeste sur de la laguna, ámbito de recreos turísticos (sur)	8702231	444566
5	LPACA5	Zona norte este de la Laguna de Paca	8704156	444125
6	LPACA6	Zona norte este de la Laguna de Paca.	8704662	444785

ANEXO 21. Puntos de monitoreo de La Laguna de Paca, región Junín.



ANEXO 22. Estándares de Calidad Ambiental para agua, según la categoría 4- Ministerio del Ambiente.

Parámetros	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático E1: Lagunas y lagos	Unidad de medida
PH	6.5-9	
Oxígeno disuelto	≥ 5	mg/L
Temperatura	$\Delta 3$	$^{\circ}\text{C}$
Conductividad eléctrica	1000	$\mu\text{S/cm}$
Demanda bioquímica de oxígeno	5	mg/L
Sólidos totales en suspensión	≤ 25	mg/L
Coliformes termotolerantes	1000	NMP/100 ml

ANEXO 23. Propuesta: Diseño de un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas en la Laguna de Paca, Región Junín.

En los resultados de los monitores participativos ejecutados por la Autoridad Nacional del Agua, se puede apreciar una variación en los valores de los parámetros evaluados, los cuales han aumentado durante los últimos años. Una de las fuentes de contaminación, son los restaurantes y hoteles ubicados en el extremo sur de la laguna, que vierten sus aguas residuales y desperdicios al recurso hídrico. Por ello, se plantea diseñar un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Laguna de Paca, siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones, donde se ha realizado una adaptación del Diseño propuesto por Huataquispe Vasquez (2019), en el Primer Simposio de Innovación y Desarrollo de Nuevas Tecnologías del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 30 y 31 de enero de 2019.

En este diseño se empleará humedales artificiales; los cuales son sistemas acuáticos, donde se utilizan plantas acuáticas y semiacuáticas para el tratamiento de aguas residuales, estos pueden ser de superficie libre de agua, es decir con espejo de agua; o de flujo subsuperficial sin espejo de agua, mayormente se han utilizado en el tratamiento de aguas residuales municipales, para tratamiento secundario y avanzado (Romero Rojas,2010), el empleo de estas infraestructura tiene por objeto reducir en forma económica la concentración de contaminantes. Este sistema constará del tratamiento preliminar, el tratamiento primario y el tratamiento secundario, pues el efluente tratado será vertido nuevamente a la laguna de Paca, siempre y cuando cumplan los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Por otro lado, para poder implementar esta propuesta se deberá tener en cuenta un conjunto de datos, tales como: la población, los caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales. Los parámetros que usualmente determinan la base del diseño son: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos en Suspensión, Coliformes Termotolerantes y los Nutrientes (Ministerio de Vivienda, 2009). Esta propuesta se realiza con el propósito de evitar la contaminación físico-química y biológica del cuerpo receptor en mención y así evitar el daño de esta fuente destinada a la recreación y al esparcimiento.

Perfil de la propuesta

1. Alcance.

Diseñar un sistema de tratamiento ecoamigable de aguas residuales domésticas, en el extremo sur (zona comercial) de la Laguna de Paca, en un tiempo estimado de seis meses, empleando humedales artificiales, donde se logre la remoción de carga contaminante y utilizando la recopilación de información sobre el proceso y funcionamiento del sistema.

2. Objetivo.

Proponer el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas para reducir la contaminación de La Laguna de Paca.

3. Tiempo de ejecución.

El tiempo de ejecución es de seis meses.

4. Ubicación Geográfica

La Laguna de Paca está ubicada dentro de los distritos de Pacan, Paca y San Pedro de Chucan a 2.5 Km al Norte de la ciudad de Jauja, departamento de Junín, presenta una extensión de 21.40 km² y tiene una capacidad de 85.50 mil m³. El sistema estará ubicado al extremo sur de la Laguna de Paca.

Imagen N° 1

Ubicación de los restaurantes y hoteles.



Imagen N° 2

Ubicación del sistema de tratamiento de aguas residuales.



5. Criterios Climáticos de la Laguna de Paca

- **Temperatura**

La temperatura consiste en el estado relativo de calor o frío, pues se diferencian los climas macro térmicos (altas, temperaturas), meso térmicos (climas templados), y micro térmicos (climas fríos). El piso frío o micro térmico se ubica en latitudes altas, entre los 2500 y 3400 m.s.n.m, donde las temperaturas varían entre los 8 a 13° C presentando heladas durante el invierno (Miranda, 2019).

- **La humedad**

La humedad relativa promedio en la Laguna de Paca es de 56,67% lo que representa una zona semi húmeda, a lo que nos manifiesta que se está en un adecuado nivel de humedad ya que si se supera los 60% estamos llanos a encontrar formaciones de hongos, etc; pero si se llegará a temperaturas de 40 se tendría problemas respiratorios, ya que empiezan aparecer bacterias y virus en el ambiente (Miranda, 2019).

- **Vientos**

Los vientos en la laguna de paca presentan una dirección de Nor oeste con velocidad que van desde 1,85 m/s hasta 5,6 m/s como en los meses de enero, febrero, abril, junio, agosto, setiembre, octubre y diciembre como son durante la mayor parte del año y en épocas de heladas los vientos toman una dirección oeste, por lo que se debe proteger los vientos de oeste a norte (Miranda, 2019).

- **Precipitaciones**

La precipitación en la laguna de Paca se da desde los meses de octubre hasta el mes de marzo, ya que este es el mes más húmedo; en el mes de julio es el mes más seco, donde no se tiene presencia de lluvia, pero en los últimos años, por motivos del cambio climático se va registrando presencia de lluvia en los meses secos. Por otro lado, los

meses de diciembre a marzo se registran en mayor cantidad de lluvias, durante esta época se llegan a tener días en donde llueve más de 6 horas seguidas (Miranda, 2019).

6. Fisiografía de la Laguna de Paca

La Laguna de Paca, se encuentra en la Región Suni o Jalca por lo que las unidades geomorfológicas las cuales caracterizan a este sector son laderas y/o vertientes de colinas, la superficie topografía presenta plataformas amplias en casi toda su extensión, pero también es accidentada, ya que la zona presenta cerros, formándose paisajes sinuosos. Esta zona, tiene una pendiente aproximadamente de 10° a 20° en el sentido en el cual se extiende.

7. Datos generales para el diseño.

N° Personas (población)	Caudal (aprox.) a tratar	Sistema empleado	Área empleada	Costos a considerar
100	10 m ³ /día	Sistema de tratamiento ecoamigable de aguas residuales domésticas.	50 m ²	Costo de inversión: US \$4,200. Costo de operación, 4 hrs. hombre por mes y 0.2 kW/h/día

Nota: Tratamiento y reúso de aguas residuales (Sistema Nacional de Información Ambiental)

8. Etapas del Sistema Ecoamigable para el tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas en la Laguna de Paca.

A. TRATAMIENTO PRELIMINAR

- **Rejas gruesas y rejas finas**

Se emplea para la reducción de sólidos en suspensión de distintos tamaños. Los productos recogidos se destruyen bien por incineración, o se tratan por procesos de digestión anaerobia, o se dirigen directamente al vertedero. Las materias sólidas recogidas se suelen clasificar en finos y gruesos. Las rejillas gruesas tienen aberturas

que oscilan entre los 4 a 9 cm, se usan como elementos de protección para evitar que sólidos de grandes dimensiones dañen las bombas y otros equipos mecánicos. Las rejillas finas tienen aberturas menores e iguales a 5 mm, por lo común están fabricadas de malla metálica de acero y muchas veces se usa en lugar de tanques de sedimentación. Generalmente se llega a eliminar entre un 5 y un 25 % de sólidos en suspensión, mientras que por sedimentación se eliminan de un 40% a 60% (Ramalho, 2003).

El diseño de las rejas debe incluir: una plataforma de operación y drenaje del material cribado con barandas de seguridad; iluminación para la operación durante la noche; espacio suficiente para el almacenamiento temporal del material cribado en condiciones sanitarias adecuadas; solución técnica para la disposición final del material cribado y las compuertas necesarias para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades (Ministerio de Vivienda, 2009).

- **DESARENADOR**

“Cámara diseñada que permite la separación gravitacional de sólidos minerales (arena)” (Romero Rojas, 2010). Tiene como objetivo eliminar mediante la sedimentación las arenas, gravas, barro, las partículas más o menos finas de origen inorgánico de manera que la arena retenida no arrastre materias contaminadas, presentes en el agua captada, con el fin de evitar que se produzcan sedimentaciones en los canales y conductos (Galeano y Rojas, 2016). Los desarenadores de flujo horizontal son diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm. Para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 0,3 m/s con una tolerancia + 20%. La tasa de aplicación deberá estar entre 45 y 70 m³ /m² /h, debiendo verificarse para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario (Ministerio de Vivienda, 2009).

- **CANAL PARSHALL**

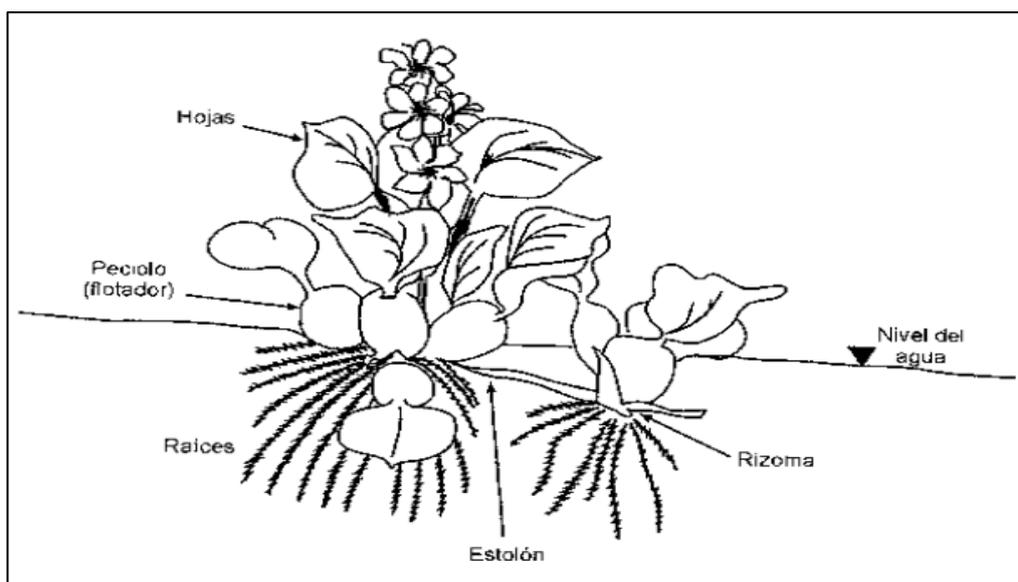
Son instalaciones diseñadas para la medición de caudales en canales abiertos o alcantarillados parcialmente llenos (Ramalho, 2003). Después de las cribas y desarenadores se debe incluir en forma obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall o Palmer Bowlus. No se aceptará el uso de vertederos. Para su diseño se debe tener en cuenta una caseta con apropiadas medidas de seguridad; las estructuras de repartición de caudal deben permitir la distribución del caudal considerando todas sus variaciones, en proporción a la capacidad del proceso inicial de tratamiento para el caso del tratamiento convencional y en proporción a las áreas de las unidades primarias, en el caso de lagunas de estabilización (Ministerio de Vivienda, 2009).

B. TRATAMIENTO PRIMARIO

- **LAGUNA PRIMARIA CON *EICCHORNIA CRASSIPES* (JACINTO DE AGUA).**

Figura 3

*Morfología del jacinto de agua (*Eicchornia Crassipes*)*



“Una laguna de jacintos que trate un efluente secundario permite obtener concentraciones de DBO < 10 mg/L; SS < 10 mg/L; NTK < 5 mg/L y P < 5 mg/L” (Romero Rojas, 2010). Por otra parte, según estudios esta especie, alcanza reducciones de DBO5 en el orden de 95 %, y hasta 90,2 % para la DQO. En el caso de los sólidos suspendidos se registran disminuciones con valores que se encuentran en el rango de 21 % y 91 %. En cuanto al fósforo total y nitrógeno total, se alcanzaron máximas remociones de 91,7 % y 98,5 % respectivamente, siendo este último, el contaminante con mayor remoción (Martelo y Lara, 2012).

El tratamiento de aguas residuales con jacintos se ha empleado para aguas crudas, así como para efluentes primarios y secundarios; con todo, el método más usado ha sido el de lagunas de estabilización combinadas con lagunas de jacintos. Durante la fase activa de crecimiento permite remover metales pesados, nutrientes, pesticidas y otros contaminantes orgánicos raíces de los jacintos soportan una masa activa de microorganismos que descomponen y ayudan en la remoción de contaminantes del agua residual. En lagunas de jacintos se controla, también, el crecimiento de algas, debido al efecto físico de impedir la penetración de la luz solar y a la remoción de nutrientes (Romero Rojas, 2010).

C. TRATAMIENTO SECUNDARIO

- **HUMEDAL ARTIFICIAL CON *SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS* (TOTORA)**

Para el tratamiento secundario se utilizará el humedal artificial de flujo subsuperficial con *Schoenoplectus Californicus* (totora), donde el nivel del agua está por debajo del suelo y ésta fluye a través del lecho del suelo, arena o grava, además las raíces de la planta penetran hasta el fondo del lecho. Dentro de las ventajas de los humedales artificiales de sub superficial es que tienen menor

requerimientos de área y carecen de problemas de olores y mosquitos, no se requiere cosechar la planta (Romero Rojas, 2010). La totora corresponde a la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino: Plantae
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Liliopsida*
- Orden: *Cyperales*
- Familia: *Cyperaceae*
- Género: *Schoenoplectus*
- Especie: *Schoenoplectus Californicus*
- Nombre común: Totora

El tipo de humedal artificial al que nos referiremos en es de lujo subsuperficial, por lo que nos centraremos en la descripción de las plantas que se usan en dicho tipo de humedal: las helófitas y en particular la totora. Las helófitas son plantas adaptadas a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente. Es decir, soportan una fuerte limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo. Comprenden una parte debajo del nivel del agua, y otra parte aérea (Arenas Rojas, 2018). Por otro lado, el papel de las helófitas en los humedales artificiales se resume en los siguientes aspectos:

Sirven de filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas (Valdés et al., 2005). Asimilan directamente los nutrientes (en especial Nitrógeno y Fósforo) y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal (Cano, 2004). Actúan a modo de soporte para el desarrollo de biopelículas de microorganismos, que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación (Valdés et al., 2005). A la vez transportan grandes cantidades de

desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos (Cano, 2004); además del contenido de oxígeno en la zona radicular, las bacterias son favorecidas por exudados de las plantas en la misma zona (Soto et al., 1999). Por otro lado, el medio es comúnmente grava gruesa y arena en espesores de 0,45 a 1 m y con pendiente de 0 a 0,5%, para ello se tendrá en cuenta la siguiente tabla.

Medio	Tamaño efectivo mm	Porosidad	Conductividad Hidráulica
Arena media	1	0.30	500
Arena gruesa	2	0.32	1 000
Arena y grava	8	0.35	5 000
Grava media	32	0.40	10 000
Grava gruesa	128	0.45	100 000

Nota: Recuperado de Tratamiento de Aguas residuales (Romero,2010)

9. Criterios de Diseño para sistemas de tratamiento de aguas residuales crudas con jacinto de agua

Criterio	Valor	Calidad esperada
Carga orgánica	≤ 220 kg DBO/ha. día	DBO < 30
Tiempo de retención	10 días	mg/L
Carga hidráulica	$\leq 1\ 000$ m ³ /ha. día	SST < 30
Área de lagunas individuales	0,4 ha	mg/L
Profundidad	$\leq 1,5$ m	
Relación longitud/ancho	>3:1	
Temperatura del agua	10°C	

Nota: Tratamiento de Agua residuales (Romero,2010)

10. Criterios para el Diseño del Humedal Artificial con *Schoenoplectus Californicus* (Totora)

Criterio	Valor
Tiempo de retención de DBO, N (día)	3 – 4 (DBO), 6-10 (N)
Carga Hidráulica Superficial, m ³ /hab. día	470-1.870
Carga orgánica DBO, Kg /ha. día	<112
Carga de SST, Kg/ha. día	390
Profundidad del agua (m)	0,3-0,6
Profundidad del medio (m)	0,45-0,75
Control de mosquitos	No requiere
Programa de cosecha	No requiere
Calidad esperada del efluente	
DBO/SST/NT/PT/, (mg/L)	<20/20/10/5

Nota: Tratamiento de Agua residuales (Romero,2010)

11. Proyección del porcentaje de remoción de contaminantes.

Unidades de Tratamiento	Eficiencia de Remoción de Constituyentes (%)					
	DBO	DQO	SST	Fósforo	Nitrógeno	Patógenos
Rejillas	Desp ¹	Desp	Desp	Desp	Desp	Desp
Desarenador	0-5	0-5	0-10	Desp	Desp	Desp
Laguna artificial primaria con <i>Eichhornia Crassipes</i> (Juncito de Agua)	37-95*	72-90*	21-91*	42-91*	72- 98*	99.9*

Humedal artificial secundario con <i>Schoenoplectus Californicus</i> (Totorá)	65-80	65-80	-	30	22-33	99.9
--	--------------	--------------	----------	-----------	--------------	-------------

Nota: Recuperado del Curso Virtual de capacitación en tratamiento y reúso de aguas residuales. Ministerio del Ambiente. Fuente: Ministerio del Ambiente (2021).

Nota: Recuperado del artículo “Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte” (Martelo, Lara, 2011).*

Finalmente, luego de pasar por el tratamiento secundario el agua residual en tratamiento pasa por el canal Parshall hasta su destino final del efluente, La Laguna de Paca, la cual viene a ser el cuerpo receptor de agua. En esta etapa se va mediar los Límites Máximo Permisibles, lo que nos va a permitir evaluar la eficiencia del diseño del sistema

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceite y grasas	mg/ L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/ L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/ L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos totales en Suspensión	mL /L	150
Temperatura	°C	<35

Nota: Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

12. Identificación de los impactos ambientales y sociales

Impactos Ambientales positivos

- Mejorar las condiciones ambientales de La Laguna de Paca, que actualmente son afectadas por la contaminación de las aguas residuales domesticas provenientes de los restaurantes y hoteles que se vierten directamente al cuerpo receptor.
- Digiere de manera intensa los lodos (largos periodos sin remoción).

- Este tipo de sistemas permite un impacto ambiental y paisajístico positivo.
- No produce olores desagradables (más amigable para los usuarios y el medio ambiente), pueden estar cerca de las viviendas (Huataquispe Vasquez, 2019).

Impactos sociales positivos

- Se requieren menor área en comparación de sistemas convencionales es menor. Digiere de manera intensa los lodos (largos periodos sin remoción).
- Este sistema tiene menor costo de Operación y Mantenimiento en comparación de sistema de lodos activados o lagunas aireadas.
- No requiere de grandes estructuras de concreto, generalmente se utilizará geomembrana (tratamiento primario y secundario).
- Mejora la calidad de vida de los pobladores de que viven alrededor de La Laguna Paca.

ANEXO N° 24.: Validación de la Propuesta Ambiental por un Experto

FORMATO DE VALORACIÓN DE EXPERTOS

Tipo de la propuesta: Diseño de un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas en la Laguna de Paca, Región Junín.		
Nombres y apellidos del estudiante o estudiantes: Kare Mabel Aguirre Horna		
Nombres y apellidos del evaluador: Luis Enrique Alva Diaz		
Especialidad: Ingeniero Químico con especialidad en Tratamiento de Aguas Residuales		
Sede: San Isidro	Carrera: Ingeniería Ambiental	Facultad: Ingeniería
Resumen ejecutivo de la investigación: Una de las fuentes de contaminación, son los restaurantes y hoteles ubicados alrededor de la laguna, que vierten sus aguas residuales y desperdicios al recurso hídrico. Por ello, se plantea diseñar un sistema Ecoamigable para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Laguna de Paca, siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones, donde se ha realizado una adaptación del Diseño propuesto por Huataquispe Vasquez (2019), en el Primer Simposio de Innovación y Desarrollo de Nuevas Tecnologías del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 30 y 31 de enero de 2019.		

Criterios a valorar de la propuesta				
CRITERIOS	INDICADORES	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
EFICIENCIA	Adaptación del sistema a las condiciones del área de estudio.	X		
	Porcentaje de extracción de metales pesados.	X		Recomiendo considerar remoción de metales pesados
	Impacto ambiental y social	X		
CONDICIONES DEL LUGAR PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA	Climáticas y meteorológicas	X		
	Tipo de suelo	X		
PLANIFICACIÓN	Alcance	X		
	Objetivo	X		
	Tiempo de ejecución	X		

	Criterios de Diseño	X		
ESTUDIOS DE INGENIERÍA	Estudios de Ingeniería básica.	X		
Evaluación: Formato validado, si ningún cambio sustancial.				
 <hr style="width: 20%; margin: auto;"/> <p>Luis Enrique Alva DíazIngeniero Químico R CIP. 125475</p>				