

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES (NITRATOS Y
FOSFATOS) ORIGINADOS POR LOS EFLUENTES DE CONTAMINACIÓN EN
LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO – 2020**

PRESENTADO POR:

RUSVEL FERDINAN FUENTES LERMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES (NITRATOS
Y FOSFATOS) ORIGINADOS POR LOS EFLUENTES DE CONTAMINACIÓN
EN LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO – 2020

PRESENTADO POR:

RUSVEL FERDINAN FUENTES LERMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO



Dr. LUIS ALBERTO SUÑO QUISPE

ASESOR DE TESIS



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrología y Recursos del Agua

Especialidad: Evaluaciones y Monitoreos Ambientales, Ecosistemas Acuáticos.

Puno, 15 de noviembre del 2021.

DEDICATORIA

A DIOS.

Por ser la luz que guía mi camino y darme un día más de vida, por estar conmigo en cada paso que doy y por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, además de haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido un soporte fundamental y compañía durante todo el periodo de estudio.

A MIS PADRES.

Victor Fuentes Aduviri y Lelia Natividad Lerma Quispe, por su inmenso sacrificio, apoyo, comprensión, amor y por ser las personas que siempre están a mi lado en todo momento; apoyándome para seguir adelante y no dar un paso atrás, agradezco infinitamente sus sabios consejos que día a día me brindan para hacer de mí una buena persona.

A todas las personas que me han brindado su apoyo y han hecho que el trabajo se realice con mucho éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus valiosos conocimientos y experiencias.

Rusvel Ferdinan Fuentes Lerma

AGRADECIMIENTOS

Mi infinito agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos S.A.C. por la formación académica. A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y a todos los docentes en general que brindaron su esfuerzo y conocimientos para, así formarme como un profesional competitivo.

Agradecer de manera especial e inmensa al Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez por haber aceptado la asesoría de esta tesis y brindarme todo su apoyo, confianza y conocimientos para poder realizar esta tesis con satisfacción.

Expresar también mis agradecimientos al Dr. Esteban Isidro Leon Apaza, y miembros del jurado Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, Dr. Luis Alberto Supo Quispe, del mismo modo agradecer a personas que aportaron con recomendaciones importantes al presente trabajo, M.Sc. Richard Apaza Arpasi, M.Sc. Renzo Hernán Turpo Aroquipa y al Ing. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su importante colaboración y participación en el desarrollo de mi tesis.

Rusvel Ferdinan Fuentes Lerma

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1.2. JUSTIFICACIÓN	5
1.2. ANTECEDENTES	6
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	6
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	7
1.2.3. A NIVEL LOCAL	8
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	11

1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
--------	-----------------------	----

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	MARCO TEÓRICO	12
2.1.1.	Recurso hídrico	12
2.1.2.	Lagos	12
2.1.3.	Calidad de agua	13
2.1.4.	Evaluación de la calidad de agua	14
2.1.5.	Contaminación del agua	14
2.1.6.	Fuentes contaminantes de la Bahía Interior del Lago Titicaca	15
2.1.7.	Eutrofización	17
2.1.8.	Nutrientes del agua	21
2.1.9.	Estándar de Calidad Ambiental (ECA)	23
2.1.10.	Parámetros físico - químicos	24
2.1.11.	Marco legal nacional	29
2.2.	MARCO CONCEPTUAL	32
2.2.1.	Agua	32
2.2.2.	Contaminación	32
2.2.3.	Calidad del agua	33
2.2.4.	Parámetros de calidad de agua	33
2.2.5.	Toma de Muestra	33
2.2.6.	Muestra	33
2.2.7.	Cadena de Custodia	33

2.2.8. Efluente	34
2.3. HIPÓTESIS	34
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	34
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	34
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	35
3.2. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA	37
3.2.1. Población	37
3.2.2. Muestra	37
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	37
3.3.1. El método	37
3.3.2. Técnica	41
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	43
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	43
3.5.1. Tipo de Investigación:	43
3.5.2. Diseño de la investigación:	43
3.5.3. Diseño Estadístico:	44

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Determinación de los parámetros físico-químicos (temperatura, ph, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, transparencia, sulfatos y cloruros) del agua de la bahía interior de Puno, 2020.	46
--	-----------

Temperatura	47
Potencial de Hidrogeniones	49
Conductividad Eléctrica	51
Sólidos Totales Disueltos	53
Transparencia	55
Oxígeno Disuelto	58
Sulfatos	60
Cloruros	62
4.2. Determinación de los valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes en los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno.	63
Valores críticos del nitrato en la bahía interior de Puno por punto de muestreo.	64
Valores críticos del fosfato en la bahía Interior de Puno por punto de muestreo	66
Relación del estado trófico con los parámetros obtenidos en la investigación	68
4.3. Resultados de la concentración de nutrientes originado por los efluentes de contaminación en la bahía interior de Puno, 2020 en función de los estándares de calidad ambiental - categoría 4.	71
Nitratos	71
Fosfatos	74
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Valores límites para la clasificación trófica de un ecosistema acuático.	19
Tabla 02. Ubicación de los puntos de muestreo en la Bahía Interior de Puno.....	38
Tabla 03. Materiales	42
Tabla 04. Equipos.....	42
Tabla 05. Identificación de variables.	43
Tabla 06. Valores límites para la clasificación trófica de lagos (OCDE)	45
Tabla 07. Valores del nitrato, promedio, máxima, mínima y desviación estándar.....	64
Tabla 08. Valores del fosfato, promedio, máxima, mínima y desviación estándar.....	66
Tabla 09. Valores límites para la clasificación trófica de un ecosistema acuático	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Valores del Estándar de Calidad Ambiental – CAT. 4, para Lagos y lagunas..	24
Figura 02. Zona de estudio Bahía Interior del Lago Titicaca, Puno.	35
Figura 03. Ubicación de los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno.	36
Figura 04. Vista horizontal de los puntos de muestreo en la Bahía Interior Puno.....	36
Figura 05. Valores de la temperatura durante los periodos de muestreo - BIP.....	47
Figura 06. Desviación estándar del parámetro de temperatura en la BIP.....	48
Figura 07. Valores de la temperatura durante los periodos de muestreo - BIP.....	49
Figura 08. Desviación estándar del parámetro de pH en la BIP.	50
Figura 09. Valores de la conductividad durante los periodos de muestreo - BIP.....	51
Figura 10. Desviación estándar del parámetro de conductividad en la BIP.	52
Figura 11. Valores de los sólidos totales durante los periodos de muestreo - BIP.	53
Figura 12. Desviación estándar del parámetro de sólidos totales en la BIP.	54
Figura 13. Valores de la transparencia durante los periodos de muestreo – BIP.	55
Figura 14. Desviación estándar del parámetro de la transparencia en la BIP.	56
Figura 15. Valores del oxígeno disuelto durante los periodos de muestreo – BIP.....	58
Figura 16. Desviación estándar del parámetro del oxígeno disuelto en la BIP.	59
Figura 17. Valores del sulfato durante los periodos de muestreo – BIP.	60
Figura 18. Desviación estándar del parámetro del sulfato en la BIP.	61
Figura 19. Valores del sulfato durante los periodos de muestreo – BIP.	62
Figura 20. Desviación estándar del parámetro del Cloruro en la BIP.	63
Figura 21. Representación gráfica del comportamiento del nitrato y sus valores críticos.	65
Figura 22. Representación gráfica porcentual de la concentración del nitrato.....	65
Figura 23. Representación del comportamiento del fosfato y sus valores críticos.....	67
Figura 24. Representación gráfica porcentual de la concentración de fosfatos.....	68
Figura 25. Representación gráfica del comportamiento de la transparencia.	70
Figura 26. Valores del nitrato durante los periodos de muestreo – BIP.....	71

Figura 27. Desviación estándar de la concentración del nitrato en la BIP.	72
Figura 28. Valores del fosfato durante los periodos de muestreo – BIP.	74
Figura 29. Desviación estándar de la concentración del fosfato en la BIP.	75
Figura 30. Identificación de efluentes que descargan en las aguas de la bahía interior. ...	95
Figura 31. Georreferenciación del punto de monitoreo en la Bahía Interior de Puno.	95
Figura 32. Toma de muestras para el análisis de los parámetros de campo.	96
Figura 33. Llenado de la cadena de custodia con los resultados obtenidos.	96
Figura 34. Identificación de la proliferación de lemna spp. en la zona de estudio.	97
Figura 35. Materiales utilizados en el monitoreo del recurso hídrico en la BIP.	97
Figura 36. Datos obtenidos en campo durante el mes de junio en la BIP, 2020.	99
Figura 37. Datos obtenidos en campo durante el mes de julio en la BIP, 2020.	100
Figura 38. Datos obtenidos en campo durante el mes de agosto en la BIP, 2020.	101

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA	94
Anexo 02. PANEL FOTOGRÁFICO	95
Anexo 03. CADENAS DE CUSTODIA	98
Anexo 04. CERTIFICADOS DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA - INIA.	102
Anexo 05. FICHAS TÉCNICAS POR PUNTO DE MONITOREO EN LA BIP.	105
Anexo 06. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA.....	110
Anexo 07. PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE RECURSOS HÍDRICOS ..	111

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANA:	Autoridad Nacional del Agua.
BIP:	Bahía Interior de Puno.
CE:	Conductividad Eléctrica.
ECA:	Estándares de Calidad Ambiental.
D.S.:	Decreto Supremo.
MINSA:	Ministerio de Salud.
MINAM:	Ministerio del Ambiente.
NTU:	Unidades Nefelométricas de Turbidez.
NO₂:	Nitrito.
NO₃:	Nitrato.
Na₂S₂O₃:	Tiosulfato de sodio.
OD:	Oxígeno Disuelto
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
PEBLT:	Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca.
pH:	Potencial Hidrógeno.
SO₄:	Sulfato.
TDS:	Sólidos Disueltos Totales.
UTM:	Universal Transversal de Mercator.
μS/cm:	Micro siemens por centímetro.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal la determinación de la concentración de nutrientes, en donde los objetivos específicos planteados fueron los siguientes: (a) determinar los parámetros físico-químicos (temperatura, pH, conductividad, sólidos totales disueltos, transparencia, oxígeno disuelto, sulfatos y cloruros) y (b) determinar los valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes en los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno, 2020. La metodología de la investigación se basó en un estudio descriptivo – analítico, que fue ejecutado durante los meses de junio, julio y agosto del 2020. Para ello se realizó el análisis de los parámetros in situ y en el laboratorio de análisis de agua y suelo del Instituto Nacional de Innovación Agraria Puno. Para el diseño estadístico se utilizó una estadística descriptiva (máxima, mínima, media y desviación estándar), además se utilizó los valores límites establecidos por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico. Los resultados de los parámetros físico-químicos muestran los siguientes resultados: una temperatura media de 14.14 °C, un pH con característica alcalina (8.62), la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos presentaron valores elevados en el sector de la laguna de oxidación, además la transparencia presentó valores mínimos con una media de 71 cm. Así mismo el cuerpo de agua se mantuvo bien oxigenada (OD = 8.6 mg/L). Los sulfatos y cloruros presentaron valores promedios de 78.43 mg/L y 359.07 mg/L respectivamente. En relación a la concentración de nutrientes los valores críticos se registraron en el sector de la laguna del Espinar durante el mes de agosto, con valores promedios de 2.22 para los nitratos y 0.65 mg/L para los fosfatos.

Palabras clave: Nutrientes, desviación estándar, oxígeno disuelto, nitratos y fosfatos.

ABSTRACT

The main objective of the research was to determine the concentration of nutrients, where the specific objectives were the following: (a) to determine the physical-chemical parameters (temperature, pH, conductivity, total dissolved solids, transparency, dissolved oxygen, sulfates and chlorides) and (b) to determine the critical values with respect to nutrient concentration at the sampling points in the inner bay of Puno, 2020. The research methodology was based on a descriptive-analytical study, which was carried out during the months of June, July and August 2020. For this purpose, the analysis of the parameters was carried out in situ and in the water and soil analysis laboratory of the National Institute of Agrarian Innovation Puno. Descriptive statistics (maximum, minimum, mean and standard deviation) were used for the statistical design, in addition to the limit values established by the Organization for Economic Cooperation and Development. The results of the physical-chemical parameters show the following results: an average temperature of 14.14 °C, a pH with an alkaline characteristic (8.62), the electrical conductivity and total dissolved solids presented high values in the oxidation pond sector, and the transparency presented minimum values with an average of 71 cm. The water body remained well oxygenated (DO = 8.6 mg/L). Sulfates and chlorides presented average values of 78.43 mg/L and 359.07 mg/L respectively. Regarding the concentration of nutrients, the critical values were recorded in the Espinar Lagoon sector during the month of August, with average values of 2.22 for nitrates and 0.65 mg/L for phosphates.

Keywords: Nutrients, standard deviation, dissolved oxygen, nitrates and phosphates.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso limitado, único e imprescindible para la vida en conjunto porque permite la interacción y funcionamiento de los diferentes ecosistemas, es por ello que se debe brindar un cuidado cuantioso y racional a dicho recurso , ya que en el planeta el 70% de su superficie está constituida por agua con una disponibilidad anual de 1,386 millones km³ aproximadamente en el mundo de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5%, es dulce que se encuentra en los distribuida en lagos, lagunas, ríos, glaciares, en la atmósfera y el subsuelo (CONAGUA, 2012).

Con el transcurso del tiempo los problemas ambientales ligados al recurso hídrico cada vez se hacen más significativos que va en una escala a nivel mundial, nacional y regional, motivo por el cual muchos países y organizaciones vienen tomando mayor conciencia debido a la importancia e influencia que tiene este recurso natural (MINAGRI, 2015).

En la ciudad de Puno el Lago Titicaca representa un ecosistema indispensable, debido a que es la principal fuente hídrica de agua dulce, además que en él se encuentran una pluralidad de recursos acuáticos y diversidad biológica. Pese a ello la calidad de sus aguas y biodiversidad en su conjunto están siendo impactadas por diferentes procesos de contaminación, uno de estos es el colapso de la Laguna de Estabilización - El Espinar, que vierten directamente sus efluentes a la bahía interior del lago Titicaca, así mismo se puede mencionar a otras fuentes de contaminación como es el caso de vertimientos urbanos, inadecuada disposición de residuos sólidos, conexiones clandestinas y otros.

En los últimos años se presencié que las fuentes de contaminación han ido en aumento convirtiéndose en problemas cada vez más álgidos, como consecuencia del crecimiento demográfico de la ciudad de Puno (Ttacca, 2017), ocasionando una serie de alteraciones en la composición natural de sus componentes. A continuación, se menciona a algunos de los indicadores de dichos impactos: a) proliferación excesiva de la lenteja de agua (*Lemna spp.*), indicador común de aguas eutrofizadas, b) desaparición de controladores biológicos

(anfibios, otros), c) migración de especies, d) proceso de extinción de especies endémicas del Lago Titicaca.

En tal sentido resulta necesario analizar la concentración de nutrientes presentes en el agua, debido a que son los responsables del proceso de eutrofización del mismo modo resulta importante analizar los parámetros físico - químicos del agua de la Bahía Interior de Puno, porque estos son indicadores que permiten conocer la calidad de sus aguas.

La presente investigación desarrollada permitió obtener información actual, con respecto a la concentración de nutrientes originados por las fuentes de contaminación como es el caso de los efluentes (drenajes clandestinos y pluviales, aguas residuales y otros) en la bahía interior de Puno del mismo modo se analizó los parámetros físico-químicos del agua y estos valores obtenidos se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, en la categoría IV: Conservación del ambiente acuático, para lagos y lagunas, regulado por el estado peruano con la finalidad de determinar la calidad de agua que presenta la Bahía Interior de Puno y de acuerdo a ello se pueda plantear algunas alternativas de solución que contribuyan a mitigar los impactos negativos hacia el cuerpo de agua.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el problema de la contaminación ambiental se encuentra en una escala global que va en aumento con el transcurrir del tiempo, y como consecuencia ocasionan impactos negativos. Uno de estos impactos es la contaminación puntual del recurso hídrico, es por ello que, en gran parte de los ríos de América Latina, y otros; la calidad del agua está siendo impactada significativamente lo cual representa una amenaza para la salud de las personas y el ambiente, en tal sentido esta situación cada vez se hace más difícil debido al crecimiento poblacional y la deficiente gestión de aguas (WWAP, 2018)

La contaminación del recurso hídrico, es un problema ambiental que está creciendo en gran parte del mundo, pero este impacto tiene un crecimiento exponencial en el Perú (Florez, 2007), considerando que diariamente son vertidas 2,59 millones de m³ de aguas residuales al alcantarillado sin ningún tratamiento previo. Por este motivo se estima que diariamente se genera un volumen promedio de 162 litros por cada habitante en el Perú (SUNASS, 2015).

A nivel regional el problema de la contaminación del agua no es indiferente, ya que la calidad de agua del Lago Titicaca como sus afluentes se vienen alterando debido a las diferentes actividades que realiza el hombre como es el caso del vertimiento de efluentes

provenientes de actividades extractivas (minería), una muestra de estos impactos son los ríos Ramis y Suches los mismos que presentan altas concentraciones de metales pesados y sedimentos que superan los Estándares de Calidad de Agua (ECA) en los principales ríos de la cuenca del Lago (MINAM, 2014), del mismo modo se han identificado otras diferentes fuentes de contaminación como drenajes clandestinos, ubicación inadecuada de los residuos sólidos, vertimientos urbanos entre otros que alteran la calidad de sus aguas.

Las aguas del Lago Titicaca están siendo contaminadas, siendo el hombre el principal responsable de dicho impacto, este problema se deteriora por el crecimiento de la población y por la falta de conciencia ambiental (Fontúrbel, 2005) . El lago Titicaca, es un ecosistema único y un importante atractivo turístico, para la ciudad de Puno, pero al transcurrir de los años las aguas de la bahía interior de Puno está siendo alterada significativamente en consecuencia genera un desequilibrio en el ecosistema, y un impacto visual negativo (Fuentes, 2019).

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL

¿La concentración de nutrientes originados por los efluentes de contaminación en la bahía interior de Puno, 2020 cumplirán con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4?

PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Los valores de los parámetros físico - químicos en el agua de la bahía interior de Puno, 2020 presentarán valores aceptables en relación a los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4?

¿Qué puntos de muestreo presentarán valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes?

1.1.2. JUSTIFICACIÓN

Los problemas ambientales se están desarrollando a nivel mundial y nacional, y uno de estos es la contaminación del recurso hídrico (lagos, lagunas, ríos manantiales, etc.); este problema se evidencia también en las aguas de la bahía interior del Lago Titicaca, Puno (Fuentes, 2019).

El proceso de contaminación en las aguas de la bahía interior de Puno se inicia en la década de 1960, debido a que las aguas residuales municipales que se generaban en la ciudad de Puno, eran descargadas directamente a la bahía Interior de Puno sin ningún tratamiento previo. En 1972 se construyó la laguna de oxidación conocida con el nombre de “El Espinar”, este sistema de tratamiento en la actualidad se encuentra colapsado debido a que los caudales de aguas residuales sobrepasaron el caudal de diseño, debido al crecimiento exponencial de la población por lo que actualmente constituye la principal fuente de contaminación y eutrofización de la bahía Interior de Puno (ANA, 2017).

La alteración de la calidad del agua de la bahía interior se va intensificando debido a que las fuentes de contaminación incrementaron con el transcurrir de los años (Espinoza, 2010), estas fuentes se encuentran en su mayoría localizadas en sitios puntuales, y se encuentran en un estado inicial o intermedio de avance. Otra fuente de contaminación son las aguas residuales procedentes de la Laguna de oxidación denominado “El Espinar” (JICA, 2000), que conjuntamente con los drenajes clandestinos aportan una gran cantidad de nutrientes (nitratos, fosfatos, entre otros), estos siendo responsables que se origine el proceso de eutrofización en las aguas de la bahía interior de Puno (Moreira, 2017).

Por otro lado, la Sub Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad de la ciudad de Puno, indicó que se genera diariamente 100 TM (Tonelada Métrica) de residuos sólidos, de esta cantidad solo recolectan 93,14 t/día, y la otra parte no se conoce su destino final, con lo cual se podría presumir que una parte de estos residuos no recolectados podrían estar llegando a las orillas de Bahía Interior de Puno, ya sea por la disposición inadecuada

que realiza la población o debido a las aguas pluviales que arrastran residuos hacia la Bahía Interior (Puma, 2017).

En tal sentido la evaluación de la calidad del recurso hídrico resulta necesario por ser un análisis técnico, que determina las características físicas, químicas y biológicas del agua, así mismo permite determinar la concentración de nutrientes y en relación de esto se puede afirmar que el agua tiene una calidad adecuada y puede ser utilizada para diferentes fines (OMS, 2009).

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Borbolla (2003), en su investigación desarrollada sobre la calidad de agua en México reportó los siguientes resultados: turbidez 5.40 NTU, pH 7.62, dureza total 223.05 mg/L, sólidos disueltos totales de 395.05 mg/L, sulfatos 89.86 mg/l, nitratos 0.39 mg/L, cloro residual 0.75 mg/L, y cloruros 40.17 mg/L.

Perdomo *et al.* (2001), en su estudio sobre la contaminación de aguas con nitratos en Uruguay, indica que las aguas superficiales presentaron valores inferiores a 10 mg/L de concentración de nitratos en el agua, que es el nivel crítico por debajo del cual el agua se considera apta para el consumo humano.

Kobloch (2000), en su trabajo de investigación denominado "Nitrato - Agua de pozo contaminada en perspectivas de salud ambiental, concluye que la concentración de nitratos en aguas superficiales, es baja con concentraciones entre 0 a 18 mg/L, pero puede ser mayor debido a la actividad agrícola. En E.E.U.U, el nivel natural nacional encontrado no excede el rango de 4 – 9 mg/L para nitratos y 0.3 mg/L para nitritos.

Robles *et al.* (2013), en su investigación sobre la calidad del agua de un acuífero, obtuvieron los siguientes resultados pH (6.0 – 7.6), turbidez (0.14 – 0.77NTU), dureza total

(145 – 736 mg/L), sólidos totales disueltos (297 – 1198 mg/L), nitratos (0.81 – 2.20 mg/L), sulfatos (49.8 - 740 mg/L), y cloruros (3.8 – 30.7 mg/L).

Ocasio (2008), en su estudio del río Piedras en Puerto Rico concluye que la temperatura estuvo en un rango de 24,3°C a 25,4°C, el pH en los tiempos de precipitación y seco el más alto fue 7,89, la conductividad fue de 436,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el oxígeno disuelto se mantuvo con un rango de 6,53 y 7,56 mg/L, En el caso del fósforo total fue de 0,3 y 0,12 mg/L, y por último el nitrato fue de 0,91 y 1,2 mg/L.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

DIGESA (2011), en su investigación realizado sobre los límites máximos permisibles LMP de los parámetros de calidad para el agua de consumo humano obtuvo los siguientes resultados: Turbidez 5 NTU, pH de 6.5 a 8.51, Conductividad eléctrica a 25°C, 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS 1000 mg/L, Cloruros 250 mg/L, sulfatos 250 mg/L, dureza total 500 CaCO_3/l .

Idrugo (2015), en su trabajo de investigación sobre la concentración de nitratos en cuerpos de agua reportó un valor promedio de 4.68 mg/L. para aguas superficiales. Además, indica que en el primer muestreo desarrollado obtuvo una concentración para el nitrato de 5.60 mg/L y un pH promedio de 8.67, para el segundo muestreo 4.24 mg/L y un pH promedio de 8.32. Las aguas superficiales presentaron la mayor concentración de nitratos.

Sotil & Vásquez (2016), en su trabajo de investigación: “Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán - Loreto, 2016.” Indica que los parámetros analizados se encuentran dentro de LMP, exigido por la normativa peruana. En donde obtuvo los siguientes resultados: pH 7.05 temperatura 26.70 °C, TDS 9.36 mg/l, transparencia 93.78 cm, conductividad 16.77 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dureza total 22.82 mg/L, oxígeno disuelto 6.57 mg/L y cloruros 15.13 mg/L.

Flores *et al.* (2016), es su estudio sobre el agua para el consumo humano en Arequipa, obtuvo los siguientes resultados: pH 7.05, temperatura 26.70 °C, transparencia 98.78 cm,

conductividad eléctrica 16.77 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS 9.36 mg/L, oxígeno disuelto; 6.57 mg/L, alcalinidad 21.20 mg/L.

Quispe (2010), en su tesis realizada sobre los componentes físico químicos e indicadores bacterianos reportó los siguientes resultados: temperatura 19,8 °C, pH 8.0, conductividad 726,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dureza 99,8 mg/L, sulfatos 401 mg/L y cloruros 81,2 mg/L.

1.2.3. A NIVEL LOCAL

Fuentes (2019), en su trabajo de investigación realizado en la Bahía Interior de Puno reportó los siguientes resultados: la temperatura presentó un valor promedio de 17.0°C, el pH 8.4 (alcalino), conductividad 1693 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos totales disueltos 849 mg/L, turbiedad 7.9 NTU, transparencia 84 cm para dicha zona y un oxígeno disuelto con un valor promedio de 9.2 mg/L, estos son valores promedios propias de las aguas de la BIP.

(Angles, 2007), en su trabajo de investigación (tesis de pregrado) realizado en la bahía interior de Puno reportó lo siguiente: los nutrientes a nivel superficial del cuerpo de agua, indican una media de 0.13 mg/L para los nitratos, para nitritos una media de 0.07 mg/L, y para fosfatos una media de 1.03 mg/L. Los resultados de los parámetros físico-químicos explican que la bahía interior se encuentra con aguas eutrofizadas, cuya gradiente de contaminación, es alta según los datos obtenidos en la investigación.

Callata (2015), en su tesis titulada: "Monitoreo y evaluación del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno se determinó una temperatura de 15.60 °C a 13 °C, la transparencia de 0.81 a 1.18 cm, la menor transparencia se dio en la laguna de Espinar lo que indica que la penetración de la luz baja, y que el agua de este sector se encuentra eutrofizada, la conductividad eléctrica presentó un valor de 1901 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el pH un valor de 8.65 a 9.63, el OD presentó valores mínimos de 2.10 a 3.28 mg/L, en la zona de la laguna de Espinar, TDS presentó un valor de 908 a 953 mg/L. Con respecto al nitrato los datos fluctuaron entre 1.052 y 2.085 mg/L y los fosfatos presentaron valores de 0.289 a 0.333 mg/L.

PEBLT (2017), en su estudio titulado “Monitoreo de la calidad del Agua en la Bahía del Lago Titicaca” reportó los siguientes resultados: temperatura de 13.7 a 13.29 °C, TDS de 976 a 982 mg/L, pH entre 8,66 a 8,57, oxígeno disuelto 4.47 a 11.05 mg/L, turbidez de 1.22 a 1.32 NTU.

Beltrán *et al.* (2015), en su investigación titulada “Calidad de agua de la Bahía Interior de Puno” concluyó lo siguiente: la concentración de OD (oxígeno disuelto) que contiene el cuerpo de agua tienen a disminuir con el incremento de la temperatura, lo cual resulta negativo para los seres vivos que se desarrollan en ella, del mismo modo la DBO (demanda de oxígeno) tiende a aumentar con el incremento de la temperatura. En dicha investigación obtuvo un pH promedio de 9.43, una transparencia de 1.4 m, una media de 1.04 mg/L para la concentración de fosfatos y 0.13 mg/L para los nitratos en la BIP.

Vásquez (2006), en su tesis realizada en la bahía de Puno del lago Titicaca reportó los siguientes resultados: la concentración de nitratos fue de 0.50 mg/L y 1.19 mg/L para los fosfatos, la presencia alta de estos parámetros contribuye al proceso de eutrofización de la bahía interior.

Cornejo (2019), en su trabajo de investigación realizada en la presa de Lagunillas obtuvo un pH de 9.57, OD con una media de 6.59 mg/L, TDS 0.75 mg/L, nitrito 2.68 mg/L y nitratos 2.25 mg/L. En cuanto al análisis de los parámetros físicos obtuvo que la para la temperatura media fue de 10.80 °C, turbidez 3.7311 UNT y conductividad de 1165,36 μ S/cm, estos parámetros excede la normativa ambiental vigente.

Pari (2017), en su investigación “Determinación de la calidad de agua del río llave”, concluye que el pH es alcalino, el oxígeno se mantuvo en un nivel óptimo, la concentración de fosfato fue elevada, en época de transición (seco a lluvioso), indicando que el río llave tiene niveles de contaminación, observando la presencia de vertimientos de aguas residuales clandestinas en las riberas del río.

PEBLT (2001), en su estudio realizado concluyó que la que la transparencia del agua de la bahía interior durante los meses de enero y julio, fue de (1.2 a 2.2 m), lo que significó que estos datos fueron menores comparados con la bahía Exterior. Del mismo modo a mediados del mes de octubre los valores de la transparencia no presentaron valores mínimos de 2 m a 200 m de la orilla y a 500 m al sur del muelle.

Aguilar (2014), en su trabajo de tesis "Análisis y descripción de la eutrofización en la Bahía Interior de Puno" obtuvo los siguientes resultados: el pH fue de 8.4, el valor del OD fue de 4.82 mg/L, los valores obtenidos para el nitrato fueron de 58.5mg/L a nivel superficial y 70.01 mg/L en la profundidad; en cuanto a los fosfatos los valores fueron de 1.01 mg/L a nivel superficial y 1.47 mg/L en la profundidad. Estos valores indican que en la Bahía Interior de Puno existe un alto grado de eutrofización.

Quispe (2016), en su investigación determinó los niveles del oxígeno disuelto y la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en la Bahía Interior de Puno. Las muestras tomadas se realizaron en un área aireada tomando 4 puntos de consideración, en donde se obtuvo un valor de 1.216 mg/l para la concentración de fosfatos.

PEBLT (2017), en su estudio realizado reportó un: pH entre 8,66 a 8,57, temperatura de 13.7 a 13.29 °C, turbidez de 1.22 a 1.32 NTU, TDS de 976 a 982 mg/L, oxígeno disuelto 4.47 a 11.05 mg/L.

Hallasi (2018), en su investigación desarrollada obtuvo los siguientes resultados promedios: pH 8.38, temperatura 14.74 °C, sólidos totales disueltos 1147.80 mg/L, oxígeno disuelto 6,32 mg/L, turbiedad 0.96 NTU, DBO5 8.54 mg/L, fosfatos 0.04 mg/L, nitratos 0.03 mg/L.

Romero (2018), determinó los parámetros físico-químicos del Lago Titicaca, en donde el valor promedio de OD fue de 5.66mg/L, en donde el valor mínimo fue de 4.80 mg/L, la

temperatura promedio fue de 14 °C, los valores de pH fluctuaron entre en un rango de 7.72 a 8.81, la conductividad promedio fue de 1696.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y varió de 1145 hasta 3092 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la concentración de nitratos en un promedio fue de 0.138mg/L con rango entre 0.024 a 0.224 mg/L y la concentración de fosfatos fue de 0.088 mg/L.

Salazar (2015), en su estudio realizado para las aguas de consumo humano en la ciudad de Juliaca reportó los siguientes resultados durante el periodo de muestreo: dureza total 185 - 310 mg/L; pH 7,31 – 7,78, cloruros 0,7 – 1,6 mg/L, sulfatos 65 - 90 mg/L, sólidos disueltos totales 499- 594 mg/L.

PEBLT (2014), en su estudio desarrollado reportó que algunos los valores que se obtuvo en dicha investigación superaron a los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) - categoría 4. Y esto lo relaciona a la actividad antropogénica que se desarrolla en la zona circundante al recurso hídrico.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la concentración de nutrientes originados por los efluentes de contaminación en la Bahía Interior de Puno, 2020 en función de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los parámetros físico-químicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, transparencia, oxígeno disuelto, sulfatos y cloruros) del agua de la bahía interior de Puno, 2020.

Determinar los valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes en los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Recurso hídrico

Para Aguilar (2009), el recurso hídrico es un elemento que se encuentra en abundancia en nuestro planeta. Dicho recurso se presenta en tres estados: líquido como es el caso de los lagos, lagunas, ríos, mares y arroyos, sólido (glaciares, hielo) y gaseoso (nubes, neblina, niebla). El agua en estado puro es un compuesto de moléculas de oxígeno e hidrógeno. El recurso hídrico una vez utilizado por el hombre para el consumo humano, riego y bebida de animales, minería, industria, turismo, recreación, etc., su calidad es modificada.

2.1.2. Lagos

Las aguas superficiales como los lagos son masas de agua que llenan una depresión en el paisaje. Estos son originados por procesos glaciares y geológicos. Desde el punto de vista geológico, los lagos y estanques son característicos de la sucesión. Con el tiempo, la mayoría de ellos se llenan, se hacen más pequeños y finalmente pueden ser reemplazados por un ecosistema terrestre (Smith & Smith , 2007).

Según Ramírez *et al.* (2001), los ríos, lagos, manantiales y otras fuentes de agua han sido de gran importancia para la humanidad por sus diversas funciones. Estas grandes masas de agua que se encuentran almacenadas en las depresiones de la corteza terrestre, se abastecen principalmente de las precipitaciones y corrientes superficiales. La mayor parte

de los lagos son de agua dulce, sin embargo, también existen lagos salinos, debido a que fueron mares.

El lago es aquella masa permanente de agua y relativamente extensa, más o menos profunda, almacenada en una depresión del terreno o corteza sin conexión con las aguas oceánicas (Alva, 2010).

2.1.3. Calidad de agua

La calidad del agua se refiere a un conjunto de parámetros que indican que este recurso puede ser utilizada para diversos fines, también puede determinarse por el contenido de sólidos totales disueltos, material en suspensión y en solución (Mejía, 2005). En este contexto la calidad hace referencia a un cuerpo de agua apta que permita la vida de los seres que habitan en ella (Castro, 1987).

Según Aguilar (2009), la calidad del recurso hídrico consiste en un conjunto de características biológicas y fisicoquímicas. Para conocer la calidad de este recurso se logra realizando estudios sistemáticos que permiten identificar las diferentes actividades que realiza el hombre, en tal sentido se puede considerar los principales usos ya sea poblacional, agricultura, industrial, energía, minería, y recreacional que aportan a la alteración de la calidad del agua teniendo efectos negativos en ecosistemas lénticos o lóticos, que dan lugar a la existencia de vida acuática.

La calidad hídrica está relacionada con un cuerpo agua que presenta características aptas y adecuadas, ya que en ella se desarrolla una interacción fundamental entre los seres vivos además de que tiene la característica de albergar diversos recursos acuáticos (flora y fauna) así mismo cuando el recurso tiene una calidad buena esta puede ser aprovechable para el consumo humano y otros fines que se le quiera atribuir. Es por ello que para la determinación de su calidad se debe realizar una evaluación de sus características físicas, químicas y microbiológicas, de este modo se conocerá la calidad de sus aguas y con base a los resultados se determinará para el uso al que se le va a brindar (Ecoavil, 2014).

2.1.4. Evaluación de la calidad de agua

Según UNICEF (1999), indica que la evaluación de la calidad del recurso hídrico es un procedimiento de orientación múltiple que estudia el medio físico, químico y biológico del agua con relación a la calidad ambiental que indica el estado en la que se encuentra y los efectos humanos y acuáticos conectados con la salud de las personas.

Según Gonzales (2010), señala que, la evaluación de la calidad del recurso hídrico es un análisis, que determina las características organolépticas, físicas, químicas y biológicas del agua en sistemas de suministro público, redes de abastecimiento, drenajes municipales, descargas de aguas residuales, cuerpos receptores, etc.

La evaluación de la calidad del recurso hídrico, se realiza utilizando técnicas analíticas con la finalidad de que los resultados de estas determinaciones sean representativos, por lo que es necesario brindar mucha concentración e interés al momento de realizar el muestreo para reducir el margen de error (OCDE, 1982).

2.1.5. Contaminación del agua

Según Gonzales (2010), define a la contaminación del agua como la alteración de la calidad del recurso hídrico, ocasionada por la actividad antropogénica, convirtiéndola en inadecuada para el consumo humano, ganadería, agricultura, pesca y las actividades recreacionales, así como para la bebida de animales y la vida general.

Para Marzal (2000), la contaminación de las aguas puede darse por origen natural o antropogénico, y en la actualidad sin duda alguna en este impacto tiene una mayor influencia por el hombre. Las aguas superficiales (ríos, lagos, lagunas, etc.), son en general más susceptibles a la contaminación de origen antropogénico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a las diferentes actividades humanas.

2.1.5.1. Origen de la contaminación por fuentes contaminantes

Para Ramos (2008), la calidad del agua tiende a ser alterado por fuentes: puntuales y no puntuales. Las puntuales son aquellas fuentes identificadas y caracterizadas por descargas

únicas o discretas, entre las fuentes puntuales podemos mencionar a las descargas de efluentes domésticos e industriales, operaciones con residuos tóxicos, efluentes mineros, derrames accidentales, entre otros. Por otra parte, las no puntuales implican fuentes de contaminación difusas que comprenden áreas mayores, pudiendo originar la contaminación del agua subterránea, razón por la cual resultan más complejas para controlar. Las fuentes no puntuales se pueden clasificar en las provenientes del drenaje urbano, rellenos sanitarios, ganadería, agricultura y distintas actividades recreativas.

2.1.6. Fuentes contaminantes de la Bahía Interior del Lago Titicaca

2.1.6.1. Aguas residuales

Las aguas residuales son aguas que fueron alteradas debido a la actividad antropogénica, y están conformadas por las aguas domésticas, urbanas, comerciales, efluentes que son originados en las industrias o las aguas que se mezclaron (aguas pluviales o naturales) (Reynols, 2002). Se caracterizan por estar compuesta por nutrientes que contribuyen a niveles críticos (Vollenweider, 1968). Estos nutrientes son el nitrógeno y fósforo, cuyas concentraciones en exceso y al superar los valores establecidos por la normatividad ambiental vigente resultan un peligro para la calidad de los cuerpos de agua.

Estas son aguas que ya han sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y otras. (Fair ,1992), que provienen del sistema de abastecimiento están formadas por 99% de agua y un 1% de sólidos en suspensión y soluciones orgánicas e inorgánicas (Metcalf, 1985). Según Jaume (2011) las define como aquellas las aguas provenientes de la actividad humana domestica (aguas residuales domesticas) o la mezcla de estas con efluentes procedentes de actividades industriales, comerciales y aguas pluviales.

Clasificación de las aguas residuales

Según la Autoridad Nacional del Agua - ANA (2015) la clasificación de las aguas residuales, son las siguientes:

a) Aguas Residuales Domésticas: Son aquellas que han sido generados por la población urbana como consecuencia de las actividades cotidianas. Sus características de estas aguas son: aguas negras, aguas pluviales, aguas de limpieza y lavado doméstico, etc.

b) Aguas Residuales Municipales: Son aquellas que resultan de la combinación de aguas residuales domésticas y aguas de drenaje pluvial o industrial.

c) Aguas Residuales Industriales: Son aquellas que provienen de cualquier actividad de producción o transformación donde se utilice el recurso hídrico. Son diferentes en cuanto a caudal y composición, en ocasiones las industrias emiten vertidos en determinadas horas del día dependiendo de la producción y del proceso industrial, dentro de estas podemos mencionar a las aguas provenientes de la actividad minera, agroindustrial u otras.

2.1.6.2. Efluentes industriales

Los efluentes son compuestos o sustancias que son derivadas de diferentes actividades industriales (productos de transformación, materias primas utilizadas, etc). Estos tienden a caracterizarse por ser nocivos, tóxicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, productos radioactivos, etc. (Hernández , 2001).

2.1.6.3. Residuos sólidos

Los residuos son cualquier material, compuesto o elemento sólido resultante del consumo humano y que puede ser reciclado, aprovechado o transformado en un nuevo bien, con valor económico agregado; los podemos clasificar en residuos domiciliarios, comerciales, industriales, hospitalarios, etc. (Moreira, 2017).

Los residuos sólidos con compuestos utilizados y que al tener una mala disposición se generan de botaderos clandestinos o residuos depositados "a cielo abierto" que producen olores nauseabundos, lo cual da lugar a estar propenso a obtener diversas enfermedades además de contribuir a la contaminación de suelos y acuíferos por los vertidos incontrolados de estos residuos (San Martín, 2008).

2.1.7. Eutrofización

La eutrofización es un conjunto de procesos físicos y químicos, que se da por la concentración de nutrientes como el nitrógeno y fósforo principalmente. Este proceso ocasiona un déficit de oxígeno disuelto lo cual perjudica a los recursos acuáticos como también afecta a la transparencia de las aguas debido a que esta disminuye por el crecimiento excesivo de algas y producción de fitoplancton (JICA, 2000)

La eutrofización o eutroficación de las aguas es un proceso mediante el cual se altera directamente a la fauna acuática en forma general puede decirse, que la conservación de los peces depende de la calidad y del grado de contaminación del agua (Documenta, 1981). Dejoux & Ittis (1991), menciona que, actualmente uno de los aspectos más frecuentes de la alteración de los lagos se le conoce como proceso de “eutrofización”, que consiste en un desequilibrio en los ciclos y procesos naturales de un lago, por cuanto se produce una descomposición entre los procesos biológicos de síntesis y degradación de la materia viva.

La eutrofización es un proceso que por lo general se origina por las diferentes actividades antropogénicas que se desarrollan. En las últimas décadas ha este proceso ha ido en aumento considerablemente por el crecimiento de los centros urbanos y el consiguiente se da un aumento en la producción de residuos sólidos y líquidos los cuales aumentan la concentración de ciertos nutrientes en cuerpos de agua lénticos, ocasionando una degradación del ambiente que, muchas veces, es irreversible. (Fonturbel, 2005).

Según (Wetzel, 1975), la eutrofización significa un exceso de nutrientes básicos en los cuerpos de agua, lo que permite un desarrollo significativo y masivo de la vegetación acuáticas tales como las microalgas y macrófitas. La eutrofización tiene un efecto más cuantioso en lagos, lagunas, manantiales, pero también ocurre en aguas marinas y estuarios.

2.1.7.1. Efectos de la eutrofización

El crecimiento excesivo de plantas acuáticas causa el deterioro de la calidad del agua, generando problemas de olor y sabor, altera el color, incrementa la turbidez, reduce el

oxígeno disuelto, modifica la composición de la biomasa y las condiciones de vida de los peces, provoca obstrucciones de canales y vías navegables pudiendo así mismo propiciar una mayor pérdida de agua, a través de la evapotranspiración (Vollenweider, 1983).

2.1.7.2. Evaluación del estado trófico de los cuerpos de agua

La evaluación del nivel de eutrofia de un medio acuático se realiza mediante una relación del crecimiento del fitoplancton y la disponibilidad de nutrientes presentes en el cuerpo de agua, motivo por el cual el proceso de eutrofización depende de la geográfica y de las descargas de nutrientes que se le atribuye (Rivera, 2002), cabe mencionar que este proceso puede ser evidenciado por el comportamiento y niveles de algunos parámetros de calidad como es el caso del pH, temperatura, transparencia, turbiedad, sólidos totales disueltos, disolución del oxígeno disuelto, etc. (Carlson & Simpson, 1996). También otros parámetros influyen en el proceso del agotamiento del oxígeno disuelto, y desarrollo acelerado de la vegetación acuática, estos son los siguientes a) nitrógeno y b) fósforo, siendo estos nutrientes son generados de manera natural y antropogénica, por lo que estos resultan ser indicadores del proceso de eutrofización y la calidad del recurso hídrico.

Para el manejo ambiental de la calidad de los recursos hídricos en los ecosistemas acuáticos sean estos las lagunas, lagos, embalses, humedales, ríos, entre otros, se requiere el uso de equipos, herramientas, materiales y una metodología adecuada con la finalidad de determinar de manera exacta los parámetros físico-químicos y biológicos del ecosistema acuático, en este sentido también se requiere de un protocolo de muestreo adecuado para cada tipo de cuerpo de agua. Del mismo modo para evaluar el nivel de eutrofia y caracterizarlo adecuadamente se realiza una evaluación de la concentración de parámetros como la concentración del fósforo total, nitrógeno, clorofila-a, o la transparencia del cuerpo de agua (OCDE, 1982).

Tabla 01. Valores límites para la clasificación trófica de un ecosistema acuático.

CLASIFICACIÓN PRODUCTIVA DE LAGOS			
Estado trófico	P total ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Clorofila a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Transparencia (m)
Ultraoligotrófico	< 4.0	< 1.0	> 12
Oligotrófico	< 10	< 2.5	> 6
Mesotrófico	10 – 35	2.5 - 8	6 - 3
Eutrófico	35 -100	8 - 25	3 - 1.5
Hipertrófico	> 100	>25	<1.5

Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE (1982).

2.1.7.3. Clasificación de los cuerpos de agua y niveles de eutroficación

Los términos hipertróficos, eutrófico, mesotrófico y oligotrófico, representan condiciones intermedias y extremas, aun teniendo en cuenta que el proceso de la eutrofización puede ser un fenómeno natural, en la actualidad este proceso se va agravando por la actividad antropogénica (descarga de aguas servidas, efluentes, otros) (Northcote *et al.*, 1991).

Limnológicamente, los cuerpos de agua se pueden clasificar grandes grupos de tipo:

Ultraoligotrófico

Para Jeunesse, (2001), este tipo de medio acuático representa condiciones pobres en nutrientes (material nutritivo), con una alta concentración de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua en toda su profundidad y a nivel superficial. La transparencia y el color del agua son de buena calidad debido a que las concentraciones de sólidos totales en suspensión son relativamente bajas y no existe un crecimiento excesivo de algas en el agua.

Oligotrófico

Son aquellos medios acuáticos que presentan nutrientes en concentraciones bajas por lo que la presencia de algas es mínima porque no tienen cantidades en exceso con respecto a nutrientes. Los lagos oligotróficos tienen aguas muy frías lo que permite que la disolución de oxígeno en el agua sea mayor, aumentando aún más los niveles de oxígeno. Los lagos oligotróficos presentan una alta transparencia permitiendo con mayor facilidad una penetración de rayos solares. En este contexto estos lagos tienen un proceso de

descomposición muy lento a razón de que existen pocos descomponedores en el agua debido a la menor disponibilidad de nutrientes. Generalmente los peces que se encuentran en los lagos oligotróficos son la trucha y el pescado blanco (Martin & Robert , 1984).

Son masas de agua que se encuentran con bajos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo total), por lo que, las algas no proliferan excesivamente, las aguas presentan una alta transparencia, el oxígeno es abundante y la flora y fauna es típica de aguas oxigenadas (Varinia, 2008). Estas aguas son sistemas acuáticos de bajo contenido de nutrientes y producción vegetal mínima.

Eutrófico

Contienen aguas ricas en nutrientes, lo que facilita el incremento de las algas. En estos lagos, la luminosidad penetra con problema en las aguas y los seres vivos que habitan son los característicos de las aguas pobres en oxígeno (Varinia, 2008). Estos cuerpos de agua son sistemas acuáticos de alto contenido de nutrientes y producción vegetal excesiva. Según Jeunesse, (2001), esta fase tiene mucha importancia para determinar el estado trófico de un medio ya que representa como un medio rico en material nutritivo.

Mesotrófico

Son aquellos cuerpos de agua que presentan características intermedias entre el estado eutrófico y oligotrófico, en donde la concentración media de nutrientes y los organismos acuáticos tienen mayor presencia en el medio acuático (Jeunesse, 2001). Para Daniel, (2020), los lagos mesotróficos tienen nutrientes en un nivel medio y generalmente estos ecosistemas presentan aguas transparentes con plantas acuáticas sumergidas.

Hipertrófico

Estos cuerpos de agua son sistemas acuáticos en estado avanzado de eutrofización con cargas elevadas. Estas son aguas ricas en nutrientes y por consiguiente generan la proliferación excesiva de algas, y la coloración y transparencia del agua disminuye significativamente.

Para Jeunesse, (2001), es la etapa final del proceso de eutrofización debido a que el medio acuático se enriquece significativamente en nutrientes y en donde el nivel de oxígeno

disuelto disminuye drásticamente siendo perjudicial para la vida que se desarrolla en este medio.

Según Daniel, (2020). Estos lagos hipereutróficos se caracterizan por presentar un exceso de plantas y algas debido a un nivel elevado de nutrientes que favorecen al crecimiento de estos. Estos lagos tienen poca transparencia debido al denso crecimiento excesivo de flora acuática. El crecimiento acelerado de la flora acuática en su conjunto generalmente extingue a la fauna que se encuentra en las profundidades del agua lo que originaría zonas muertas en la parte inferior de la superficie del agua.

2.1.8. Nutrientes del agua

Los nutrientes se encuentran de forma natural y son vitales para el desarrollo y crecimiento de organismos, sin embargo, el accionar del hombre puede incrementar la presencia de nutrientes ya sea por drenaje de efluentes, residuos y suelos agrícolas, que contienen niveles elevados de nitrógeno (N) y fósforo (P), y como resultado provoca un incremento del fitoplancton y esta forma una capa de algas, que no permite el ingreso de la luz al agua y por consiguiente se altere el proceso de fotosíntesis. Cuando las algas se descomponen, se requiere oxígeno disuelto, lo cual hace que el OD disminuya originando la mortandad de especies acuáticas (Miranda, 2007).

Según Gil (2001), los nutrientes son imprescindibles para el crecimiento de algas y otros microorganismos. La contribución exógena de estos en los lagos es debido a la actividad urbana, agrícola, comercial e industrial.

Nitratos

Los nitratos son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno, este compuesto se encuentra de manera natural en concentraciones mínimas en las aguas subterráneas y superficiales. El nitrato es un parámetro químico, y es la forma más significativa de nitrógeno en el agua porque es el resultado final de la descomposición aeróbica del nitrógeno orgánico. Los nitratos se caracterizan por ser los mayores componentes de los desechos humanos y animales (Meza , 2016).

Los nitratos fomentan la proliferación excesiva de la flora acuática en los cuerpos de agua (lagos, lagunas, etc.), es por ello que al producirse una vegetación abundante resulta perjudicial por ser invasora y actúa como una manta o sombrilla no permitiendo el paso de los rayos solares en donde se ve afectado el proceso de fotosíntesis sobre todo en aquella vegetación que se encuentra en el interior del cuerpo de agua (Valencia & Valero, 1992).

Los nitratos pueden presentarse en el agua por dilución de rocas (atípico), o por procesos de oxidación generada por la competencia de microorganismos que oxidan la materia orgánica. La generación de nitratos en sistemas depuradoras de aguas debe tomarse en cuenta, porque se convierte en un factor limitante del crecimiento de sistemas hídricos, si la concentración del fósforo es elevada ocasiona la eutrofización de las aguas (FUNIBER, 2009).

Según Camargo (2005), afirma que los nitratos son nutrientes vitales para organismos autótrofos o fotosintéticos, por lo que indica que los niveles máximos recomendados están entre 2.9 y 3.6 mg/L para garantizar la protección de la fauna acuática en aguas continentales como marinas y una concentración máxima restrictiva de 2 mg/L para aquellas especies más vulnerables. Su presencia en altas concentraciones en el agua puede provocar procesos de eutrofización, lo cual permitiría un crecimiento acelerado de ciertas especies vegetales, y con ello se formaría un manto vegetal la superficie del agua perjudicando la oxigenación natural y proceso de fotosíntesis (Salazar, 2015)

Fosfatos

Son sales del ácido fosfórico que se caracterizan por tener un átomo de fósforo y cuatro átomos de oxígeno. Los secundarios y terciarios son insolubles en el agua (Zea, 2015). De igual manera el fosfato orgánico se adhiere a materia orgánica compuesta de plantas y animales vivos, responsables de la proliferación cuantiosa de algas y plantas acuáticas (Mitchell *et al.*, 1991), por consiguiente, los cuerpos de agua con concentraciones elevadas de fosfatos por lo general tienen altos niveles de DBO, esto como consecuencia de las

bacterias que consumen desechos de las plantas lo que provoca que los niveles de OD mermen (Montero *et al*, 2009).

Cuando los fosfatos alcanzan concentraciones muy elevadas ocasionan una proliferación excesiva de la flora acuática especialmente en las algas. Estas algas como la *Spirigoria sp.* concentran hasta diez veces la cantidad de fósforo y al descomponerse pueden ocasionar un impacto severamente negativo llegando a ser mortal para los peces que se encuentran en el agua, los fosfatos son originados generalmente por los abonos agrícolas y aguas residuales porque éstos están compuestos por químicos (detergentes) y otros (Valencia & Valero, 1992).

Los nutrientes (fosfatos y nitratos), presentes en cantidades significativas da origen al proceso eutrofización, pero al estar en concentraciones menores a 2 mg/l, resultaría perjudicial ya que indicaría que los animales han desaparecido o muerto lo que conlleva a que de la DBO se incremente considerablemente (Salazar, 2015).

Nitratos y Nitritos

El nitrógeno es un elemento que encontramos incorporado en moléculas orgánicas que desempeñan funciones vitales para toda célula. Sin embargo el Nitrato y nitrito, son compuestos solubles que contienen en su estructura nitrógeno y oxígeno, en el ambiente el nitrito (NO₂) que por lo general se transforma en nitrato (NO₃) (Fontúrbel, 2005).

Los Nitratos y fosfatos son sustancias completamente solubles en el agua, estos son necesarios para el desarrollo de las plantas, sin embargo, si estos se encuentran en cantidades muy altas en los cuerpos de agua provocan el crecimiento abundante de algas y otros organismos, ocasionando la eutrofización de las aguas (Cornejo, 2014).

2.1.9. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), es la medida o grado de concentración de, sustancias, elementos o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua, aire o suelo, en su calidad de cuerpo receptor, cuyas concentraciones no representa riesgo

significativo para la salud del hombre y ambiente. Según el parámetro analizado, la concentración de estos será expresada en mínimos o máximos (LGA, 2005). Los Estándares de Calidad Ambiental establecidos por el Ministerio del Ambiente, proporcionan los valores máximos y mínimos aceptables de contaminantes en el ambiente, por lo que en el Perú existen estándares de calidad para el recurso hídrico, aire, suelo, radiaciones y ruido. Para realizar el monitoreo, evaluación y seguimiento de los contaminantes presentes en el agua esta es realizada con base al D.S. 004-2017-MINAM - Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (LGA, 2005).

Este instrumento de gestión es importante porque permite contar con un objetivo claro de calidad ambiental cuya evaluación periódica permite saber su cumplimiento y tomar las medidas respectivas. A continuación, se muestran los valores referenciales establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECAS).

18 **NORMAS LEGALES** Miércoles 7 de junio de 2017 /  **El Peruano**

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2

Figura 01. Valores del Estándar de Calidad Ambiental – CAT. 4, para Lagos y lagunas
Fuente: D.S.004 - 2017 MINAM

2.1.10. Parámetros físico - químicos

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH mide el contenido de ión hidrógeno en un medio acuoso y representa el grado de acidez o alcalinidad, se encuentra en una escala de 0 a 14. EL agua de los ríos que no están alterados por procesos de contaminación presenta un pH entre 6.5 y 8.5, dentro del cual los organismos acuáticos capturan y liberan CO₂ durante la fotosíntesis y respiración, respectivamente (Sierra, 2011). El pH interviene en la regulación de los procesos biológicos, la variación del potencial de hidrógeno tiene efectos negativos sobre los seres vivos que se encuentran en el agua, desde el nivel celular hasta el nivel de ecosistemas (Wheaton F. , 1987).

El pH es fundamental para el desarrollo de la vida acuática e indica que habitualmente el agua natural tiene una cierta representación fundamental con unos valores de pH correspondidos entre 6.5 a 8.5 (Fuquene, 2011). Y esto es importante cuando se quiere determinar la calidad del recurso hídrico. Este parámetro depende directamente de la concentración del CO₂ (Fuentes & Massol , 2002).

Temperatura

La temperatura es un parámetro físico del agua que tiene una incidencia directa en el comportamiento de otros parámetros de la calidad de agua, como es el caso del OD (Callata , 2015). La temperatura, es un indicador que regula procesos para los organismos vivos, además afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (Fuentes & Massol , 2002). Esta también afecta a la conductividad eléctrica porque por cada grado de incremento de temperatura aumenta 2% aproximadamente la concentración de la conductividad eléctrica (FUNIBER, 2009).

La temperatura tiene una influencia en el pH, OD, CE y otros índices fisicoquímicos, es por ello que este parámetro al estar elevado puede ocasionar una proliferación de las algas y hongos (Fuentes, 2019).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica indica la salinidad de las aguas. Este es un parámetro que depende de la concentración de los sólidos totales disueltos (STD), y temperatura (Wheaton, 1987). También se define como la capacidad de una solución acuosa que permite transmitir una corriente eléctrica. Dicha capacidad depende de la presencia de iones presentes en el agua; su concentración, valencia y de la temperatura ambiental que se registra en el tiempo de muestreo (Fuentes & Massol , 2002).

La conductividad es un indicador que mide la concentración de sales disueltas que se encuentran en el agua. Cuando se registran valores bajos de este parámetro indican un agua de buena calidad o agua limpia, y a mayor salinidad mayor conductividad (Atajo , 2019).

Ocasio, (2008), indica que el agua como tal por lo general posee una característica, que es tener una conductividad eléctrica baja. En este contexto se determina que el agua pura o limpia posee una conductividad eléctrica baja. Este indicador de calidad puede ser modificado por la temperatura o el material de constitución del lecho.

Sólidos totales disueltos TDS

Los sólidos totales indican la presencia de partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico y sales minerales (Sierra, 2011). Según la (OMS, 2006) menciona que los sólidos totales disueltos (TDS) es una medida de la concentración de los sólidos, este parámetro se determina por medio de la gravimetría.

Los sólidos totales disueltos es un parámetro del agua que mide la cantidad de materia disuelta en el agua, son todos aquellos sólidos, que están en solución ionizados. También se define el término TDS a la cantidad total de sólidos totales disueltos en el agua. Los STD y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionadas. Es por ello que cuanto mayor sea la concentración de sales disueltas en el agua, mayor será la concentración de la conductividad eléctrica (Miller, 2007).

La presencia de los sólidos que permanecen en el agua después de un proceso de filtración son iones disueltos. Este parámetro es afectado por la temperatura del agua de modo que su valor aumenta de un 2 a un 3% por grado Celsius. En este contexto los sólidos disueltos y la conductividad eléctrica están ligeramente relacionados. Por lo que cuanto mayor sea la concentración de sales disueltas presentes en el cuerpo de agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica (Lenntech, 2009).

Transparencia

La transparencia del agua es un indicador importante para el desarrollo biológico de un sistema acuático. La transparencia disminuye al incrementarse la concentración de materia suspendida en ella (sólidos suspendidos, fitoplancton, etc.). En un medio lentic con poca profundidad la luz solar entra en la zona bentónica. La presencia de luz solar en el cuerpo de agua estimula la interacción y el desarrollo del fitoplancton y, por lo tanto, la producción de oxígeno en el agua. (Carpio, 2020).

DIGESA (2011) en su estudio indica que la luz solar, es fundamental para el desarrollo de la flora acuática que se encuentra en el cuerpo de agua, ya que el desarrollo es más productivo en aguas que presentan una mayor transparencia, en comparación de un cuerpo con agua turbia con contenido de sólidos en suspensión.

La transparencia del agua es parámetro físico del recurso hídrico medida por el Disco de Secchi, es esencialmente una función de la reflexión de la luz en su superficie y está influenciada por la materia disuelta en suspensión, existente en ella. Por lo general las aguas con alta concentración de partículas en suspensión poseen un color oscuro (café) si estas son limos y barros; sin embargo, si estas son de color verde, se le puede atribuir al fitoplanctón. Una mayor turbidez en el agua impedirá que los rayos solares ingresen y mantengan una saludable población de fitoplancton (WETSEL, 1981).

Oxígeno Disuelto

El oxígeno es el parámetro más importante para las aguas superficiales y subterráneas, porque la vida de los seres vivos depende del gas, la oxigenación se debe principalmente a la solubilidad del oxígeno de la atmósfera y en menor proporción por la generación de la fotosíntesis, sus propiedades son fundamentales, para el crecimiento, distribución y reproducción de los organismos acuáticos (Miranda, 2007).

Los niveles de oxígeno disuelto dependen de las actividades físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en el agua, si existe materia orgánica en el cuerpo de agua puede disminuir considerablemente la concentración de oxígeno, por ejemplo, las aguas negras carecen de oxígeno disuelto esto se debe a la descomposición aeróbica de materias orgánicas e inorgánicas (Sánchez, 1994).

A su vez este parámetro es denominado un parámetro de campo por lo que debe ser medido "in situ" e inmediatamente por ser sensible a sufrir cambios en un corto tiempo, un nivel apropiado del oxígeno es fundamental para una buena calidad de agua (Aguilar, 2014). Por lo tanto, si la concentración de oxígeno disuelto del agua es bajo indica contaminación con materia orgánica, calidad del agua inadecuada e incapacidad para conservar determinadas formas de vida (Ocasio, 2008).

Cloruros

El cloruro, en forma de ión (Cl^-) es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. Una fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales. En lugares donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua son también una importante fuente de aportación de cloruros (Amachi, 2017).

El recurso hídrico por lo habitual lleva una cantidad de cloruros en su composición natural, este parámetro se encuentra en mayor concentración en aguas naturales, aguas que han tenido un tratamiento previo, aguas residuales y desechos humanos (orina). Los cloruros son dañinos para la salud cuando las concentraciones superan los 250 mg/l. Por lo general

el agua que ha sido impactada con aguas residuales, efluentes industriales y otros presentan altas concentraciones en cloruros (Romero, 2006).

Sulfatos

Los sulfatos son compuestos químicos que se generan por la oxidación de minerales de sulfito o los desechos industriales. Los sulfatos contribuyen a la alteración del ecosistema acuático, al encontrarse en concentraciones altas además al estar en el agua de consumo puede provocar un efecto laxante en consumidores. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; en estudios se han determinado umbrales gustativos que van de 250 mg/l, para el sulfato de sodio, a 1000 mg/l, para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/l (OMS, 2006).

(Chávez, 1998), Menciona que el ión sulfato contribuye con la salinidad de los cuerpos de agua, encontrándose en la mayoría de las aguas naturales. Las aguas saladas (mares) contienen una concentración de 3000 mg/l. Sin embargo, las aguas dulces contienen de 2 a 150 mg/l.

(DIGESA, 2000), Señala que los sulfatos están presentes de manera natural en diferentes minerales que se utilizan comercialmente, sobre todo en las industrias químicas. Estos se descargan a través de efluentes industriales y de los depósitos atmosféricos. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del cuerpo del recurso hídrico y constituyen la dureza permanente. En las aguas superficiales generalmente no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad (Amachi, 2017).

Los sulfatos son componentes naturales del agua y estas se encuentran en concentraciones que no alteran su calidad, en tal sentido una alta concentración de sulfatos puede brindar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, y dicho efecto puede ser más severo en niños y consumidores no habituados (OPS, 2005).

2.1.11. Marco legal nacional

Constitución Política del Perú.

Con base a la carta magna constitución (1993), numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú concordante con el artículo 7.- Establece lo siguiente: “que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como del deber de contribuir a su promoción y defensa”. Por lo que resulta fundamental realizar monitoreos ambientales a fin de conocer la calidad de los componentes ambientales.

Ley General del Ambiente - Ley Nº 28611.

Artículo 1.- Objeto de la norma

Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país (LGA, 2005).

Artículo 113°. - De la calidad ambiental

Toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes.

Artículo 120°. - De la protección de la calidad de las aguas

El Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.

Ley de los Recursos Hídricos (Ley Nº 29338)

La presente ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Esta abarca cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, continentales y marinas que resulte aplicable.

Artículo 73º: Del título V (protección del agua)

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

Artículo 75º: Protección del agua.

La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la ley y demás normas aplicables. En este contexto cabe mencionar que existen autoridades competentes en nuestra región en el tema de gestión de cuencas hidrográficas y recursos hídricos.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Estándares de Calidad Ambiental (ECA)”

Artículo 1.- Objeto de la norma

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

Artículo 2.- Aprobación de los estándares de calidad ambiental para agua

Aprobado los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como anexo conforman parte del presente Decreto Supremo.

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

Para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua se debe contemplar las siguientes precisiones sobre sus categorías a) poblacional y recreacional, b) Extracción cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, c) Riego de vegetales y bebida de animales y finalmente d) la categoría de conservación del ambiente acuático, cabe necesario mencionar que en la presente investigación se trabajó con esta última categoría.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Son aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que conforman parte de ecosistemas vulnerables, frágiles, áreas naturales protegidas – ANP o zona de amortiguamiento, que requieren ser protegidas

Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Estos cuerpos naturales también conocidos como masas de aguas superficiales son aquellos cuerpos lénticos (en latín proveniente de la palabra *lentus* = perezoso, lento calmado), que tienen la característica de presentar una corriente continua unidireccional, es decir aguas estancadas sin ningún flujo de corriente incluyendo humedales. Además de presentar caudales con variabilidad de acuerdo a la estación del año y geografía de la zona donde se desarrolla el estudio o investigación.

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

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

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Agua

El agua dulce es un recurso imprescindible y vital para la humanidad, ya que conlleva todas las actividades sociales, económicas y ambientales; este permite o limita el desarrollo social, ambiental y otros; sin la calidad de dicho recurso originaria conflictos sociales y otros problemas y como consecuencia la alteración de la paz social (WWAP, 2017).

El agua es un recurso limitado y abundante presente en la naturaleza que constituye aproximadamente más del 70% de la superficie total del planeta, y este se presenta en diferentes estados como la lluvia, llovizna, nieve, neblina, granizo, la niebla, lagunas, lagos, ríos, manantiales, mares y los océanos. De acuerdo a su estado puede ser líquida, sólida o evaporada (Andaluz , 2004).

2.2.2. Contaminación

La contaminación es una modificación dañina para las propiedades físicas, químicas o biológicas del agua, aire o suelo, que puede causar daños a la salud del hombre, calidad de vida y el ambiente deteriorando los recursos renovables naturales (Atilio , 2013).

Para Fawell & Nieuwenhuijsen (2003), la contaminación es cualquier cambio significativo en la concentración de algún parámetro (físico, químico o biológico) que puede indicar algún grado de contaminación en el agua, aire o suelo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), indica que el agua que ha sido impactada de forma negativa presenta cambios en su composición original quedando inservible. Es decir, este al ser alterada resulta un agua con característica tóxica por lo que no puede ser apta para el consumo humano, además que este no puede ser destinado a otros fines.

2.2.3. Calidad del agua

Según FAO (1997), la calidad del agua hace referencia a las propiedades y características en la que se encuentra el agua ya sea en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano.

2.2.4. Parámetros de calidad de agua

Los parámetros indicadores de contaminación o índices de calidad permiten medir los cambios percibidos en un cuerpo de agua que puede ser afectado por diversos tipos de contaminación o degradación física (Custodio & Díaz , 2001). Los parámetros de calidad del agua están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos (Sierra, 2011).

2.2.5. Toma de Muestra

Es el conjunto de procedimientos y métodos dirigidos para obtener información actualizada, de una parte, representativa cuantitativamente a partir de un todo (ANA, 2010).

2.2.6. Muestra

Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de

abastecimiento del agua (Turpo , 2018). Para Sierra (2011), la muestra es la recolección de información en un grupo de áreas en intervalos regulares con el propósito de obtener para definir condiciones, características y la calidad del recurso hídrico.

2.2.7. Cadena de Custodia

La cadena de custodia es un formato donde se registra los resultados obtenidos en campo durante el periodo de ejecución del monitoreo, en ella se incluye la información relacionada a los resultados que se obtienen en campo además se menciona las características de la zona de estudio como también las observaciones durante el muestreo, esta resulta imprescindible debido a que en ella se detalla si las muestras fueron preservadas con algún compuesto químico (ácidos, tiosulfato, otros), lo cual es importante mencionar cuando las muestras son enviados laboratorio acreditado para su posterior análisis (ANA, 2010).

2.2.8. Efluente

Descarga directa de aguas residuales que son descargadas al ambiente, cuya concentración de sustancias contaminantes es medida a través de los Límites Máximos Permisibles (Turpo , 2018).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La concentración de nutrientes originados por los efluentes de contaminación en la bahía interior de Puno, 2020; superan los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

Los valores de los parámetros físico-químicos del agua en la Bahía Interior de Puno, se encuentran elevados y superan los valores aceptables establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.

Los puntos de muestreo en la Bahía Interior de Puno, presentan valores críticos debido a las aguas residuales y drenajes clandestinos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio de la presente investigación fue realizado en la bahía interior de Puno, esta se ubica al noreste del Lago Titicaca entre los $15^{\circ}42'52''$ de la latitud sur y los $69^{\circ}58'90''$ de longitud oeste. Se encuentra a una altura de 3,810 m.s.n.m.; este es un ecosistema de gran importancia ambiental en cuyas orillas se desarrolla la ciudad de Puno (PEBLT, 2002). En este cuerpo de agua las corrientes superficiales son muy bajas: sus velocidades fluctúan entre 0,54 cm/s y 19,31 cm/s, con una profundidad promedio de 2,4 m y una máxima de 5 m a 6 m (ANA, 2017). Una marcada característica del lago es la temperatura de sus aguas, siendo cálidas para la altura en que se encuentra ubicado, permitiendo el desarrollo de una cuantiosa biodiversidad (Constantini *et al.* 2004).



Figura 02. Zona de estudio Bahía Interior del Lago Titicaca, Puno.
Fuente: <http://www.altbinaci-perubolivia.org/web/2016-10-12-20-3520/recontrecuperacionecosistemacontaminados/itemlist/category/37-ecalt.html>



Figura 03. Ubicación de los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno.
Fuente: <https://www.google.com/maps/place/titicaca>.



Figura 04. Vista horizontal de los puntos de muestreo en la Bahía Interior Puno.
Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Titicaca>

En las figuras 03 y 04 se muestran los puntos de muestreo distribuidos en la bahía interior.

3.2. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA

3.2.1. Población

La población del presente estudio realizado fue el mismo cuerpo de agua de la Bahía Interior de Puno con su extensión de 17,5 km², equivalente al 0,02 % de la superficie total del lago Titicaca (8400 km²) (ANA, 2017).

3.2.2. Muestra

Para la presente investigación se tomaron 05 puntos de muestreo en la Bahía Interior durante los meses de junio, julio y agosto del presente año, estas fueron tomadas a nivel superficial (20 cm), haciendo así un total de 15 muestras para dicha zona de estudio.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. El método

Para el cumplimiento de los objetivos planteados de la presente investigación, el método fue desarrollado con base a la RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA – “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” (ANEXO 7).

Criterios para determinar los puntos de muestreo de acuerdo al protocolo nacional de monitoreo de la calidad de Aguas.

- ✓ **Accesibilidad:** El punto de muestreo tentativo debe ubicarse en un lugar que permita un fácil acceso de tal manera que el trabajo de monitoreo (toma de muestras, preservación, entre otros), se desarrolle sin tener alguna dificultad posible.
- ✓ **Representatividad:** El punto de muestreo elegido debe ser lo más representativo posible de las características del cuerpo de agua (ANA,2017).
- ✓ **Fuentes de contaminación:** Los puntos de muestreo deben de ser ubicados donde existan fuentes puntuales o difusas de contaminación o donde se desarrollen actividades específicas (zona de pesca, natación, acuicultura) que contribuyan a la alteración de la calidad del recurso hídrico. A continuación, se muestra a algunas fuentes de contaminación que se deben de tomar en cuenta al momento de seleccionar los puntos de muestreo:

- Vertimientos autorizados de aguas residuales.
- Vertimientos clandestinos de aguas residuales.
- Efluentes comerciales.
- Crianza de peces (Actividades de acuicultura).
- Disposición inadecuada de Residuos sólidos.
- Pasivos ambientales.
- Toma de agua para uso poblacional.
- Actividades de recreación.
- Otras fuentes puntuales y difusas de contaminación.

Para la medición de los parámetros físico-químicos y la concentración de nutrientes del agua de la BIP, se tomaron 05 puntos representativos que se muestran a continuación:

Tabla 02. Ubicación de los puntos de muestreo en la Bahía Interior de Puno.

PUNTOS DE MUESTREO	LUGAR DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS
LITI – 01	Desembocadura de la laguna confinada frente a las embarcaciones Puerto Muelle – BIP.	8:30 / 8:45 am	15°50'1.19"S 70°0'52.32"O
LITI – 02	Desembocadura de efluentes urbanos y hospitalarios de la Ciudad de Puno.	9:10 / 9:30 am	15°50'.13"S 70°00'.48"O
LITI – 03	Desembocadura de efluentes por drenaje fluvial, urbanos y comerciales (Sector Terminal Terrestre)	9:45 / 10:05 am	15°50'48"S 70°00'.47"O
LITI – 04	Desembocadura de efluentes urbanos y comerciales (Sector Banquero Rosi)	10:20 / 10:55 am	15°50'1.19"S 70°00'.34"O
LITI – 05	Desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales (Sector Laguna de Oxidación – “El Espinar)	11:20 / 11:45 am	15°50'.55"S 69°49'57"O

Los puntos de muestreo seleccionados en la zona de estudio (Bahía Interior de Puno) fueron georreferenciados con un GPS Garmin y las muestras obtenidas fueron tomadas a nivel superficial e in situ. La toma de muestras se comenzó a partir de las 8:30 a 11:45 am durante un periodo de 03 meses en los meses de junio, julio y agosto (ver figura. 29).

3.3.1.1. Metodología

El procedimiento se realizó de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación. Primero se procedió al reconocimiento de campo y geo-referenciación de los puntos de muestreo con la ayuda de un GPS-MAP GARMIN.

a) Determinar los parámetros físico-químicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, transparencia, sulfatos y cloruros) del agua de la bahía interior de Puno, 2020.

Para la presente investigación se tomó in situ una muestra de 5 litros, utilizando un recipiente de volumen conocido, donde se procedió a medir los valores:

pH: El potencial de hidrogeniones fue medido in situ con un pH – metro marca BDKJ.

- ✓ Método: Electrometría.
- ✓ Unidades: pH.
- ✓ Equipo: pH – metro

Temperatura: Este parámetro fue medido in situ con un pH – metro marca BDKJ

- ✓ Método: Termometría.
- ✓ Unidades: °C.
- ✓ Equipo: pH – metro

Conductividad eléctrica: La CE fue medida in situ con un conductímetro marca HANNA.

- ✓ Método: Electrométrico.
- ✓ Unidades: uS/cm.
- ✓ Equipo: conductímetro.

Posteriormente a ello se dejó que se establezca la medición de dichos los parámetros físicos con un tiempo aproximado de 2 a 3 minutos a fin de mitigar el margen de error.

Transparencia: Fue medida con un disco secchi de 20 cm de diámetro que fue lanzado de la embarcación hasta que la misma desaparezca, tomando nota de esta profundidad es la transparencia del agua. Finalmente se procedió al apunte de todos los datos que se obtuvieron en una cadena de custodia (Anexo 02).

Oxígeno disuelto: Se tomó una muestra de 160 ml en un recipiente de vidrio de color ámbar, luego se procedió a medir dicho parámetro mediante el método de Winkler en donde se añadió 3 reactivos a la muestra, con la finalidad de fijarla, después se añadió una gota del indicador (almidón) y se comenzó con la titulación utilizando la solución $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (tiosulfato de sodio), la metodología por el método de winkler fue utilizada para los 05 puntos de muestreo en la bahía interior de Puno. Finalmente se registraron los datos obtenidos en la cadena de custodia (Anexo 02).

Los sólidos totales disueltos, sulfatos, cloruros: Se tomaron muestras de 160 ml en un recipiente de plástico, se procedió a rotularla y se almacenó dichas muestras en un cooler ($5\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$) con la finalidad de conservarlas y finalmente se procedió a enviar las muestras al laboratorio de análisis de agua y suelo del INIA para respectivos análisis.

b) Determinar los valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes en los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno.

Para determinar la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) de la bahía interior de Puno se realizó el siguiente procedimiento: Como primer paso se identificó las zonas donde existen efluentes que descargan directamente en las aguas de la bahía interior de Puno y para comparar los valores críticos que presentaron los nutrientes del agua se realizó un análisis por zonas en donde se consideraron las siguientes: sector Puerto Muelle – BIP, hospital de la Ciudad de Puno, Sector terminal terrestre, Sector Banquero Rosi y como último sector se determinó en Laguna de Oxidación – “El Espinar. A continuación, se muestra la determinación de nutrientes en la zona de estudio.

Determinación de Nutrientes

Para el análisis de los nitratos y fosfatos se tomaron muestras de 1L de manera superficial e in situ, una vez obtenidas las muestras, estas fueron rotuladas indicando la codificación del punto, nombre del responsable de monitoreo, fecha y hora de muestreo. Posterior a ello las muestras rotuladas fueron almacenadas en un cooler con un sistema de refrigeración de $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ con la finalidad de conservarlas y finalmente se procedió a enviar las muestras al laboratorio de análisis de agua y suelo del INIA para respectivos análisis mediante el espectrofotómetro. Una vez obtenido el certificado de los resultados se analizó si los resultados obtenidos cumplen con los valores límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental ECA – Categoría 4.

3.3.2 Técnica

La técnica utilizada en la presente investigación para la recolección de datos fue mediante la toma de muestras in situ y a nivel superficial de cuatro parámetros físico-químicos los cuales fueron: la temperatura, pH, conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto (OD). Sin embargo, los parámetros como los sólidos totales disueltos (TDS), sulfatos y cloruros fueron evaluados en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA – Puno.

Así mismo los niveles de los nutrientes (nitratos y fosfatos) presentes en el agua de la bahía interior de Puno fueron medidos en el laboratorio de análisis de agua y suelo del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA – Puno. En este contexto la presente investigación se basó en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales con RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA y los criterios que incluye dicho protocolo para la obtención de datos reales y representativos.

3.3.1.2. Materiales y equipos

Tabla 03. Materiales

N°	MATERIALES	CANTIDAD
01	Libreta de Campo	01
02	Guantes de látex	05
03	Recipiente de 5 L	02
04	Recipientes de plástico de 1 L	06
05	Recipientes de plástico de 160ml	06
06	Recipientes de vidrio (ámbar) de 160ml	06
07	Agua destilada de 1L	02
08	Alcohol de 1L	02
09	Cinta métrica	01
10	Pipeta	02
11	Tablero de apuntes	01
12	Lapiceros	02
13	Ice pack	04
14	Cooler	02
15	Cinta Masking	03
16	Marcadores	02
17	Pizarra pequeña	01

Tabla 04. Equipos

N°	MATERIALES	CANTIDAD
01	GPS Garmin	01
02	Multiparámetro HANNA	01
03	pH – metro marca BDJK	01
04	Conductímetro HANNA	01
05	Espectrofotómetro	01
06	Titulador Titrette	06
07	Cámara fotográfica	02
08	Laptop ASUS	02
09	Termómetro	01

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 05. Identificación de variables.

	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Determinar los parámetros físico-químicos del agua de la bahía interior de Puno, 2020.	VARIABLE X= DEPENDIENTE	FISICO- QUÍMICOS	Temperatura	°C
			pH	---
			Conductividad Eléctrica	µS/cm
			Sólidos disueltos	mg/L
			Oxígeno disuelto	mg/L
			Transparencia	Cm
			Sulfatos	mg/L
Determinar la concentración de nutrientes en la BIP	VARIABLE Y= INDEPENDIENTE	NUTRIENTES	Cloruros	mg/L
			Nitratos	mg/L
			Fosfatos	mg/L

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1. Tipo de Investigación:

El tipo de investigación fue descriptivo – analítico, descriptiva razón a que en el presente estudio no se realizó alguna manipulación o alteraciones de las variables del cuerpo de agua, los parámetros que fueron analizados (físico – químicos, nitratos y fosfatos) se evaluaron en su contexto natural y en condiciones normales. Por otro lado, analítico porque los valores obtenidos en la investigación se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

3.5.2. Diseño de la investigación:

En la presente investigación se evaluó la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) presentes en el agua de la bahía interior de Puno, a consecuencia de las fuentes de contaminación que existen en dicha zona de la ciudad, del mismo modo se evaluó los parámetros físicos-químicos en condiciones naturales. El diseño de investigación fue descriptivo - analítico, en donde se tomó como referencia 05 puntos de monitoreo en diferentes zonas de la bahía interior, tal como se observa en la figura 01. Para la investigación se tomaron las muestras de manera directa e in situ en cada punto de

muestreo elegido entre las horas de 9:00 am a 11:00 am. Los datos fueron analizados según el modelo estadístico y los objetivos planteados en la investigación. El estudio permitió obtener información sobre la calidad y la concentración de nutrientes que presenta el agua.

3.5.3. Diseño Estadístico:

El diseño estadístico utilizado en la presente investigación fue una estadística descriptiva mediante la media y desviación estándar para los parámetros físico – químicos siendo estos datos paramétricos.

Fórmula de la media

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

- ✓ \bar{x} : media
- ✓ **n**: Valor de un dato.
- ✓ Σ : Sumatoria.
- ✓ x_i : Valor de una media (Dicovski, 2008).

Fórmula desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Donde:

- ✓ **x**: valor de un dato.
- ✓ x_i : valor de una media.
- ✓ Σ : sumatoria.
- ✓ **S**: desviación estándar (Dicovski, 2008)

Además, para determinar e interpretar los puntos más críticos con relación a la concentración de nutrientes se utilizó como referencia los valores límites establecidos por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) para la clasificación trófica de un ecosistema acuático con la finalidad de evaluar el nivel de eutrofia de manera superficial de la zona de estudio.

Tabla 06. Valores límites para la clasificación trófica de lagos (OCDE)

CLASIFICACION PRODUCTIVA DE LAGOS			
Estado trófico	P total ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Clorofila a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Transparencia (m)
Ultraoligotrófico	< 4.0	< 1.0	> 12
Oligotrófico	< 10	< 2.5	> 6
Mesotrófico	10 – 35	2.5 - 8	6 - 3
Eutrófico	35 -100	8 - 25	3 - 1.5
Hipertrófico	> 100	>25	<1.5

Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE (1982).

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo de la investigación se exponen los resultados obtenidos con relación a los objetivos planteados en el análisis de la determinación de la concentración de nutrientes originado por los efluentes de contaminación en la bahía interior de Puno – 2020.

En la primera parte se da a conocer los valores obtenidos sobre la determinación de los parámetros físico - químicos: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, transparencia, oxígeno disuelto, sulfatos y cloruros en el agua de la Bahía Interior de Puno.

En la segunda parte se detalla los valores críticos obtenidos durante el periodo de muestreo con respecto a la concentración de nutrientes en los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno.

Finalmente, en este capítulo de la investigación se expone sobre los resultados de la concentración de nutrientes originado por los efluentes de contaminación en la bahía interior, 2020 en función de los estándares de calidad ambiental - categoría 4.

A continuación, se detalla todos los resultados obtenidos en gráficos y figuras interpretadas

4.1. Determinación de los parámetros físico-químicos (temperatura, ph, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, transparencia, sulfatos y cloruros) del agua de la bahía interior de Puno, 2020.

A continuación, se detalla los resultados obtenidos en los 05 puntos de muestreo ubicados en la Bahía Interior, estos resultados se muestran en gráficos y tablas para cada parámetro analizado:

Temperatura

La temperatura es un indicador fundamental en el monitoreo del recurso hídrico por lo que los resultados obtenidos se muestran a continuación:

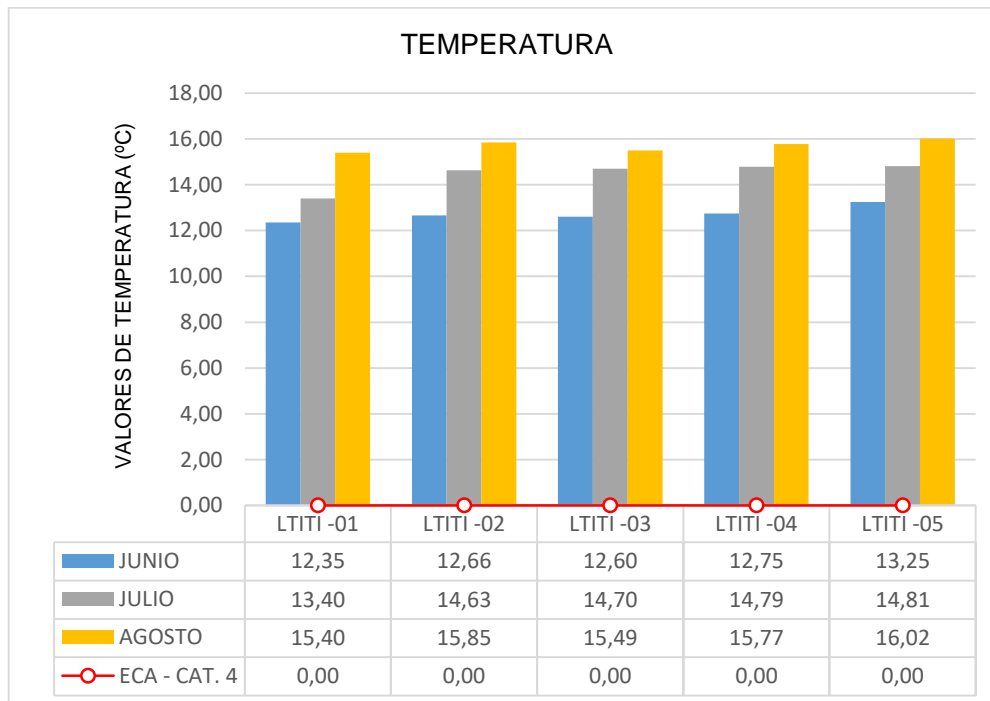


Figura 05. Valores de la temperatura durante los periodos de muestreo - BIP.

En la figura 05 se muestra los valores obtenidos de la temperatura en donde se registró una temperatura máxima de 16.02 °C en el mes de agosto, dicha temperatura fue ubicada en el punto 05 (desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales sector Laguna de Oxidación Espinar), mientras que la temperatura mínima fue de 12.35 °C, y esta se registró en el mes de junio en el punto 01 (desembocadura de la laguna confinada frente a las embarcaciones Puerto Muelle). El promedio para dicha zona fue de 14.49 °C con una desviación estándar de ± 0.07 (Ver figura 06).

Con respecto al valor máximo de temperatura obtenido, este pudo darse por la influencia de los factores meteorológicos (intensidad de la radiación solar, temperatura ambiente, otros), ya que el día de muestreo se evidenció un clima cálido donde los rayos solares tenían intensidad elevada y no había una constante movilización por parte de las embarcaciones lo cual mantenían un cuerpo de agua con un movimiento de oleaje leve.

Además, el tiempo indica un incremento en la temperatura con base a la estación climática que atraviesa la región. También este pudo ser influenciado por la concentración de sólidos totales disueltos en el agua razón a que este contiene sales y minerales que permiten el paso de la corriente eléctrica, lo cual hace que la temperatura del agua tienda a incrementar. En este sentido se concluye que la temperatura es directamente proporcional con los sólidos totales disueltos. La temperatura resulta fundamental cuando se requiere conocer la calidad del recurso hídrico porque es un indicador que influye directamente en el comportamiento del OD, pH, conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (DIGESA, 2011).

En cuanto al valor mínimo se dio por las condiciones climatológicas propia de nuestra región ya que este corresponde a la estación de estiaje, del mismo modo este valor guarda relación con el valor obtenido (13,23 °C) en el boletín limnológico del Lago Titicaca proporcionado por el Laboratorio Continental de Puno del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

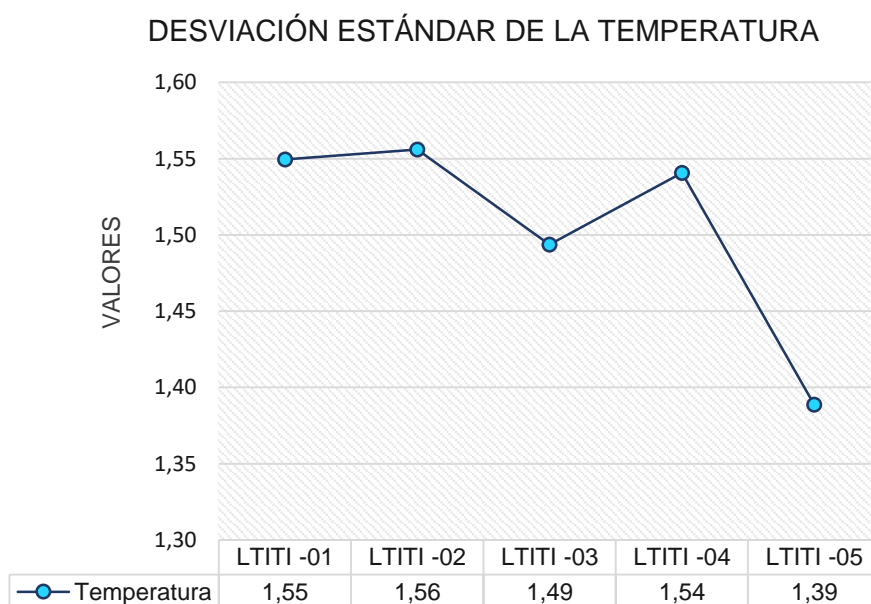


Figura 06. Desviación estándar del parámetro de temperatura en la BIP.

PEBLT (2017), en su estudio realizado en la Bahía del Lago Titicaca reportó una temperatura de 13.29 °C. Romero (2018), determinó los parámetros físico-químicos del Lago Titicaca, en donde el valor promedio de la temperatura promedio fue de 14 °C, del

mismo modo Fuentes (2019), en su trabajo de investigación obtuvo una temperatura media de 17.0°C teniendo una diferencia en la desviación estándar de ± 1.77 con relación al dato de la presente investigación, así mismo Callata (2015), en su trabajo de investigación determinó una temperatura que fluctúa entre 15.60 °C a 13 °C, dichos valores mencionados guardan relación ya que son próximos a una mínima de 12.35 °C y una máxima de 16.02 °C obtenidos en la presente investigación.

Potencial de Hidrogeniones

Los resultados obtenidos del pH se muestran a continuación:

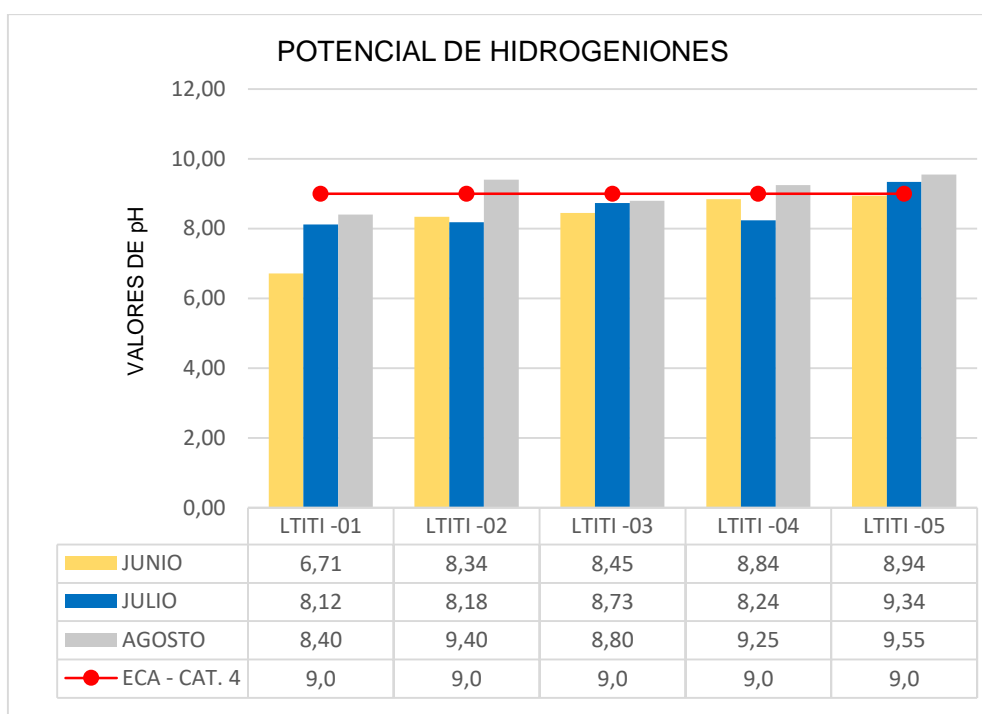


Figura 07. Valores de la temperatura durante los periodos de muestreo - BIP.

En la figura 07 se muestra los valores obtenidos del pH en la Bahía Interior de Puno, registrándose en el mes de setiembre un valor máximo de 9.55, y una mínima de 6.71. La media para dicha zona fue de 8.62 con una desviación estándar de ± 0.29 (ver figura 08).

Los resultados obtenidos para el parámetro del pH, fueron valores máximos de 9.40 y 9.55 en los puntos LTITI-02 y LTITI-05 respectivamente durante el mes de agosto, realizando una comparación con la normativa vigente Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM de los estándares de Calidad Ambiental para el Recurso Hídrico, muestra un valor mínimo de 6.5

y máximo de 9.0 para lagos y lagunas, en tal sentido los resultados obtenidos superan los valores de la normativa vigente. Estos resultados muestran similitud con el estudio realizado por Beltrán *et al.* (2015), en donde obtuvo una media de 9.43, con una máxima de 9.53, valores que exceden el estándar de calidad ambiental (ECA).

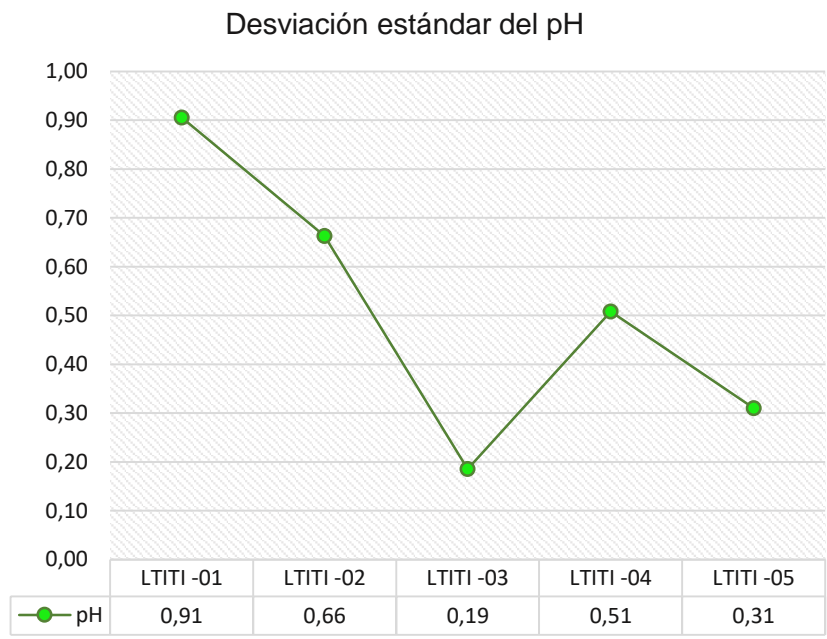


Figura 08. Desviación estándar del parámetro de pH en la BIP.

Con relación al valor máximo obtenido, pudo haber sido influenciado por la temperatura porque este influye en el comportamiento del pH, debido a que cuando hay un incremento en la temperatura, el pH disminuye, de igual forma una disminución de temperatura implica un aumento en el pH, esto se debe a que cuando incrementa la temperatura, las moléculas se separan en sus elementos de hidrógeno y oxígeno. Al aumentar la proporción de moléculas se produce más hidrógeno, lo cual aumenta la concentración del parámetro del pH. Del mismo modo este pudo ser influenciado por la concentración del dióxido de carbono.

Analizando la relación pH-CO₂, se afirma que las aguas con crecimiento elevado de flora (algas, etc.), pueden mostrar una variación en el pH, debido a que cuando las algas se desarrollan y se reproducen utilizan el dióxido de carbono. Esta reducción del CO₂ da origen al incremento del pH.. Puesto que el desarrollo y crecimiento de las algas está sujeto

a la luz solar que penetra en las zonas, en este sentido el pH puede presentar variabilidad dependiendo de la profundidad en lagos, lagunas, ríos y océanos. Por otro lado, con relación al valor mínimo se le atribuye a la escasa actividad fotosintética y a la influencia del sistema de oleaje de las aguas de la Bahía Interior de Puno.

Conductividad Eléctrica

Este parámetro muestra las cargas iónicas que circulan en el agua. Esta medida nos proporciona información sobre la concentración de sales e iones (sales disociadas) presentes en el agua, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

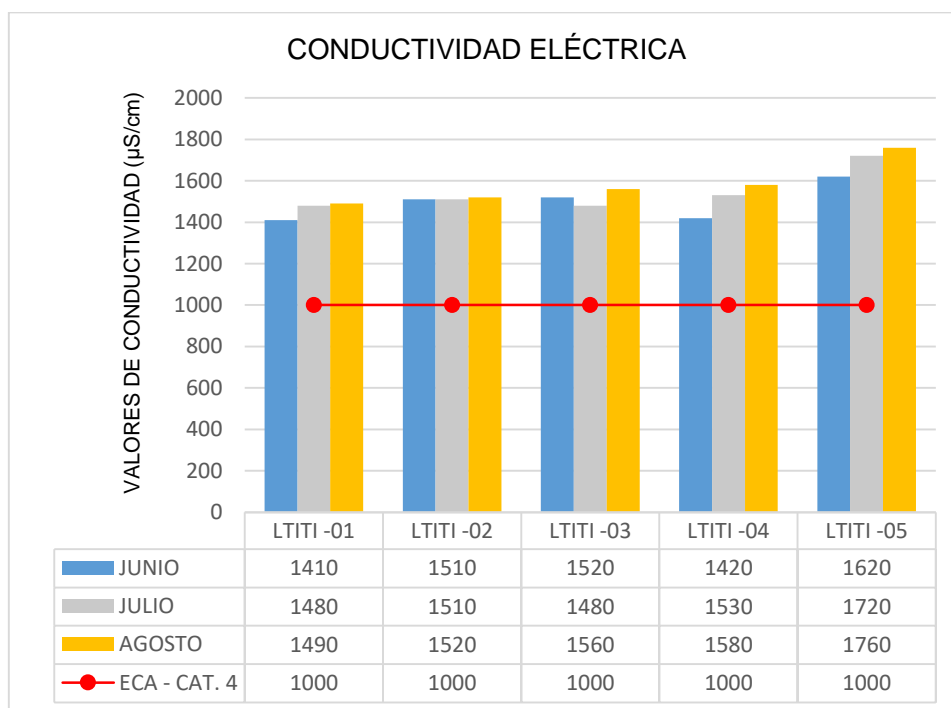


Figura 09. Valores de la conductividad durante los periodos de muestreo - BIP.

En la figura 09 se muestra los valores obtenidos con respecto a la conductividad eléctrica, en donde se registró un valor máximo de 1760 $\mu\text{S/cm}$ en el mes de agosto, esta fue ubicada en el punto 05 (desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales sector Laguna de Oxidación Espinar), sin embargo, durante el muestreo realizado en el mes de julio se registró el valor mínimo de 1410 $\mu\text{S/cm}$, dicho valor fue ubicado en el punto LTITI-01. El promedio para dicha zona de estudio fue de 1540 $\mu\text{S/cm}$ con una desviación estándar de ± 29.97 entre los datos para la conductividad eléctrica (ver figura 10).

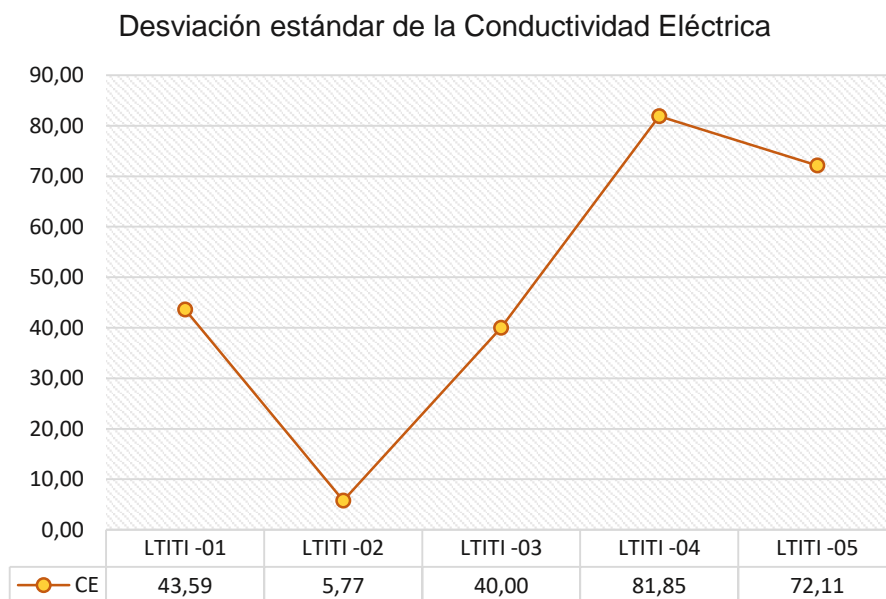


Figura 10. Desviación estándar del parámetro de conductividad en la BIP.

Con respecto al valor máximo se pudo dar por el movimiento constante debido al desplazamiento de las embarcaciones, como también pudo darse por las precipitaciones que se presentaron días antes a la toma de muestras generando partículas en suspensión en el agua. Así mismo este valor pudo haberse registrado por la influencia de la concentración de sólidos disueltos y la temperatura, puesto que estos parámetros guardan relación con la conductividad eléctrica. Cuando la temperatura incrementa, ocurre lo mismo con la conductividad del agua. En este sentido se afirma que la temperatura del agua incrementa en 1°C cuando la conductividad tiende a acrecentar en un 2-3%.

Fuentes (2019), en su trabajo de investigación realizado en la Bahía Interior de Puno reportó un promedio de 1693 $\mu\text{S/cm}$ para conductividad eléctrica, teniendo una diferencia en la desviación estándar de ± 107.72 con relación al dato de la presente investigación. Callata (2015), en su tesis: "Monitoreo y evaluación del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno obtuvo una conductividad de 1901 $\mu\text{S/cm}$, así mismo así mismo Beltrán *et al.* (2015) reportó una media de 1666.95 $\mu\text{S/cm}$ para la Bahía Interior. De igual manera PEBLT, (2017), en su estudio realizado reporta que durante los meses de junio y agosto se obtuvieron valores de 1445 a 1535 $\mu\text{S/cm}$. Flores *et al.* (2016), en su investigación reportaron una CE de 1677 $\mu\text{S/cm}$. En este sentido en las investigaciones realizadas

guardan similitud con los resultados obtenidos en la presente investigación teniendo una media de 1336 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para dicha zona de estudio.

En oposición a tales resultados se encuentra Sotil & Vásquez (2016), ya que en su trabajo de investigación en el río Mazán - Loreto, 2016.” Indica que para el parámetro de conductividad obtuvo un valor de 16.77 $\mu\text{S}/\text{cm}$, así como también Quispe (2010), en su tesis realizada sobre los componentes físico químicos e indicadores reportó un valor de 726,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la conductividad eléctrica. Estos resultados son opuestos porque fueron muestreados en áreas geográficas y cuerpos de agua distintos al de la presente investigación, sumado a ello es que en estas investigaciones no se registraron precipitaciones durante el muestreo.

Sólidos Totales Disueltos

Este parámetro es un conjunto de minerales, metales, sales disueltos y otros compuestos que se encuentran suspendidos en el agua, siendo este un indicador de la calidad del recurso hídrico. Los resultados obtenidos en la investigación se muestran a continuación:

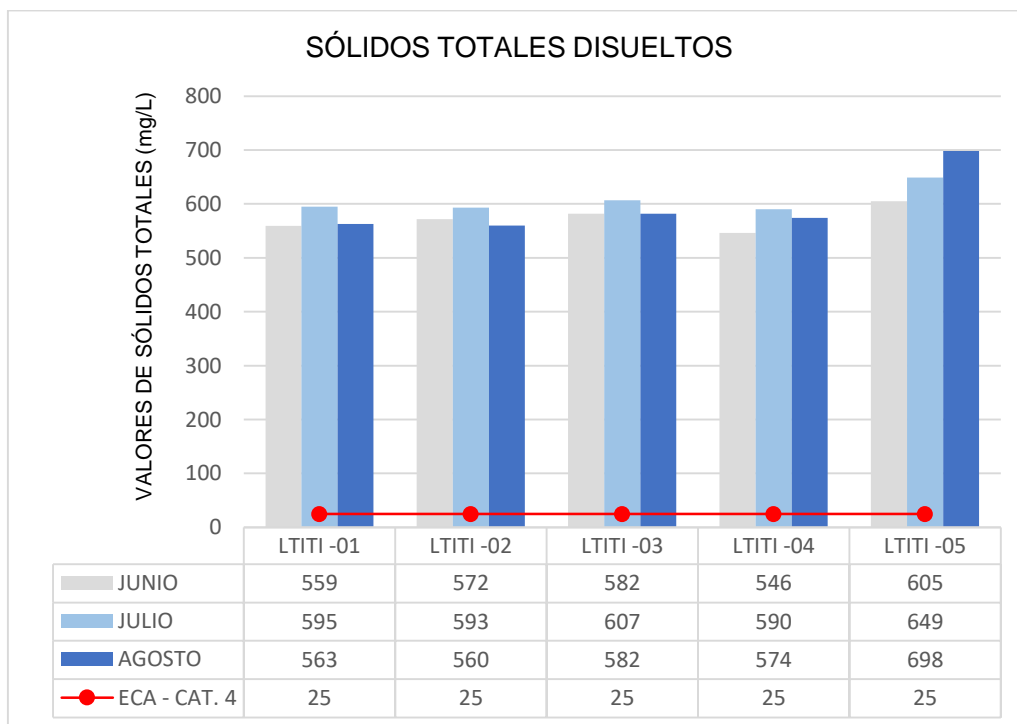


Figura 11. Valores de los sólidos totales durante los periodos de muestreo - BIP.

En la figura 11 se muestra los valores obtenidos con respecto a los sólidos totales disueltos, en donde se registró un valor máximo de 698 mg/L durante el mes de agosto, esta fue ubicada en el punto LTITI-5 (desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales sector Laguna de Oxidación Espinar) sin embargo, durante el muestreo realizado en el mes de junio se registró el valor mínimo de 559 mg/L, dicho valor fue ubicado en el punto LTITI-01. El promedio para dicha zona fue 591.67 mg/L y una desviación estándar de ± 72.11 (ver figura 12).

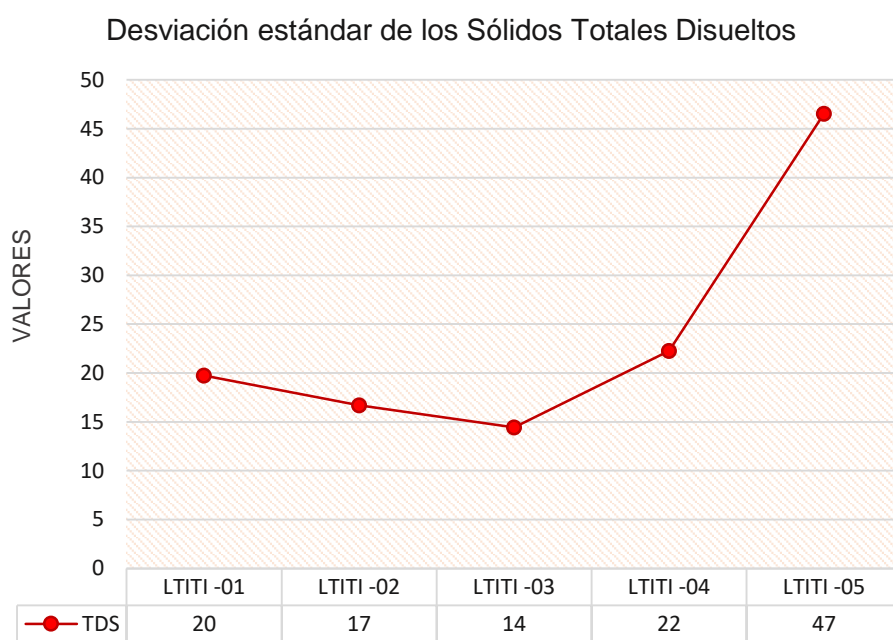


Figura 12. Desviación estándar del parámetro de sólidos totales en la BIP.

Los resultados obtenidos para el parámetro de los sólidos totales disueltos TDS fluctuaron entre 522 y 698 mg/L, realizando una comparación con la normativa ambiental vigente Decreto Supremo N 004-2017-MINAM de los estándares de Calidad Ambiental para el Recurso Hídrico, para lagos y lagunas, muestra como parámetro de calidad 25 mg/L, los resultados obtenidos muestran valores superiores a la normativa ambiental vigente.

Con respecto al valor máximo pudo haberse influenciado por factores externos que ocasionaron una mayor turbulencia a consecuencia del viento intenso, y las precipitaciones. Así mismo es necesario mencionar que la conductividad está directamente relacionada con la concentración de TDS en el agua. El valor mínimo, se registró en el mes

de junio, este pudo haberse dado por que no hubo mucho desplazamiento de las embarcaciones por la situación que atravesaba el país y la región por la COVID-19.

Los resultados que se obtuvieron en la investigación muestran similitud con Callata (2015), ya que en su tesis realizada en la bahía interior de Puno determinó valores con un rango de 908 a 953 mg/L, para los TDS. Salazar (2015), en su estudio realizado en la ciudad de Juliaca reportó un resultado de TDS con una mínima de 499 y máxima 594 mg/l. PEBLT (2017) obtuvo un resultado que fluctuó entre 976 a 982 mg/L. PEBLT (2014), obtuvo valores para el mes de octubre a diciembre que van en un rango de 700 a 735 mg/L para el caso de lagos. Por el contrario, Hallasi (2018), en su investigación desarrollada obtuvo 1147.80 mg/l para el parámetro de los sólidos totales disueltos. Además, Flores *et al.* (2016), reportó un valor de 9.36 mg/L. Estos resultados no guardan relación con los datos obtenidos, porque son estudios para consumo humano y con objetivos distintos al de la presente investigación.

Transparencia

Este parámetro es un indicador de la calidad del recurso hídrico, que permite estimar el estado trófico del lago, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

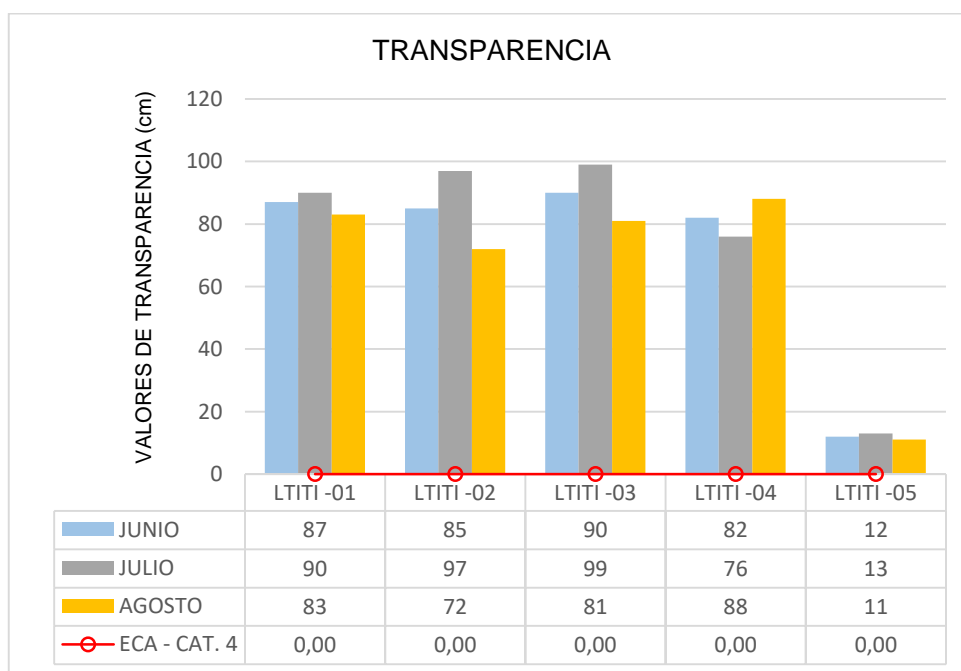


Figura 13. Valores de la transparencia durante los periodos de muestreo – BIP.

En la figura 13 se muestra los valores obtenidos con respecto a la transparencia del agua, en la presente investigación se registró una mayor profundidad de 99 cm en el mes de Julio en el punto LTITI-03 (desembocadura de efluentes por drenaje fluvial, urbanos y comerciales Sector Terminal Terrestre, sin embargo, el valor mínimo de profundidad fue registrado durante el mes de agosto en el punto LTITI-5 (desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales sector Laguna de Oxidación Espinar) con un valor de 11 cm de transparencia. Además, se obtuvo como promedio un valor de 71 cm de profundidad con una desviación estándar de ± 4.52 (ver figura 14).

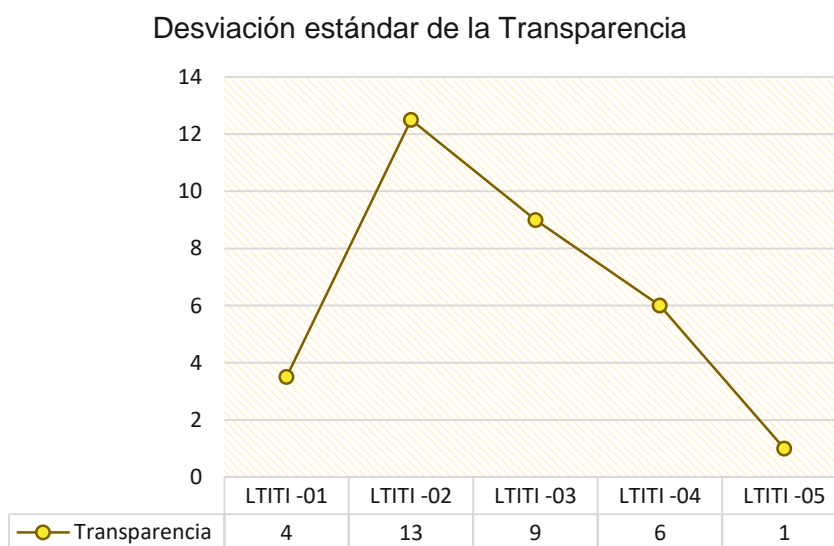


Figura 14. Desviación estándar del parámetro de la transparencia en la BIP.

Resulta importante señalar que el valor mínimo explica que en esta zona del estudio existe una elevada concentración de sólidos totales disueltos, lo que origina una menor transparencia por la presencia de los sólidos en suspensión presentes en el cuerpo de agua. En el estudio realizado en el lago Titicaca por Callata (2015), indica que el valor mínimo de transparencia fue de 0.81cm de profundidad y esta se registró en la laguna de Espinar lo que indica que la penetración de la luz solar es baja, por lo que el agua de este sector del Lago Titicaca se encuentra eutrofizada. Por otra parte, también se debe tener en cuenta que en dicha zona se dio un incremento de la vegetación, un ejemplo de esta es el caso de la *Lemna gibba sp* (lenteja de agua). Beltrán *et al.* (2015) en su estudio realizado

en la Bahía Interior de Puno reportó para el parámetro de la transparencia una media de 143 cm valor que está próximo a los valores obtenidos en la presente investigación, así mismo el trabajo realizado en el puerto muelle de la bahía Interior del Lago Titicaca por Fuentes (2019), guarda similitud con la presente investigación porque en dicha investigación se obtuvo un valor promedio de 84 cm, teniendo una diferencia en la desviación estándar de ± 8.86 con relación al dato que se obtuvo en la presente investigación. Del mismo modo PEBLT (2001), en su estudio realizado concluyó que la que la transparencia del agua de la bahía interior durante los meses de enero y julio, fue de 1.2 a 2.2 m respectivamente. Callata (2015), en su tesis realizada en la bahía del Lago Titicaca determinó una transparencia de 0.81 cm a 1.18 m. Las investigaciones mencionadas presentan una ligera variabilidad por distintos factores ya sea el año de muestreo, la estación en la que se realizó la toma de muestras, agentes meteorológicos u otro factor.

La variabilidad en la concentración de los sólidos en suspensión y su efecto en la transparencia del agua puede ser influenciado por los procesos de sedimentación y suspensión. los cuales suelen estar asociados a factores meteorológicos, por ejemplo, los vientos intensos. Las precipitaciones son otro factor que altera la concentración de sólidos. existen también cambios estacionales en la concentración de sólidos en suspensión tanto por la variación del flujo de partículas por la precipitación, como por los cambios en la producción fitoplanctónica (Efler *et al*, 2002).

Por el contrario, en la zona de estudio de la bahía interior donde se obtuvo que el valor máximo explica que esta zona presenta una mayor transparencia, y por consecuencia la concentración de solidos totales disueltos en el cuerpo de agua es menor. Además, se debe tener en consideración que el día de la toma de datos en el punto de muestreo LTITI-03 el efluente de ingreso a la bahía interior tenía un caudal mínimo a comparación del anterior mes, debido a que no se registraron precipitaciones del mismo modo se evidenció que la presencia de la vegetación autóctona (propio de la zona) en dicho punto era escasa lo cual ayuda a que la transparencia del agua sea mayor.

Oxígeno Disuelto

Es la medida de la concentración de oxígeno presente en el agua, la cantidad de oxígeno disuelto en agua tiene una intervención directa en el desarrollo de la vida y de muchos procesos que se dan en el medio acuático, a continuación, se muestra los resultados obtenidos:

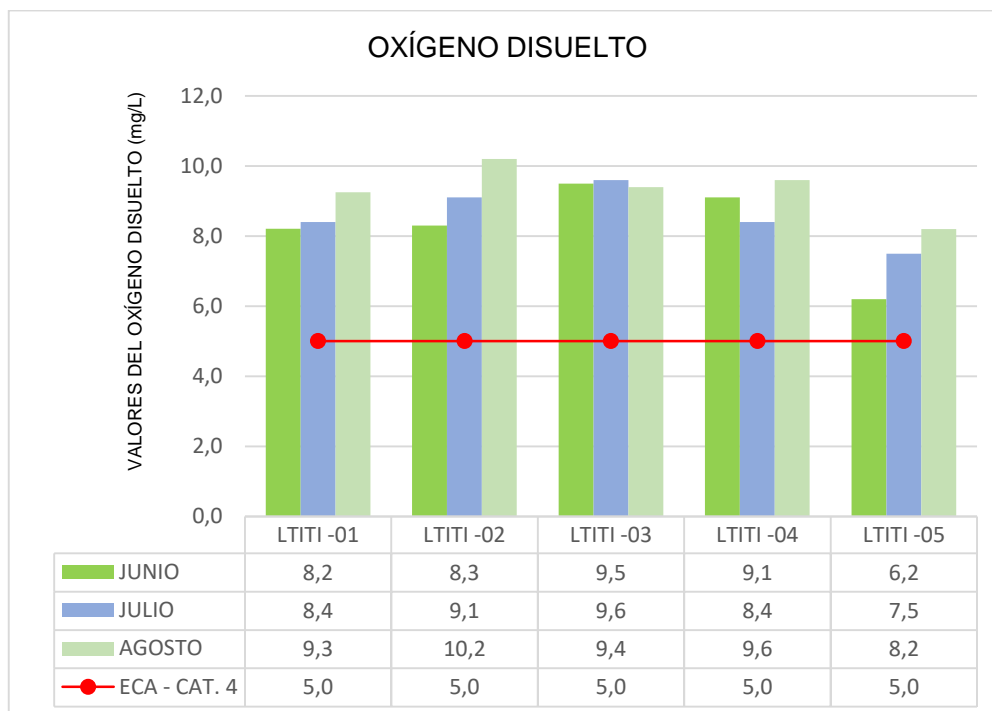


Figura 15. Valores del oxígeno disuelto durante los periodos de muestreo – BIP.

En la figura 15 se muestra los valores del oxígeno disuelto la bahía interior de Puno, donde se obtuvo un valor máximo de 10.2 mg/L, en el punto LTITI-02 durante el mes de agosto y un valor mínimo de 6.2 mg/L en el punto LTITI-5 (desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales sector Laguna de Oxidación Espinar) durante el mes de junio. El promedio para dicha zona es de 8.6 mg/L con una desviación estándar de ± 0.34 (ver figura 16). Por lo tanto, los resultados obtenidos para el parámetro del oxígeno disuelto se presentaron en un rango de 6.2 y 10.2 mg/L mínima y máxima respectivamente, realizando una comparación con la normativa ambiental vigente Decreto Supremo N 004-2017-MINAM de los estándares de Calidad Ambiental para el Recurso Hídrico, para lagos y lagunas, los resultados obtenidos cumplen a la normativa ambiental vigente.

Al relacionar los parámetros de temperatura y oxígeno disuelto se evidenció que estos guardan relación y están vinculadas de manera inversamente, (al incrementarse la temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua), debido a que la degradación biológica incrementa con la temperatura, a consecuencia de la abundante cantidad de materia orgánica, así mismo la relación oxígeno disuelto–pH debido a un medio reductor que produce una acidificación progresiva del medio.

Con respecto al valor máximo se dio en el punto de muestreo LTITI-02, este pudo verse influenciado por la actividad fotosintética. El nivel de oxígeno disuelto es generalmente más elevado por la tarde, y comienza a descender en las primeras horas de la mañana antes de la salida del sol. Otro factor que influyó fue el sistema de oleaje que se presentó el día de monitoreo, debido a que las embarcaciones estaban en constante desplazamiento lo cual como resultado dio a que el agua de la bahía interior se mantuviera bien oxigenada. En relación al valor mínimo se debe a que el desplazamiento de las embarcaciones no era continuo razón por la cual se mantuvo un oleaje leve del cuerpo de agua, dando como consecuencia un descenso en la concentración de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.

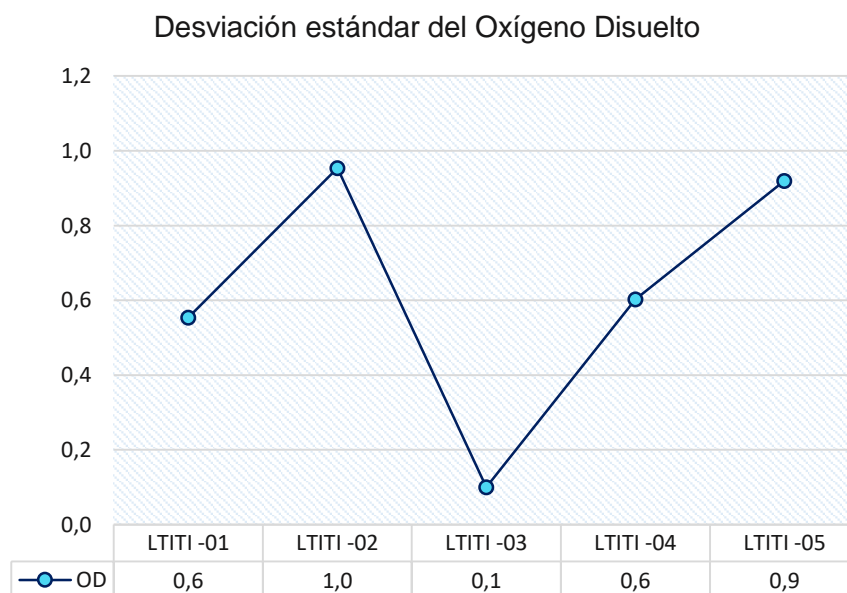


Figura 16. Desviación estándar del parámetro del oxígeno disuelto en la BIP.

Los valores obtenidos en la presente investigación guardan una similitud con las siguientes investigaciones realizadas: Beltrán *et al.* (2015) en su estudio realizado que obtuvo una

media de 6.62 mg/L para la Bahía Interior de Puno. PEBLT (2017) reportó que el oxígeno disuelto fluctuó entre 4.47 a 11.05 mg/L, mínima y máxima respectivamente. Sotil y Vásquez (2016), en su trabajo de investigación: obtuvo un resultado de 6.57 mg/l para el oxígeno disuelto y Romero (2018), determinó los parámetros físico-químicos, en donde el valor promedio de OD fue de 5.66mg/L para las aguas del Lago Titicaca.

Sulfatos

Este es un parámetro físico-químico que contribuye a la dureza del agua. a continuación, se muestra los resultados obtenidos durante el periodo de muestreo en la bahía interior:

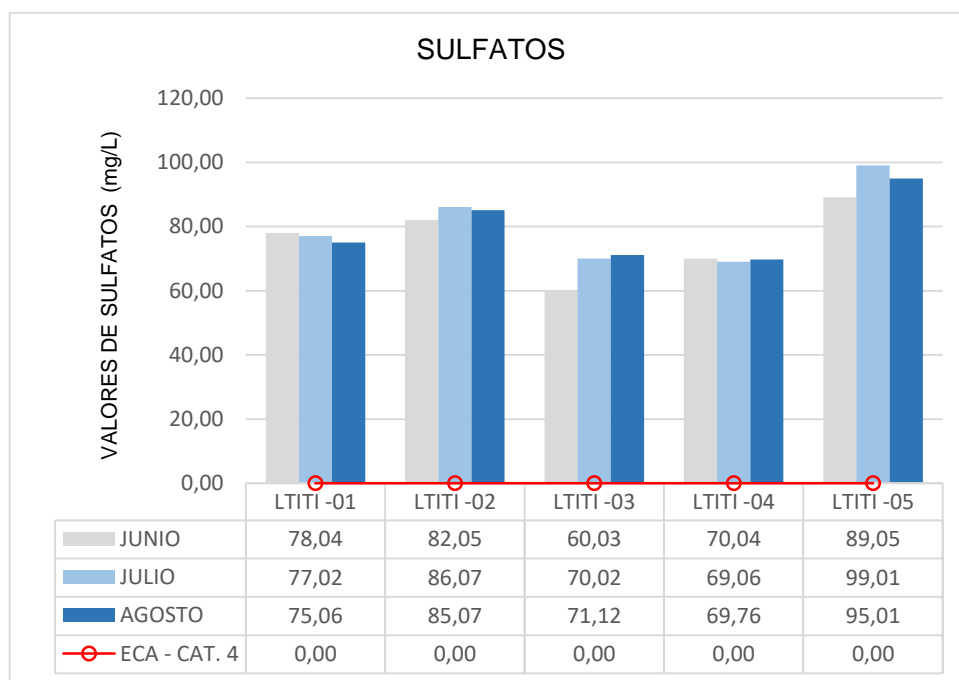


Figura 17. Valores del sulfato durante los periodos de muestreo – BIP.

En la figura 17 se muestra los valores que se obtuvieron con respecto a la concentración del sulfato en la bahía interior de Puno, donde se obtuvo un valor máximo de 99.01 mg/L, en el punto LTITI-05 durante el mes de agosto y un valor mínimo de 70.02 mg/L en el punto LTITI-3(desembocadura de efluentes por drenaje fluvial, urbanos y comerciales Sector Terminal Terrestre. El promedio para dicha zona es de 78.43 mg/L con una desviación estándar de ± 2.40. Los sulfatos suelen ser sales solubles presentes en el agua, por lo que se distribuyen de manera natural en la naturaleza y pueden presentar concentraciones variables en los cuerpos de agua. El origen de los sulfatos se debe principalmente a los

procesos de disolución de yesos (tizas), existentes en la zona, el agua subterránea, así también por la contaminación con aguas industriales residuales. El valor máximo que se obtuvo tiene relación con lo mencionado ya que en dicho punto se observa que existe gran cantidad de residuos de construcción almacenados de manera inadecuada. Los sulfatos contribuyen a la alteración del ecosistema acuático. (DIGESA, 2000). Los sulfatos están presentes de manera natural en diferentes minerales que se utilizan comercialmente, por lo general en las industrias químicas. Estos son ocasionados principalmente por la descarga de efluentes industriales y de factores.

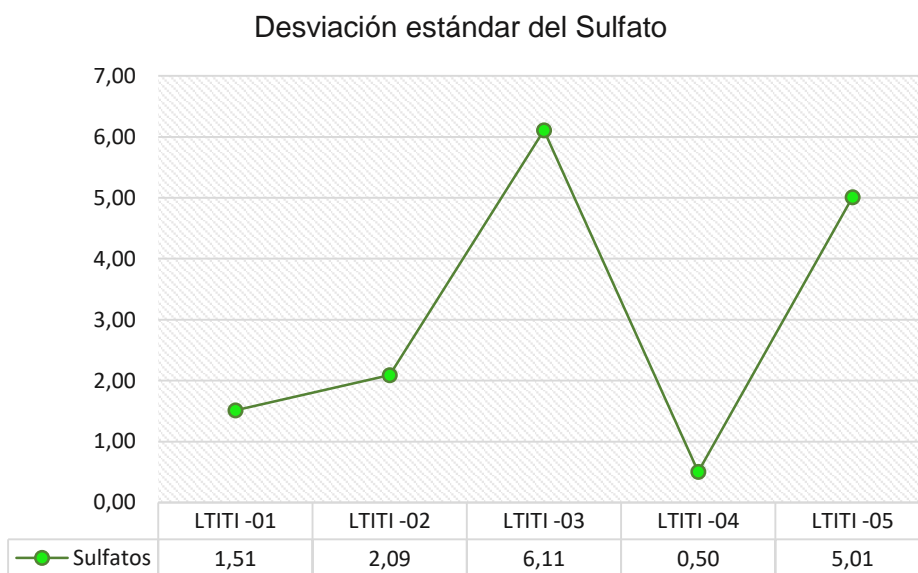


Figura 18. Desviación estándar del parámetro del sulfato en la BIP.

Los resultados que se obtuvieron en la investigación guardan relación con las siguientes investigaciones realizadas en cuerpos de agua: Borbolla (2003), en su investigación desarrollada sobre la calidad de agua obtuvo un valor de: 89.86 mg/L para la concentración del sulfato. Salazar (2015), en su estudio realizado reportó un resultado de 65 - 90 mg/L y Quispe (2010), en su tesis realizada sobre los componentes físico químicos e indicadores reportó un valor de sulfatos 401 mg/L. Por otro lado, los resultados obtenidos en la presente investigación estuvieron en un rango de 70.02 y 96.07 mg/L mínima y máxima respectivamente. Dichos valores comparando con el D. S. N° 004-2017-MINAM de los

estándares de Calidad Ambiental, para lagos y lagunas, no se cuenta con un valor guía para este parámetro del agua.

Cloruros

El recurso hídrico por lo habitual lleva una cantidad de cloruros en su composición natural, este parámetro se encuentra en mayor concentración en aguas naturales que han sido alteradas de manera artificial a continuación se detallan los resultados obtenidos:

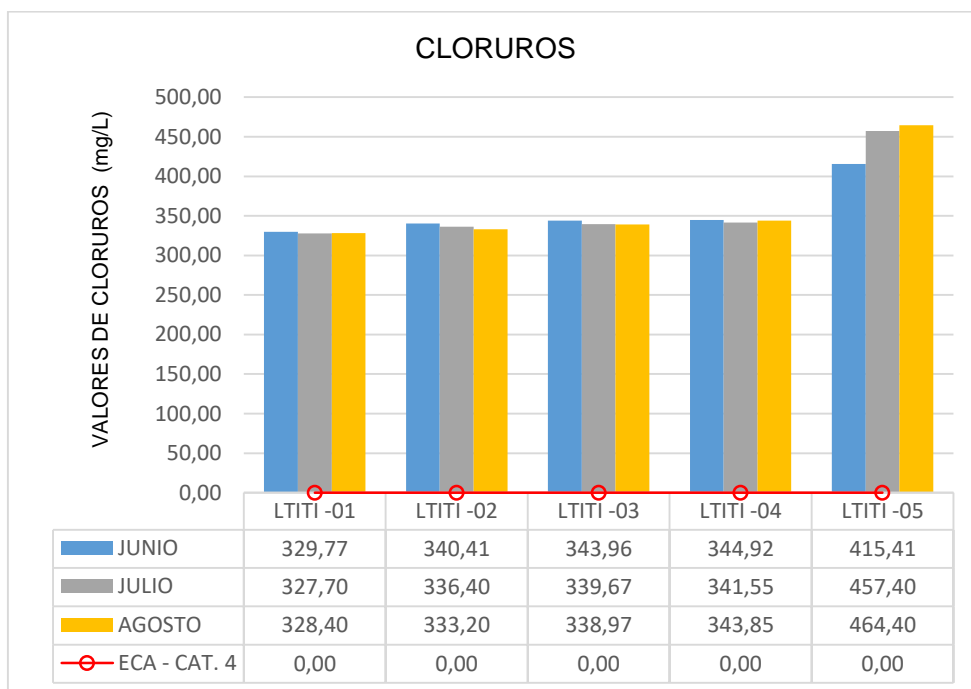


Figura 19. Valores del sulfato durante los periodos de muestreo – BIP.

En la figura 19 se muestra los valores que se obtuvieron con respecto a la concentración del cloruro en la bahía interior de Puno, donde se obtuvo un valor máximo de 464.40 mg/L, en el punto LTITI-05 durante el mes de agosto y un valor mínimo de 327.70 mg/L en el punto LTITI-01 durante el mes de junio. El promedio para dicha zona de estudio es de 359.07 mg/L con una desviación estándar de ± 10.88.

Los resultados que se obtuvieron en la investigación guardan concordancia con las siguientes investigaciones realizadas en cuerpos de agua: Salazar (2015), en su estudio realizado reportó un resultado de 0.7 – 1.6 mg/l. Quispe (2010), en su tesis realizada sobre

los componentes físico químicos e indicadores reportó un valor de cloruros 81.20 mg/L y Borbolla (2003), en su investigación desarrollada sobre la calidad de agua obtuvo un valor de: 40.17 mg/L para la concentración del cloruro. Por lo general el agua que ha sido impactada con aguas residuales, efluentes industriales y otros presentan altas concentraciones en cloruros (Romero, 2006).

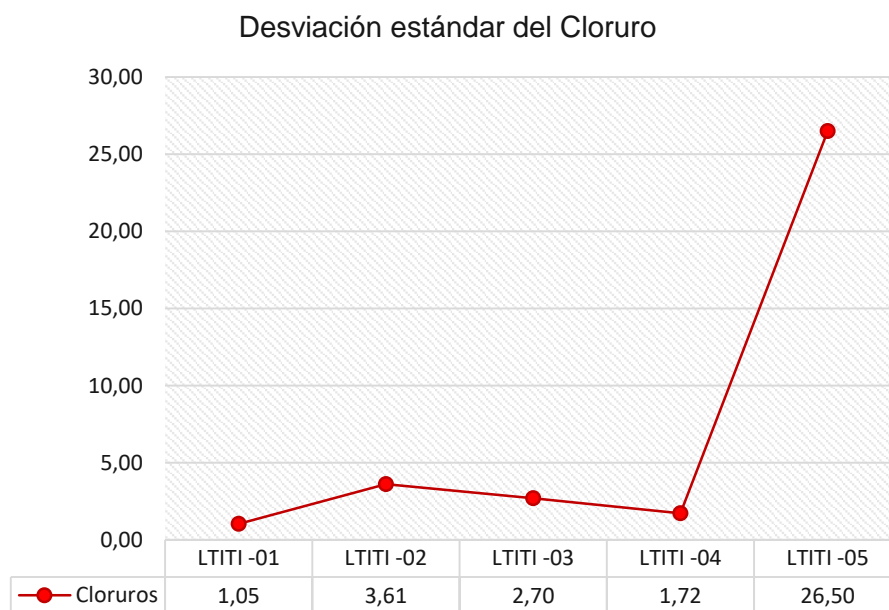


Figura 20. Desviación estándar del parámetro del Cloruro en la BIP.

Por otro lado, los resultados estuvieron en un rango de 327.70 y 344.92 mg/L mínima y máxima respectivamente. Dichos valores comparando con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM de los estándares de Calidad Ambiental para el Recurso Hídrico, para lagos y lagunas, no se cuenta con un valor de referencia para este parámetro del agua.

4.2. Determinación de los valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes en los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno.

La concentración de nutrientes presentes en las aguas son indicadores de la calidad del recurso hídrico. Estos resultan fundamentales para evaluar el nivel de eutrofia de un cuerpo de agua. A continuación, se muestran los valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) en los puntos de muestreo realizados en la bahía Interior de Puno.

Valores críticos del nitrato en la bahía interior de Puno por punto de muestreo.

Tabla 07. Valores del nitrato, promedio, máxima, mínima y desviación estándar.

PARÁMETRO ANALIZADO	NITRATOS	PERIODO DE MUESTREO		
		JUNIO	JULIO	AGOSTO
CÓDIGO	PUNTO DE MUESTREO	mg/L	mg/L	mg/L
LTITI -01	Desembocadura de la laguna confinada frente a las embarcaciones Puerto Muelle – BIP.	2,50	1,90	1,90
LTITI -02	Desembocadura de efluentes urbanos y hospitalarios de la Ciudad de Puno.	1,70	1,80	1,75
LTITI -03	Desembocadura de efluentes por drenaje fluvial, urbanos y comerciales (Sector Terminal Terrestre)	2,06	1,15	2,59
LTITI -04	Desembocadura de efluentes urbanos y comerciales (Sector Bancharo Rosi)	2,10	2,00	2,06
LTITI -05	Desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales (Sector Laguna de Oxidación – “El Espinar)	3,30	3,11	3,32
VALORES	Valor máximo	3,30	3,11	3,32
	Valor mínimo	1,70	1,15	1,75
	Promedio	2,33	1,99	2,32
	Desviación estándar	0,61	0,71	0,64

La figura 21 se muestra el comportamiento del nitrato en donde los valores muestran que durante el mes de junio el valor crítico fue de 3.30 mg/L, 3.11 mg/L en el mes de julio y 3.32 mg/L durante el mes de agosto estos datos se presentaron en el punto LTITI-05. Sin embargo, las concentraciones de este parámetro presentaron valores inferiores teniendo como promedio de 1.99 durante el mes de julio en el punto LTITI-03 (Sector Terminal Terrestre), este valor pudo darse por la situación que se atraviesa por la pandemia ya que se restringió los viajes, tránsito de las personas debido a la cuarentena total que dispuso el gobierno central. En forma general se puede apreciar que los nitratos presentaron variaciones no significativas, presentando desviaciones estándar de ± 0.61 , ± 0.71 y ± 0.64 .

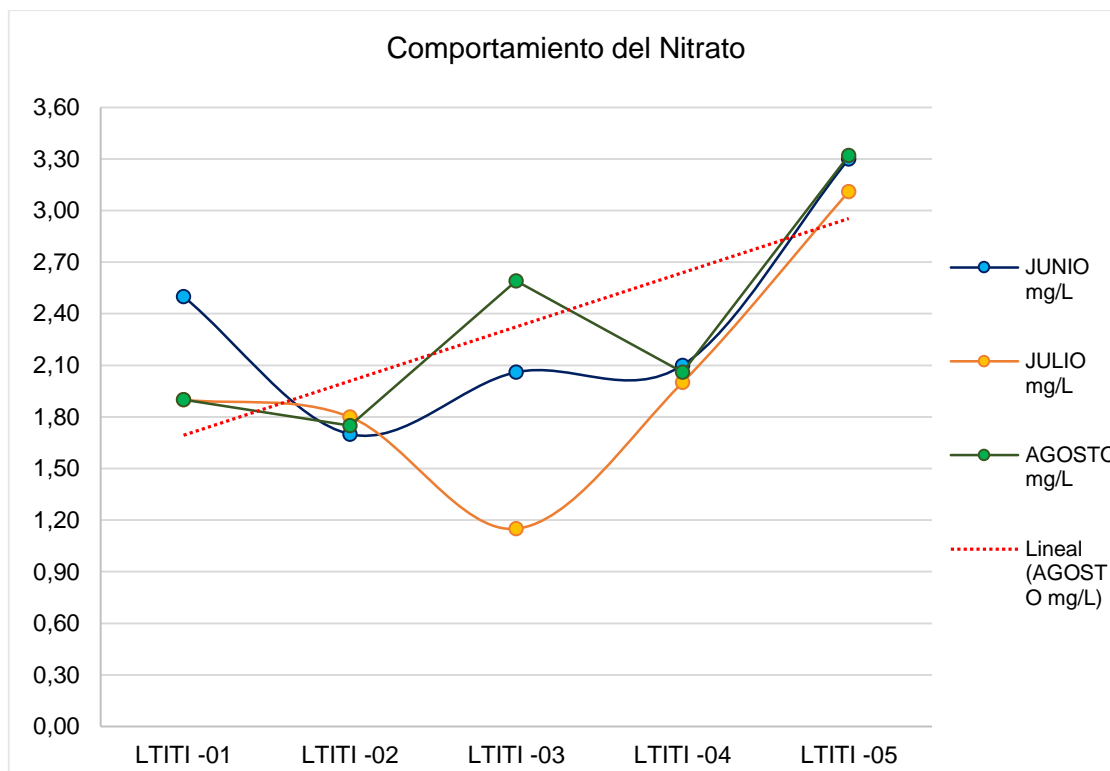


Figura 21. Representación gráfica del comportamiento del nitrato y sus valores críticos.

Los resultados en la figura 22 muestra que durante el mes de agosto se presentó el valor más crítico en el punto 05 Desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales (Sector Laguna de Oxidación – “El Espinar”) siendo el principal efluente que aporta en la concentración del nitrato representando el 29%.

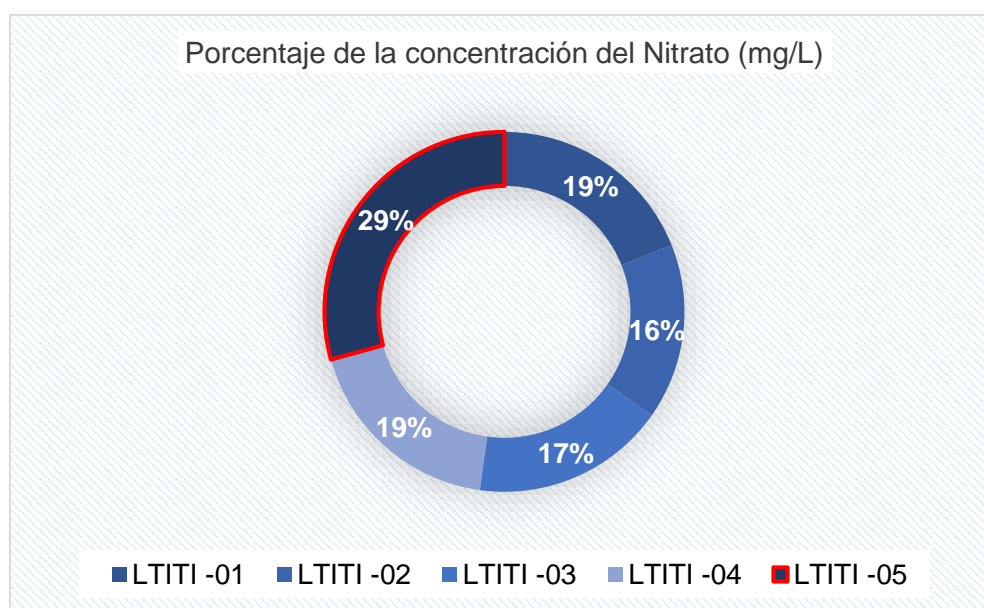


Figura 22. Representación gráfica porcentual de la concentración del nitrato.

Valores críticos del fosfato en la bahía Interior de Puno por punto de muestreo

Tabla 08. Valores del fosfato, promedio, máxima, mínima y desviación estándar.

PARÁMETRO ANALIZADO	FOSFATOS	PERIODO DE MUESTREO		
		JUNIO	JULIO	AGOSTO
CÓDIGO	PUNTO DE MUESTREO	mg/L	mg/L	mg/L
LTITI -01	Desembocadura de la laguna confinada frente a las embarcaciones Puerto Muelle – BIP.	0,25	0,20	0,45
LTITI -02	Desembocadura de efluentes urbanos y hospitalarios de la Ciudad de Puno.	0,35	0,85	0,56
LTITI -03	Desembocadura de efluentes por drenaje fluvial, urbanos y comerciales (Sector Terminal Terrestre)	0,42	0,63	0,73
LTITI -04	Desembocadura de efluentes urbanos y comerciales (Sector Banquero Rosi)	0,52	0,25	0,95
LTITI -05	Desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales (Sector Laguna de Oxidación – “El Espinar)	0,36	1,45	1,84
VALORES	Valor máximo	0,52	1,45	1,84
	Valor mínimo	0,25	0,20	0,45
	Promedio	0,38	0,68	0,91
	Desviación estándar	0,10	0,51	0,56

La figura 23, muestra el comportamiento del fosfato en los diferentes puntos de monitoreo distribuidos en las aguas de la bahía interior de Puno durante el 2020. Los valores muestran que durante el mes de junio el valor crítico fue de 0.52 mg/L, 1.45 mg/L en el mes de julio y 1.84 mg/L durante el mes de agosto estos datos se presentaron en el punto LTITI - 05 Desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales (Sector Laguna de Oxidación – “El Espinar) , Sin embargo las concentraciones de este parámetro presentaron valores inferiores teniendo como promedio de 0.38 durante el mes de julio en el punto LTITI-01 (Desembocadura de la laguna confinada frente a las embarcaciones Puerto Muelle – BIP), del mismo modo los valores obtenidos pudo haberse influenciado por la situación que atravesaba por la pandemia y la cuarentena total que se dispuso desde el

gobierno central. En forma general se puede apreciar que los fosfatos presentaron variaciones, presentando desviaciones estándar de ± 0.10 a ± 0.56 . En tal sentido los fosfatos están relacionados con el proceso de eutrofización de aguas superficiales (lagunas, lagos, ríos, embalses, etc.). Porque se afirma que 1 gramo de fósforo fosfato- (P-PO4) provoca el crecimiento de hasta 100 gramos de algas. Del mismo modo si el desarrollo de la flora acuática (algas) se produce en exceso, estas al momento de cumplir su ciclo se dará comienzo a procesos de descomposición que pueden dar como resultado un incremento en la demanda de oxígeno disuelto, agotando el oxígeno presente en el cuerpo agua (Amachi, 2017).

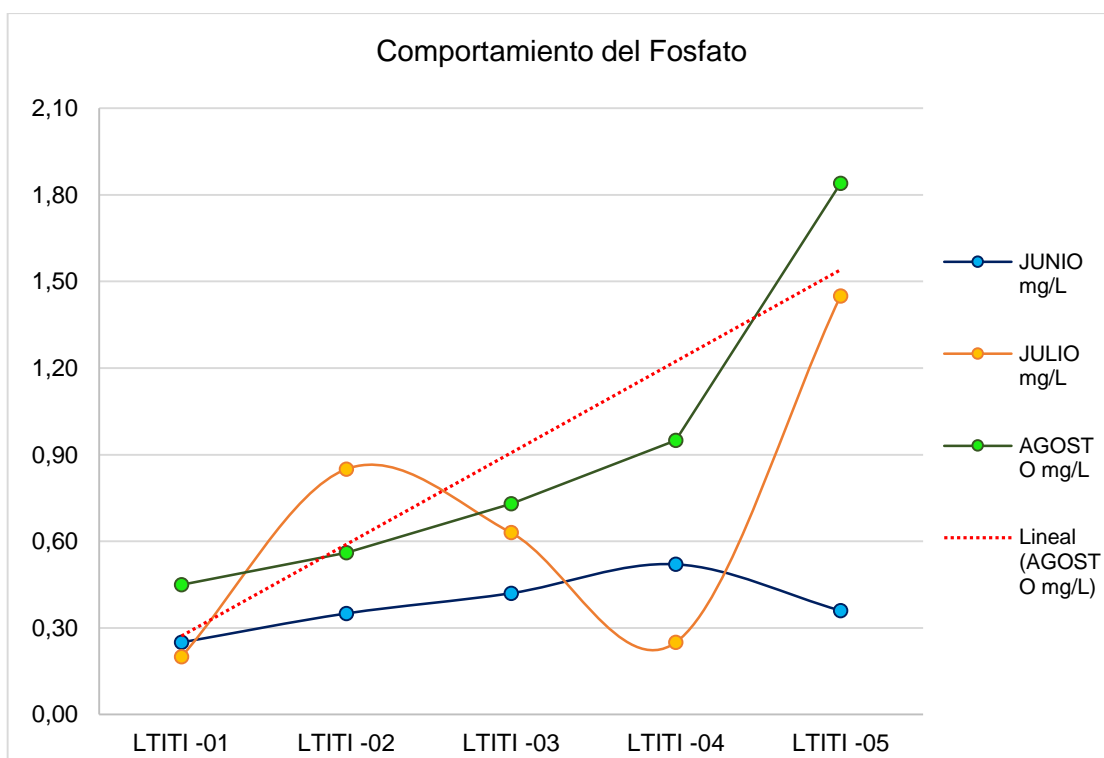


Figura 23. Representación del comportamiento del fosfato y sus valores críticos.

Los resultados en la figura 24 (Representación gráfica del comportamiento del fosfato en porcentaje respecto a sus valores críticos), se muestran que durante el mes de agosto se presentó el valor más crítico en el punto 05 Desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales (Sector Laguna de Oxidación – “El Espinar) siendo el principal efluente que aporta en la concentración del fosfato representando el 37%.

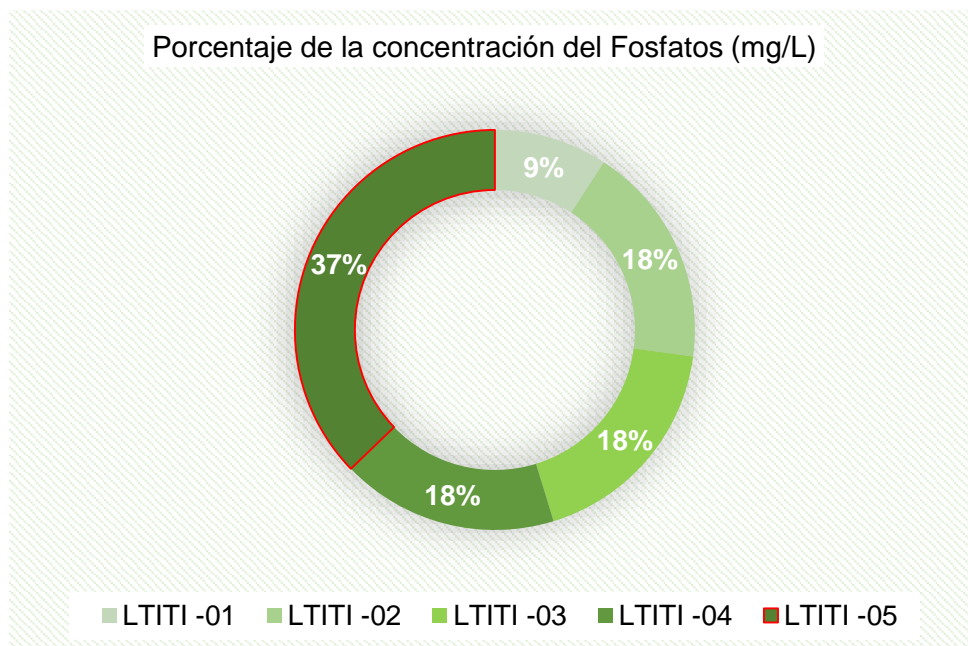


Figura 24. Representación gráfica porcentual de la concentración de fosfatos.

En resumen, se pudo presenciar que, en diferentes puntos ubicados en la bahía interior de Puno, las concentraciones de los nutrientes (nitratos y fosfatos) presentaron variabilidad, incrementándose significativamente en la zona de laguna de oxidación del Espinar durante el mes de agosto, a comparación de los demás puntos de muestreo, esta afirmación se refleja en la línea de tendencia que se representa en las figuras 21 y 23 de los comportamientos del nitrato y fosfato respectivamente. El incremento en la concentración del fosfato se da por las descargas directas de vertidos urbanos, sin embargo, por otro lado, los nitratos pueden ser originados por lo general por la actividad agrícola, estos parámetros al estar en concentraciones altas ocasionan un desequilibrio del ecosistema acuático, dando origen al fenómeno de “eutrofización de las aguas”, que se manifiesta por una gran producción de las algas y la disminución en la concentración de oxígeno. Dicha afirmación es respaldada por Vásquez (2006) porque indica que las altas concentraciones de dicho parámetro contribuyen al proceso de enriquecimiento del agua del mismo modo Beltrán *et al.*, (2015), en su estudio realizado en la bahía interior de Puno guarda concordancia con lo indicado.

Relación del estado trófico con los parámetros obtenidos en la investigación

A continuación, se muestra la relación del estado trófico en el agua de la bahía interior del lago Titicaca, con los parámetros obtenidos en la presente investigación. La evaluación del estado trófico de un medio acuático se expresa en relación entre la concentración de nutrientes que contiene el agua y el crecimiento del fitoplancton dentro del ecosistema acuático, en este sentido el proceso de eutrofización del recurso hídrico depende principalmente de las cargas de nutrientes que recibe (Rivera, 2002), este fenómeno también es influenciado por otros parámetros como el pH, turbidez, sólidos totales disueltos, transparencia, temperatura, etc (Carlson & Simpson, 1996).

Por lo tanto, para evaluar el nivel de estado trófico del agua se realiza evaluando la concentración de parámetros como, la concentración del fósforo total, clorofila-a, o la transparencia que presenta el agua (OCDE, 1982).

Tabla 09. Valores límites para la clasificación trófica de un ecosistema acuático:

CLASIFICACION PRODUCTIVA DE LAGOS			
Estado trófico	P total ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Clorofila a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Transparencia (m)
Ultraoligotrófico	< 4.0	< 1.0	> 12
Oligotrófico	< 10	< 2.5	> 6
Mesotrófico	10 - 35	2.5 - 8	6 - 3
Eutrófico	35 - 100	8 - 25	3 - 1.5
Hipertrófico	> 100	> 25	< 1.5

Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE (1982).

En este sentido realizando un análisis de los resultados obtenidos en la investigación la transparencia del agua a nivel superficial presentó valores similares en los puntos de muestreo distribuidos en la bahía interior, presentando ligeras variaciones en el punto LTITI-02, sin embargo, en el Punto LTITI-05 (Sector de la laguna el Espinar) se registraron los valores críticos ya que estos datos se encontraron por debajo de los 14 cm de transparencia del agua tal como se muestra en la figura 25 (Representación gráfica del comportamiento de la transparencia en la bahía interior de Puno), estos valores

comparándolos con los Valores límites establecidos por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) para la clasificación trófica de un ecosistema acuático, se concluye que en este sector del estudio presentan aguas con características hipertróficas debido a que la transparencia es menor a 1.5 metros, valor de referencia que muestra los valores límites de la OCDE.

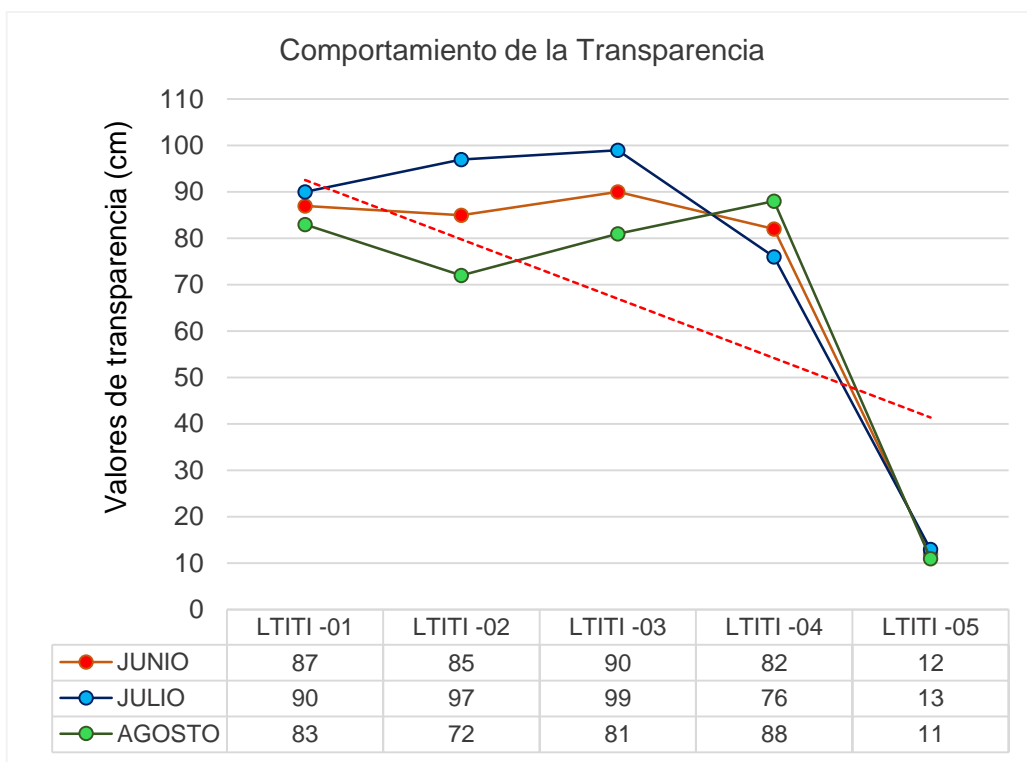


Figura 25. Representación gráfica del comportamiento de la transparencia.

(Beltrán *et al.*, 2015), en su estudio realizado guarda concordancia con lo indicado porque explica que, en la zona cercana a la salida de la laguna de estabilización, es crítica debido al comportamiento que muestran los parámetros del agua, estos indican que en esta zona de estudio existe contaminación en la bahía interior. La transparencia del agua presento una media de 1.4 m, siendo valores mínimos, la conductividad eléctrica del agua tiene valores elevados, el valor de pH es de 9.4. Callata (2015), en su investigación realizada en la bahía interior de Puno determinó una transparencia que fluctuó entre 0.81 a 1.18 cm, en donde la menor transparencia del agua se dio en la laguna de Espinar lo que indica que la penetración de la luz solar es baja, y que el agua de este sector se encuentra eutrofizada, esto también se le atribuye porque para la concentración del oxígeno disuelto se registraron

los valores mínimos de 2.10 a 3.28 mg/L, en el mismo sector de la bahía de Puno. Del mismo modo Aguilar (2014), en su trabajo de tesis “Análisis y descripción de la eutrofización en la Bahía Interior de Puno” afirma que en la Bahía Interior de Puno existe un alto grado de eutrofización. Otro parámetro que influye en este proceso de eutrofización del cuerpo de agua es la temperatura debido a que este parámetro interviene en los todos procesos fisiológicos y biológicos que se desarrollan en los sistemas de tratamiento de aguas residuales por lo que tiene influencia en el fenómeno de eutrofización de las aguas, Es por ello que se le atribuye como segundo factor en importancia después de la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en determinar el estado trófico del agua.

En este sentido se concluye que en esta zona de estudio el agua del sector de la laguna de estabilización es alcalina con características hipertróficas siendo un indicador de que en esta zona se encuentra en proceso de eutrofización. Esto se ve reflejado por la vegetación densa de la lenteja de agua en la bahía interior, así como en zonas periféricas se observa la presencia de totorales esto debido a las descargas de efluentes clandestinos y aguas servidas que desembocan en las aguas de la Bahía interior de Puno.

4.3.Resultados de la concentración de nutrientes originados por los efluentes de contaminación en la bahía interior de Puno, 2020 en función de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.

Nitratos

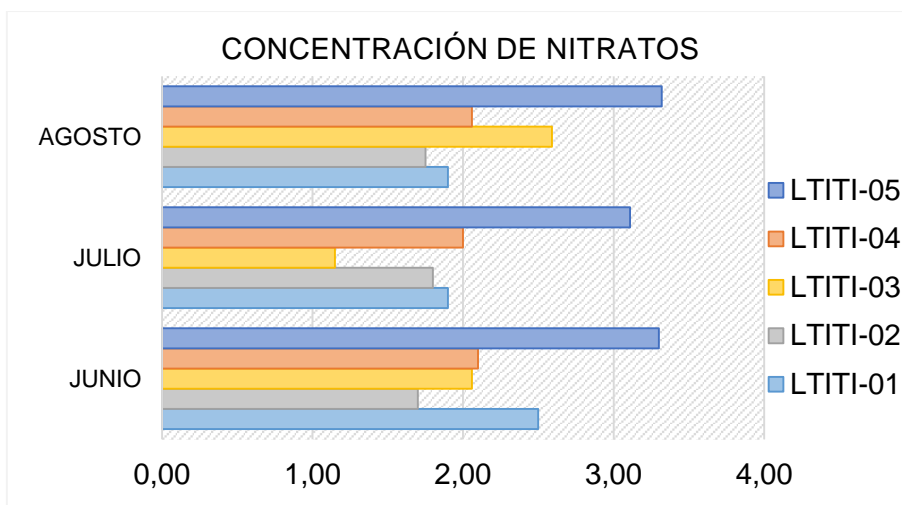


Figura 26. Valores del nitrato durante los periodos de muestreo – BIP.

En la figura 26 se muestra los valores que se obtuvieron con respecto a la concentración del nitrato en la bahía interior de Puno, donde se obtuvo un valor máximo de 3.32 mg/L, en el punto LTITI-05 (desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales sector Laguna de Oxidación Espinar) durante el mes de agosto. Sin embargo, el valor mínimo para los nitratos fue de 1.15 mg/L durante el mes de julio en el punto de muestreo LTITI-3 (desembocadura de efluentes por drenaje fluvial, urbanos y comerciales Sector Terminal Terrestre. El promedio para dicha zona de estudio es de 2.22 mg/L con una desviación estándar de ± 2.29 .

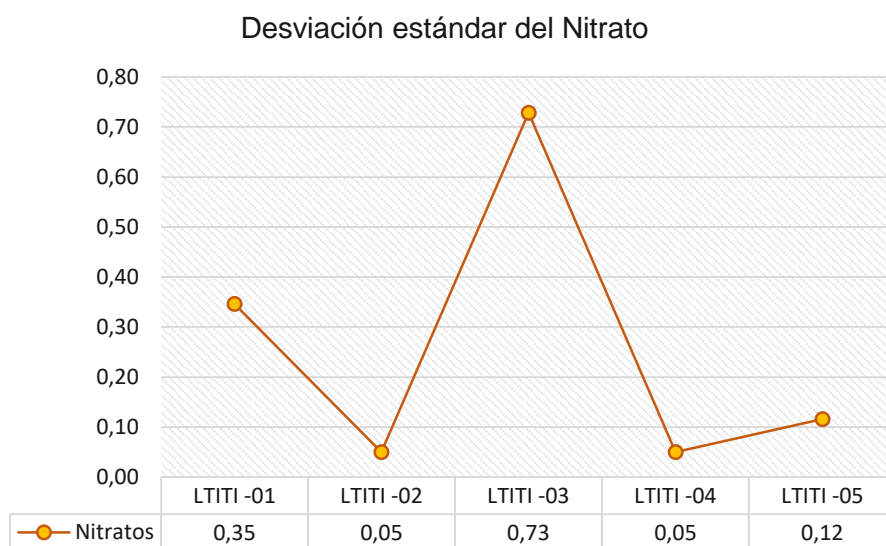


Figura 27. Desviación estándar de la concentración del nitrato en la BIP.

Los nitratos se encuentran de manera natural distribuidos en el entorno natural. Por lo que las concentraciones de nitratos en el cuerpo de agua pueden incrementarse principalmente por diversos factores siendo una de estas la oxidación de materia orgánica (acción bacteriana), aguas residuales entre otras., siendo estos responsables de que dicha concentración en el agua sea elevada (Vence, 2009). Existen dos tipos de contaminación por NO₃ claramente definidos: por una parte, la contaminación puntual relacionada a actividades de origen antropogénico (industrial, entre otros), y, por otra parte, una contaminación difusa, originada por actividades agrícolas. En líneas generales, los aportes de nitrógeno a las aguas superficiales y subterráneas se pueden darse por: efluentes

industriales, lixiviados procedente de botaderos controlados de residuos sólidos, aguas residuales urbanas y domésticas descargadas directamente sin ningún tratamiento previo, efluentes agrícolas (lixiviados) que contaminan el cuerpo de agua.

Un sistema acuático al recibir aguas residuales domésticas tiene como componente el nitrógeno en forma de nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá convirtiendo por procesos de oxidación en nitratos y nitritos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

En general, los nitratos son muy solubles en el cuerpo de agua debido a la propiedad física de polaridad del ion. En los ecosistemas terrestres y acuáticos, los compuestos nitrogenados tienden a convertirse en nitratos. El recurso hídrico al recibir descargas de aguas residuales, el nitrógeno se presenta como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende del pH, temperatura, y de la concentración de oxígeno disuelto en el agua (Tunquipa, 2015).

Los resultados que se obtuvieron en la investigación guardan relación con las siguientes investigaciones realizadas en cuerpos de agua: Borbolla (2003), en su investigación desarrollada sobre la calidad de agua reportó un valor de 0.39 mg/L para los nitratos, Perdomo *et al.* (2001), en su estudio sobre la contaminación de aguas con nitratos, indicó que las aguas superficiales presentaron valores inferiores a 10 mg/L de concentración de nitratos en el agua, Kobloch (2000), concluye que la concentración de nitratos en aguas superficiales, es baja con concentraciones entre 0 a 18 mg/L, pero puede ser incrementarse debido a la actividad agrícola en la zona de estudio. Robles *et al.* (2013), en su investigación sobre la calidad del agua de un acuífero, obtuvo como resultado un nitrato con un rango de 0.81 a 2.20 mg/L siendo el valor mínimo y máximo respectivamente, Ocasio (2008), en su estudio del río Piedras concluye que el nitrato estuvo en un rango de 0,91 y 1,2 mg/L. Del mismo modo (Vásquez, 2006), en su tesis realizada en la bahía del

lago Titicaca reportó una concentración promedio de 0.50 mg/L. Cornejo (2019), en su trabajo de investigación reportó un valor de 2.25 mg/L para el nitrato, también en la investigación desarrollada por Hallasi (2018), en su obtuvo una media de 0.03 mg/L para la concentración de nitratos.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la presente investigación estuvieron en un rango de 1.15 mg/L a 3.32 mg/L mínima y máxima respectivamente. Dichos valores comparando con el Decreto Supremo N 004-2017-MINAM de los estándares de Calidad Ambiental para el Recurso Hídrico, para lagos y lagunas, no exceden lo ECAS, ya que los valores obtenidos en la investigación no superan el valor límite de 13 mg/L que indica el D.S 004-2017-MINAM.

Fosfatos

Los fosfatos son nutrientes de las plantas e inducen al desarrollo y crecimiento de algas en las aguas superficiales. Esto depende de la concentración de fosfato existente en el cuerpo agua, ya que al excederse puede ocasionar la eutrofización de las aguas. A continuación, se muestra los resultados obtenidos de este parámetro:

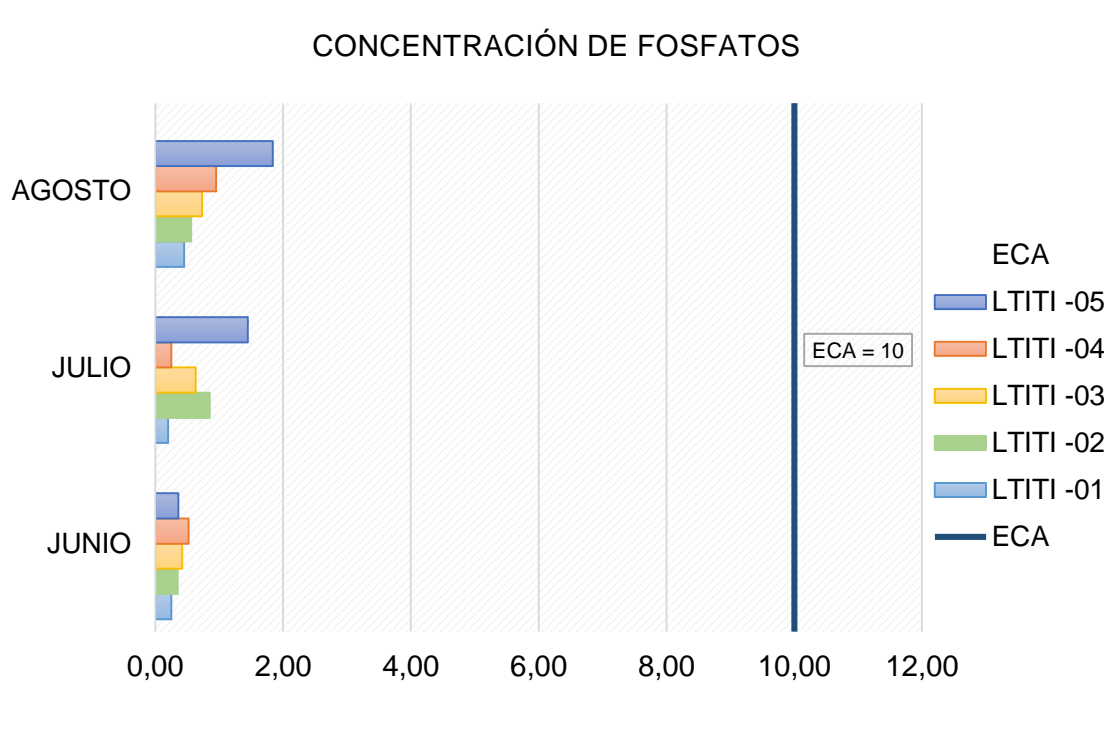


Figura 28. Valores del fosfato durante los periodos de muestreo – BIP.

En la figura 28 se muestra los valores que se obtuvieron con respecto a la concentración del fosfato en la bahía interior de Puno, donde se obtuvo un valor máximo de 1.84 mg/L, en el punto LTITI-05 (desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales sector Laguna de Oxidación Espinar) durante el mes de agosto. Sin embargo, el valor mínimo para los nitratos fue de 0.20 mg/L durante el mes de julio en el punto de muestreo LTITI-1 (desembocadura de la laguna confinada frente a las embarcaciones Puerto Muelle). El promedio para dicha zona de estudio es de 0.65 mg/L con una desviación estándar de ± 0.26 .

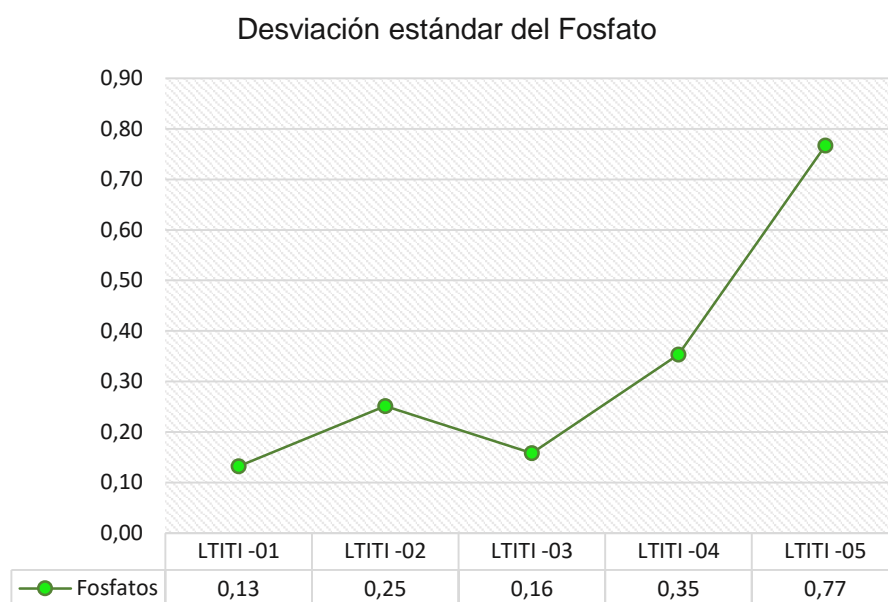


Figura 29. Desviación estándar de la concentración del fosfato en la BIP.

La concentración de fosfatos resulta imprescindible para evaluar la calidad del agua e indicar el riesgo de eutrofización del recurso hídrico. Este parámetro es un factor limitante en los ecosistemas acuáticos para el crecimiento de la flora acuática (algas, etc.), por lo que un incremento excesivo de su concentración puede generar la eutrofización de las aguas. Los resultados que se obtuvieron en la investigación guardan relación con las siguientes investigaciones realizadas en cuerpos de agua: Romero (2018), determinó los parámetros físico-químicos del Lago Titicaca, en donde presentó como resultado una concentración de fosfatos de 0.088 mg/L. Callata (2015), en su estudio: “Monitoreo y evaluación del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno determinó los siguientes

resultados: con respecto a los fosfatos presentaron valores de 0.289 a 0.333 mg/L mínima y máxima respectivamente. Beltrán *et al.* (2015), obtuvo una media de 1.04 mg/L para la concentración de fosfatos nitratos en la BIP. (Vásquez, 2006), en su tesis realizada en la bahía de Puno del lago Titicaca reportó una concentración de 1.19 mg/L para los fosfatos, siendo este un parámetro aportante al proceso de eutrofización de las aguas de la bahía interior. De igual forma en el trabajo denominado “Análisis y descripción de la eutrofización en la Bahía Interior de Puno” realizado por Aguilar (2014), se encontró los valores de fosfatos que fluctuaron de 1.01 mg/L a nivel superficial y 1.47 mg/L en la profundidad. Afirmando que dichos valores obtenidos son indicadores que las aguas Bahía Interior de Puno tienen un alto grado de eutrofización. Dicha afirmación es respaldada por el trabajo realizado por (Angles, 2007), en donde reporta una media de 1.03 mg/L para el parámetro del fosfato, explicando que los resultados de los parámetros físico-químicos que obtuvo en su investigación muestran que la bahía interior encuentra con aguas eutrofizadas, y cuya gradiente de contaminación, es cada vez más alta. Además, Quispe (2016), en su investigación realizada en el cuerpo de agua de la Bahía de Puno tomó como referencia 04 puntos de muestreo en donde obtuvo un valor de 1.216 mg/L para la concentración de fosfatos.

Los datos obtenidos en la presente investigación fluctuaron de 0.20 mg/L a 1.84 mg/L. En tal sentido resulta necesario precisar que para este parámetro no se cuenta con un valor de referencia establecido por el Decreto Supremo N 004-2017-MINAM de los estándares de Calidad Ambiental para el Recurso Hídrico, para lagos y lagunas.

CONCLUSIONES

PRIMERA. - Se determinó la concentración de nutrientes originados por los efluentes de contaminación en la Bahía Interior de Puno, en función de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4., obteniéndose una concentración promedio de 2.22 mg/L para el nitrato con una máxima de 3.32 mg/L y una mínima de 1.15 mg/L. Con respecto a la concentración del fosfato se obtuvo un valor promedio de 0.65 mg/L, con una máxima de 1.84 mg/L, y mínima de 0.20 mg/L. Cabe señalar que los valores máximos se registraron en el punto LTITI-05 (desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales sector Laguna de Oxidación Espinar). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada en la investigación debido a que la concentración del nitrato no supera el Estándar de Calidad Ambiental (valor límite de 13 mg/L).

SEGUNDA. - Se determinó los parámetros físico-químicos del agua de la bahía interior de Puno, 2020., obteniendo un valor promedio de 1410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la conductividad eléctrica, la temperatura media fue de 14.49°C, el pH presentó un valor de 8.62, lo cual indica que el agua de la zona de estudio tiene una características alcalinas sobre todo en la zona de la laguna de oxidación, los sólidos totales disueltos presentaron un valor promedio de 591.67 mg/L, la transparencia presentó una media de 71 cm, el oxígeno disuelto en la zona de estudio presentó una concentración 8.6 mg/L, los sulfatos presentaron una media de 78.43 mg/L y el cloruro presentó un valor promedio de 359.07 mg/L. Por lo tanto, según la hipótesis planteada en la investigación se afirma que los resultados obtenidos para el parámetro de pH y conductividad eléctrica, superan los valores establecidos en los ECA's Estándares de Calidad Ambiental.

TERCERA. – Se determinaron los valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes, encontrando para el nitrato un valor crítico de 3.30 mg/L durante el mes de junio, 3.11 mg/L en el mes de julio y 3.32 mg/L en el mes de agosto. Por otro lado, las concentraciones del fosfato en la BIP presentaron valores críticos de 0.52 mg/L, 1.45 mg/L y 1.84 mg/L durante los meses de junio, julio y agosto respectivamente dichos valores se registraron en el Sector Laguna de Oxidación – “El Espinar” siendo este el principal efluente que aporta en la concentración del fosfato representando el 37%, y 29% para el nitrato. Siendo estos responsables del proceso de eutrofización de las aguas de la bahía interior de Puno. Por lo tanto, la hipótesis planteada en la presente investigación es aceptada debido a que los valores son críticos en los puntos de muestreo en relación a los nutrientes.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. - Al Gobierno Central continuar con el proyecto PTAR TITICACA, por lo que resulta fundamental la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno para de esta manera evitar que las aguas residuales lleguen sin ningún tratamiento previo a la Bahía Interior de Puno.

SEGUNDA. - Al Gobierno Regional realizar trabajos de gestión, coordinación y dar soporte al proyecto PTAR TITICACA que consiste en la construcción de diez plantas de tratamiento para las aguas residuales, en la región lo cual contribuirá a mitigar la contaminación del lago Titicaca.

TERCERA. - Al Gobierno local como entidad de fiscalización ambiental (EFA), realizar la inspección y verificación de los drenajes clandestinos que descargan directamente sin ningún tratamiento previo al cuerpo de agua de la bahía interior de Puno que impacta negativamente la calidad de sus aguas. Además, se sugiere implementar programas de concientización a la población de Puno.

CUARTA. - A instituciones como el ANA e IMARPE, realizar trabajos de monitoreo en las aguas de la bahía interior, para determinar la concentración de los parámetros físicos, químicos, biológicos y concentración de nutrientes a fin de conocer la calidad del recurso hídrico, y según a ello plantear algunas alternativas de solución.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, G. I. (2009). "Gobernanza de Aguas Compartidas: Aspectos Jurídicos e Institucionales". Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN). Editorial Gland CH., Serie de Política y Derecho Ambiental N° 58, 240 pág.
- Aguilar H. E.J. (2014). Análisis y descripción de la eutrofización en la bahía interior de Puno. (Tesis Pregrado) Universidad Privada "San Carlos" Puno.
- Alva, W. (2010). Geografía General. Editorial San Marcos. 727 p.
- Amachi, O. A. (2017). "Evaluación de los niveles de contaminación del agua del río llave y sus tributarios". (Tesis) Universidad Nacional del Altiplano UNAP – PUNO. pp 64.
- ANA (2010). Reglamento de la ley de recursos hídricos – Artículo 111°. Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos.
- ANA (2015). Autoridad Nacional del Agua. Resultados del Monitoreo de la Calidad de Agua Superficial en el Lago Titicaca-Sector Peruano. Informe Técnico N°016-2016-ANA-AAA.SDGCRH.TIT.
- ANA (2017). Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca: Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. Lima: Autoridad Nacional del Agua, 2017. 188 pp.
- Andaluz Westreicher, C. (2004). Derecho Ambiental Propuestas Y Ensayos. Perú: Grafico Bellido.
- Angles J. 2007. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos de la bahía interior de Puno para determinar el nivel de contaminación. Tesis, Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Altiplano Puno.

- Atajo C.J.M. (2019). Calidad del agua de la irrigación canal N del río LLallimayo para uso agrícola distrito Cupi - Melgar 2018. (Tesis Pregrado) Universidad Privada "San Carlos" Puno.
- Atilio de la Orden, E. (2013). Contaminación. Facultad de Ciencias Agrarias. Catamarca: Científica Universitaria, p. 01.
- 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 Biología. Perú.
- Borbolla S. (2003). Calidad del agua en Tabasco salud en Tabasco Villa hermosa, México., vol. 9, núm. 1, pp. 170-177.
- Callata, F. (2015). Monitoreo y Evaluación del Cuerpo de Agua de la Bahía Interior de Puno - Lago Titicaca. (Tesis Pregrado) Universidad Nacional del Altiplano: Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2299>.
- Camargo, J.A. & Alonso, A. & Salamanca, A. (2005). Toxicidad por nitratos en animales acuáticos: una revisión con nuevos datos para invertebrados de agua dulce. Chemosphere.1255 p.
- Carpio, V. E. E. (2020). Modelamiento del comportamiento y relaciones de parámetros físico-químicos de la bahía interior del Lago Titicaca-Puno. (Tesis Doctorado) Universidad Nacional del Altiplano - Puno. pp. 107.
- Castro, M. (1987). Parámetros Físico-Químicos que influyen en la Calidad y en el Tratamiento del Agua. Trabajos presentados al Curso Taller sobre Control de Calidad Analítica. Lima, CEPIS. p. 1-72.

- Carlson R.E. & Simpson J., (1996). "Guía del coordinador para lago voluntario. Métodos de monitoreo", Sociedad Norteamericana de Manejo de Lagos, Madison, Wisconsin.
- Chávez M. (1998). "Contaminación del agua". Programa de Máster en Ingeniería Civil, Universidad de Piura-Perú.
- Constitución Política del Perú. (1993). Edición del Congreso de la República. Lima - Perú.
- CONAGUA (2012). Comisión Nacional del Agua: "Estadísticas del Agua en México" - Agua en el mundo. Edición 2011. México, pp. 113-126. Documento disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo8.pdf>.
- Constantini M.L., Savetta L., Mancinelli G. y Rossi L. (2004). Variabilidad espacial de la tasa de descomposición de *Schoenoplectus tatora* en una zona contaminada del lago Titicaca. *Revista de Ecología Tropical* 20: 325-335.
- Cornejo P. D. (2014). La contaminación ambiental del Lago Titicaca con residuos orgánicos de los habitantes de las islas flotantes de los uros frente al turismo receptivo, ciudad de puno – 2014. Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez. Juliaca – Perú.
- Cornejo, L. C. D. (2019). Evaluación de la Calidad del Agua en la presa Lagunillas – Santa Lucia, 2018. Universidad Privada "San Carlos" - Puno.
- Custodio E. & Díaz E. (2001). Sección 18: Calidad del agua subterránea. en: *Hidrología subterránea*. (2da Ed.). Tomó II. Barcelona, España, Omega. P. 18,28-18.31.
- Daniel Sheila (2020). ¿Qué son los lagos oligotróficos, mesotróficos y eutróficos? Principal ambiente. Última actualización: Febrero del 2020. Recuperado en <https://es.ripleybelieves.com/what-are-oligotrophic-mesotrophic-and-eutrophic-lakes-588>.

- Dejoux Claude & André Iltis (1991). Lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual. La Paz Bolivia: Orstom.
- Dicovski R. Luis María (2016). Universidad Nacional De Ingeniería Norte Sede Regional Estelí, Nicaragua Estadística Básica.
- DIGESA. (2000) "Grupo de Estudios Técnico ambiental" (GESTA AGUA), Lima-Perú.
- DIGESA, (2011). Dirección General de Salud Ambiental, Reglamento de la calidad de agua para consumo humano 2011: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud. – Lima: Ministerio de Salud; 44 p.
- Documenta (1981) La variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas marinas. Revista del Ministerio de Pesquería. Lima Perú.
- Efler, S.W., MG. Perkins, N. Ohrazda, D.A. Matthews, R. Gelda, F. Peng D.L.Jonson (2002) Tripton, transparencia y penetración de la luz en siete reservorios neoyorquinos. Hidrobiología 468, p: 213-232
- Egoavil, C. J. I. (2014). Monitoreo parcial de calidad de agua por actividad minera de la Empresa explotadora de Vinchos Ltda. S.A.C. en la laguna Mancancoto. Tingo María.
- Espinoza, R. G. R. (2010). Problemas ambientales y propuestas para la descontaminación de la ciudad de puno. 11 pág. 9.
- FAO (1997). "Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía". (Boletín de suelos de la FAO - 68). Enlace: <https://www.fao.org/3/T0848S/T0848S00.htm>.
- Fawell J. y Nieuwenhuijsen M. (2003). Contaminantes en el agua potable. Boletín Médico Británico. Londres. Reino Unido. Prince Consort Road.

- Flores, V. & Sótil R. L. (2016). Determinación de Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, facultad de Ingeniería Química. Iquitos – Perú.
- Florez, R., y Ocola, J. (2007). Contaminación y Gestión Ambiental de la Bahía Interior de Puno – Lago Titicaca: Realidad Crítica y Aportes. Primera Edición. Puno-Perú. 297 p.
- Fortubel, F. (2008). Indicadores físico químico y biológico del proceso de eutrofización del Lago Titicaca (Bolivia) Ecología Aplicada. Lima – Perú.
- Fontúrbel, Rada F. (2005) Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del Lago Titicaca. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.
- Fuentes, L. R. F. (2019). Relación de oxígeno disuelto con los parámetros físicos en el puerto muelle de la Bahía Interior del Lago Titicaca – Puno, 2019. Universidad Privada “San Carlos” - Puno.
- Fuentes F. & Massol D. A. (2002). Manual de Laboratorios: Ecología de Microorganismos. Universidad de Puerto Rico.
- FUNIBER. (2009). Fundación Universitaria Iberoamericana. Programa de capacitación universitaria. Diplomado en Gestión Integral del Recurso Hídrico. Barcelona.
- Fuquene, Y. (2011). Sistemas de Abastecimiento de Agua. Módulo didáctico. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.
- Gil I.P. (2001). Comparación y cuantificación de Coliformes totales, Coliformes fecales y Escherichia coli, en siete microcuencas del lago Amatitlán: Chanquin, El Frutal, Guadrón, San Lucas, Zacatal y Zanjón la Palin, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 53 pp.

- Gonzales, C. R. (2010). "Pautas para el muestreo y evaluación de la calidad de las aguas superficiales". Lima-Perú, Segunda Edición, mayo, 89 pág.
- Hallasi P. G. L. (2018). Determinación de los parámetros microbiológicos y físico-químicos de las aguas de consumo humano en las islas flotantes uros del Lago Titicaca. Tesis Pregrado. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. 78 pp.
- Hernández, Muñoz A. (2001). Depuración y desinfección de aguas residuales (Quinta ed.). Madrid: Canales y Puertos Colegio de Ingenieros de Caminos.
- Idrugo, H. R. M. (2015). Tesis: Concentración de nitratos en agua contaminada con purines en la explotación ganadera tartar pecuario, baños del Inca-Cajamarca. Perú.
- Jaume, A. T. (2011). Depuración de aguas residuales urbanas. Barcelona: Unión de editoriales universitarias españolas.
- Jeunesse I., (2001). "Estudio dinámico integrado del fósforo en el sistema de cuencas hidrográficas. Laguna de Thau", Tesis Doctoral, Universidad de Orleans. Francia.
- JICA, (2000). El estudio de control integral de la contaminación del agua de la Bahía Interior de Puno. Puno - Perú.
- Kobloch, L. (2002) Nitrato - Agua de pozo contaminada en perspectivas de salud ambiental, volumen 108, número 7, páginas 675-678 p.
- Lenntech. (2009). Agua residual & purificación del aire Holding B.V. TDS y conductividad eléctrica (en línea). Madrid, Sp. Consultado 02 dic.2009. disponible en <http://www.lenntech.es>
- LGA (2005). Ley General del Ambiente. Ley N° 28611. Ministerio del ambiente – Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. San Isidro Lima – Perú.

- Martin, P., & Robert, A. (1984). "Estados tróficos del lago". Observaciones sobre la distinción entre bacterias marinas oligotróficas y eutróficas. Biblioteca Nacional de Medicina. E.E.U.U. Disponible aquí <https://es.bccrwp.org/compare/difference-between-oligotrophic-and-eutrophic-lakes/>.
- Marzal, M. M. (2002). "Modelación de la calidad del agua" Universidad Politécnica de Valencia, departamento de ingeniería hidráulica y medio ambiente. Valencia-España 2000. Edición, abril, 90 pág.
- Mejía Clara. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. urrialba, Costa Rica, 2005.
- Metcalf Eddy (1985). Ingeniería Sanitaria: tratamiento, evacuación, y reutilización de aguas residuales, Editorial Labor, 2ª edición, Barcelona.
- Meza R.S.F (2016). "Incidencia de los nutrientes en la eutrofización de la Bahía Interior Lago Titicaca Puno." Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM. Puno-Perú.
- Miller, T. (2000). "Propiedades físicas y químicas del agua". Zaragoza-España, Editorial MAD, S.L. Segunda Edición, junio.
- MINAGRI. (2015). a). Huella hídrica del Perú b). Manual para el cálculo de eficiencia para sistemas de riego, 54. Puno.
- MINAM. (2014). Estado de la calidad ambiental de la cuenca del Lago Titicaca, Ámbito Peruano.
- Miranda, N.Z. (2007). Tecnología de aguas. Tratamiento y control de calidad tercera edición ECONOCOPY Puno-Perú.

- Mitchell, M; Stapp, W. & Bixby, K. (1991). Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. Segunda Edición. Proyecto del Río. New México, USA. 200 p.
- Montero R, P. A. & Agurto R, KL. Instituto del Mar Peruano (IMARPE). 2009. Área de estudios ambientales. Recolección y conservación de muestras en campo después de originado algún daño o perjuicio sobre un cuerpo de agua y su entorno. Tumbes-Perú. 18 p.
- Moreira, G. C. (2017). “Evaluación del nivel de contaminación del Lago Titicaca por residuos sólidos y su impacto en el sector turismo, Municipio de Copacabana” periodo 2005 – 2015. Bolivia.
- Northcote, P., Morales, D., Levy, Y. M., & Greaven, K. (1991). Contaminación en el Lago Titicaca, Perú: Capacitación, Investigación y Manejo. Carolina: University Princeton.
- Ocasio S, F. A. (2008). Evaluación de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del rio piedras (tesis para el grado de maestría en ciencias en gerencia ambiental en evaluación y manejo de riesgo ambiental). Universidad Metropolitana Puerto Rico.
- OCDE. (1982) Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos “Eutrofización del agua. Métodos de seguimiento y evaluación de OCDE” París.
- Organización Mundial de la Salud (2006) (a). Guías para la calidad del agua potable. (3ra Ed.). Primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. OMS Recuperado de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowsres.pdf
- Organización mundial de la salud - OMS. (2009). Directrices para entornos acuáticos recreativos seguros. Volumen 1: Aguas costeras y aguas dulces (Aguas costeras y aguas Dulces). [http //: www.who.int/wáter_sanition_health/bathing/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/es/).

OPS (2005). Organización Panamericana de la Salud 1987. Guías para la calidad del agua potable. Volumen 2, criterios relativos a la salud y otra información base. Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica No. 506. Washington D.C.

Pari C. J. (2017). Determinación de la calidad de agua del río llave zona urbana del distrito de llave, Puno - 2016, 131.

PEBLT. (2001) Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca. Estudio para determinar la concentración de nutrientes en la Bahía de Interior de Puno.

PEBLT (2002). Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca. Estudio de circulación de aguas en la Bahía Interior de Puno. Puno: PELBT.

Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (2014). Contaminación de la Bahía Interior Puno. (Vol. VI). Preservación de los Recursos Hídricos. Ministerio de Agricultura. Puno, Perú: PEBLT. Recuperado de <http://www.pelt.gob.pe/pelt2/index.php/muestra-de-bahia-interior-puno>.

Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (2017). Monitoreo de la calidad del Agua en la Bahía del Lago Titicaca lado peruano. Puno, Perú: PEBLT. Recuperado de <http://pelt.gob.pe/sirh/datos-bahias-del-lago-2017>.

Perdomo, CH., Casanova, O, N. (2001). Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. Rev. Agrociencia (1): 10- 22 p.

Puma, M. G. B. & Taype, H. E. N. (2017). "Responsabilidad jurídica del estado y de la comunidad, frente a la contaminación de la Bahía Interior del Lago Titicaca en la ciudad de Puno" (Tesis Pregrado) Universidad Nacional del Altiplano: Puno. Facultad de ciencias jurídicas y políticas escuela profesional de derecho, Puno, Perú.

- Quispe H, R. (2010). Componentes físico químicos e indicadores bacterianos en la ciudad de Aplao, Valle de Majes, Arequipa. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano, 86.
- Quispe L, M. 2016. Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Privada Norbert Wiener. Lima - Perú. 123 p.
- Ramírez, H.; Ruiz, A.; Chaparro.; Olmos, R.; Gerónimo, L. (2011). Geografía General: Un enfoque interactivo para bachilleres. 2da. Edición. Grupo Editorial Patria. México. 302 p.
- Ramos, L. (2008). "Calidad y contaminación del agua". Universidad Agraria la Molina, departamento de recursos de agua y suelo. Lima-Perú. Editorial Publidrat, 70 pág.
- Reynols, Nelly. A. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. Chile.
- Rivera D., (2002). "Modelación del oxígeno disuelto en lagos estratificados incorporando los efectos del viento", Informe de memoria de título para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.
- Rivera, S., Igor, H., & Vásquez, F. & F. D. E. I., Elena, L.U. Z. (2016). Determinación de parámetros físicos. Química, Iquitos – Perú, (94).
- Robles, E., Ramírez, E., Durán, A., Martínez, M., & Gonzalez, M. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos México.
- Romero Rojas, J. A. (2006). Potabilización del agua (tercera ed.). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Romero Sánchez C. K. (2018) Determinación de la relación de la comunidad fitoplanctónica con los factores físicos y químicos del sector Puno de la Reserva Nacional Del Titicaca, Región Puno, Abril – Julio 2014. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Salazar, M. (2015). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca – 2014. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas. UNAP. 96 p.
- San Martín J. (2008). Especiales purines. Junta de Calidad Ambiental Oficina de la Gobernadora de Puerto Rico. S.f. Escrito por Juan San Martín, Calidad del agua. (en línea). Consultado 22 octubre del 2011. Disponible en: <http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/DA60ADFA-E71241A1-9346-053>.
- Sánchez, V. (1994). Características biológicas y microbiológicas de las aguas residuales. CIECCA. Documento prestado por la Dra. Virginia Montero del Laboratorio de Servicios Químicos y microbiológicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. 82 p.
- Sierra C. A. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Medellín. Colombia. Editores de la U.1ra Edición, Medellín Colombia.
- Smith Thomas M., Smith Robert Leo (2007): Ecología. 6ta edición; International Standard Book Number (ISBN): 978-84-7829-084-0 páginas 552-600
- Sotil, R. L y Vásquez, F. H (2016). Determinación de Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, facultad de Ingeniería Química. Iquitos – Perú.

- SUNASS. (2015). Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento y Cooperación alemana implementada por la GIZ. Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (PROAGUA II). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento, 1era Edición. Lima.
- Ttacca, H. E. M. (2017). Diseño de una Red Fog basado en Internet de las cosas para monitorear la contaminación en la bahía del Lago Titicaca. Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Tunquipa D. M. (2015), "Evaluación de la calidad de agua para fines de riego en la sub-Cuenca Salado de la Cuenca Alto Apurímac". Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.
- Turpo C. J. A. (2018). Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua potable de la planta de tratamiento Aziruni, Puno 2017. (Tesis Pregrado) Universidad Privada "San Carlos" Puno. 45p.
- UNICEF. Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (1999). Manual sobre directrices técnicas sobre agua, medio ambiente y saneamiento – Núm. 7, NY, Estados Unidos de América.
- Valencia, E. & Valero, C. (1992). Estudio comparativo de los parámetros fisicoquímicos del agua que influyen en el crecimiento de truchas en los sistemas de redes jaula y estanques C.E.CH. UNA-PUNO.
- Varinia (2008). Tipos de Lagos-Varinia.es. Recuperado el 2018 de mayo de 10, de Tipos de Lagos-Varinia.es: varinia.es/blog/2008/08/02/tipos-de-lagossegun-la-temperatura-del-agua/. p. 85.

- Vásquez T. Y. F (2006). "Efectos de la eutrofización en el hábitat de la bahía de Puno, en la diversidad y abundancia de avifauna del Lago Titicaca". (Tesis). Puno.
- Vence L; Rivera M; Osorio y Castillo A. (2009). Caracterización microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas de los municipios de La Paz San Diego, Colombia. *Revista Ambiental*.
- Vollenweider, R.A (1968) Fundamentos científicos de la eutrofización de los lagos y aguas corrientes, con referencia particular al nitrógeno y al fósforo como factores en la Eutrofización. Orgn. Econ. Cooperativa. Dev., Informes N° DAS / CSI / 68.27, 159 pp.
- Weiner, E. (2000). *Química ambiental: Una guía práctica para el medio ambiente*. Lewis Publisher Estados Unidos.
- Wetsel. R.G. 1981. *Limnología*, Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- Wetzel, R.G (1975) *Limnología*. W.B. Compañía Saunders. 743 págs.
- Wheaton, F. (1987). "Propiedades fisicoquímicas y biológicas del agua". AGT Editor, S.A. México.
- WWAP (2017) (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos). Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2017. Aguas residuales: el recurso sin explotar. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- WWAP (2018) (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos). Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>
- Zea, G. F. O. (2015). Relación entre la carga de nutrientes y el estado trófico de la Bahía Interior del Lago Titicaca Puno - 2015. Universidad Privada "San Carlos" - Puno.

ANEXOS

Anexo 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES ORIGINADO POR LOS EFLUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO – 2020

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿La concentración de nutrientes originados por los efluentes de contaminación en la bahía interior de Puno, 2020 cumplirán con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4?	Determinar la concentración de nutrientes originados por los efluentes de contaminación en la Bahía Interior de Puno, 2020 en función de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.	La concentración de nutrientes originados por los efluentes de contaminación en la bahía interior de Puno, 2020; superan los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4	<p>Variable X = Variable Independiente: Parámetros físico-químicos del agua de la bahía interior de Puno, 2020.</p> <p>Variable Y = Variable Dependiente: concentración de nutrientes en la B Bahía Interior del Lago Titicaca.</p>	<p>Tipo De Investigación El tipo de investigación será descriptivo - analítico.</p> <p>Método de investigación Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales con R. J. N°010-2016-ANA.</p>
¿Los valores de los parámetros físico - químicos en el agua de la bahía interior de Puno, 2020 presentarán valores aceptables en relación a los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4?	Determinar los parámetros físico-químicos (temperatura, conductividad, pH, eléctrica, sólidos totales, disueltos, oxígeno disuelto, sulfatos y cloruros) del agua de la bahía interior de Puno, 2020.	Los valores de los parámetros físico-químicos del agua en la Bahía Interior de Puno, se encuentran elevadas y superan los valores aceptables establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.		<p>Área de estudio: Bahía Interior del Lago Titicaca – Puno, 2020.</p> <p>Población y muestra La población será el mismo cuerpo de agua de la bahía interior con su extensión de 17,5 km2.</p> <p>Se tomaron 05 puntos de muestreo haciendo así un total de 15 muestras para dicha zona.</p>
¿Qué puntos de muestreo presentarán valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes en la bahía interior de Puno.	Determinar los valores críticos con respecto a la concentración de nutrientes en los puntos de muestreo en la bahía interior de Puno.	Los puntos de muestreo en la Bahía Interior de Puno, presentan valores críticos debido a las aguas residuales y drenajes clandestinos.		<p>Diseño de investigación Estadística Descriptiva (máxima, mínima, media y desviación estándar).</p>

Anexo 02. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 30. Identificación de efluentes que descargan en las aguas de la bahía interior.



Figura 31. Georreferenciación del punto de monitoreo en la Bahía Interior de Puno.



Figura 32. Toma de muestras para el análisis de los parámetros de campo.



Figura 33. Llenado de la cadena de custodia con los resultados obtenidos.



Figura 34. Identificación de la proliferación de *Lemna spp.* en la zona de estudio.



Figura 35. Materiales utilizados en el monitoreo del recurso hídrico en la BIP.

Anexo 03. CADENAS DE CUSTODIA

FORMATO PARA LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO DURANTE EL PERIODO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO EN LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO, 2020.

Evaluador.....

Evaluación..... Fecha.....

Lugar.....

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO							
Parámetros Evaluados	Unidad de medida	Localidad	Puntos de Muestreo				
			LTITI-01	LTITI-02	LTITI-03	LTITI-04	LTITI-05
Temperatura	°C	PUNO					
pH	---	PUNO					
Conductividad Eléctrica	µS/cm	PUNO					
Solidos Totales Disueltos	mg/L	PUNO					
Transparencia	cm	PUNO					
Oxígeno Disuelto	mg/L	PUNO					
Hora de Muestreo							
Coordenadas							

Observaciones:

.....

DATOS OBTENIDOS EN EL MES DE JUNIO EN LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO
TITICACA – PUNO, 2020.

Evaluador... Rusvel Ferdinan Fuentes Lerma
 Evaluación... Evaluación de parámetros físico-químicos de la Bahía interior Fecha... JUNIO
 Lugar... Bahía Interior de Puno

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO							
Parámetros Evaluados	Unidad de medida	Localidad	Puntos de Muestreo				
			LTITI-01	LTITI-02	LTITI-03	LTITI-04	LTITI-05
Temperatura	°C	PUNO	12,35	12,66	12,60	12,75	13,25
pH	---	PUNO	6,71	8,34	8,45	8,84	8,94
Conductividad Eléctrica	µS/cm	PUNO	1410	1510	1520	1420	1620
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	PUNO	559	572	582	546	605
Transparencia	cm	PUNO	87	85	90	82	12
Oxígeno Disuelto	mg/L	PUNO	8,2	8,3	9,5	9,1	6,2
Hora de Muestreo			8:30 am	8:55 am	9:15 am	9:45 am	10:25 am
Coordenadas			15° 50' 19" S 70° 0' 52" O	15° 50' 13" S 70° 00' 48" O	15° 50' 48" S 70° 00' 45" S	15° 50' 19" S 70° 00' 34" O	15° 50' 55" S 69° 49' 57" O

Observaciones:

- Temperatura ambiente 7°C
- Oleaje moderado
- Presencia de lentejas de Agua, fofora y algas

Figura 36. Datos obtenidos en campo durante el mes de junio en la BIP, 2020.

**DATOS OBTENIDOS EN EL MES DE JULIO EN LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO
TITICACA – PUNO, 2020.**

Evaluador Rosvel Ferdinand Fuentes Lema
 Evaluación Evaluación de parámetros físico-químicos de la Bahía Interior Fecha JULIO
 Lugar Bahía Interior de Puno

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO							
Parámetros Evaluados	Unidad de medida	Localidad	Puntos de Muestreo				
			LTITI-01	LTITI-02	LTITI-03	LTITI-04	LTITI-05
Temperatura	°C	PUNO	13,40	14,63	14,70	14,79	14,81
pH	---	PUNO	8,12	8,18	8,73	8,24	9,34
Conductividad Eléctrica	µS/cm	PUNO	1480	1510	1480	1530	1720
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	PUNO	595	593	607	590	649
Transparencia	cm	PUNO	90	97	99	76	13
Oxígeno Disuelto	mg/L	PUNO	8,4	9,1	9,6	8,4	7,5
Hora de Muestreo			8:20 am	8:53 am	9:22 am	9:51 am	10:47 am
Coordenadas			15°50'18"S 70°0'52.34"O	15°50'11"S 70°00'46"O	15°50'47"S 70°00'44"O	15°50'18"S 70°00'33"O	15°50'54"S 69°49'51"O

Observaciones:

- Oleaje Moderado
- Clima templado
- Presencia de lentejas de agua, algas y bolotas

Figura 37. Datos obtenidos en campo durante el mes de julio en la BIP, 2020.

DATOS OBTENIDOS EN EL MES DE AGOSTO EN LA BAHÍA INTERIOR DEL LAGO
TITICACA – PUNO, 2020.

Evaluador Rosvel Fochuan Fuentes Lema
 Evaluación Evaluación de los parámetros físico-químicos de la Bahía Interior Fecha AGOSTO
 Lugar Bahía Interior de Puno

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO							
Parámetros Evaluados	Unidad de medida	Localidad	Puntos de Muestreo				
			LTITI-01	LTITI-02	LTITI-03	LTITI-04	LTITI-05
Temperatura	°C	PUNO	15,40	15,85	15,49	15,77	16,02
pH	---	PUNO	8,4	9,4	8,8	9,25	9,55
Conductividad Eléctrica	µS/cm	PUNO	1440	1520	1560	1580	1760
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	PUNO	563	560	582	574	698
Transparencia	cm	PUNO	83	72	81	88	11
Oxígeno Disuelto	mg/L	PUNO	9,25	10,2	9,4	10	8,1
Hora de Muestreo			8:25 am	8:39 am	9:23	9:58 am	10:30 am
Coordenadas			15°50'18" S 70°05'33" O	15°50'12" S 70°00'44" O	15°50'47" S 70°00'41" O	15°50'16" S 70°00'21" O	15°50'52" S 69°49'52" O

Observaciones:

- Cielo despejado
- Temperatura ambiente 15°C incremento de la T°
- Viento con mayor intensidad
- Mayor presencia de fitoplancton / algas y lentejas de Agua

Figura 38. Datos obtenidos en campo durante el mes de agosto en la BIP, 2020.

Anexo 04. CERTIFICADOS DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA - INIA.



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANALISIS

SOLICITANTE : Rusvel F. Fuentes Lerma.
 DIRECCIÓN :
 PROCEDENCIA : Varios.
 LUGAR :
 N° MUESTRAS : 05.
 PRODUCTO : Análisis de Agua.
 TIPO DE ANALISIS : Análisis Especial
 FECHA DE RECEPCIÓN : 23 de Junio del 2020.
 FECHA DE CERTIFICACIÓN : 02 de Julio del 2020.

Clave Usuario	pH	T° C	Transparencia cm	C. E. mmhos/cm 25 °C	Solidos Totales Disueltos mg/l	Oxigeno Disuelto mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻ mg/l
LT1T1-01 Hora 8.40 am 20 Junio	6.71	12.35	87	1410	559	8.20	329.77	78.04	2.50	0.25
LT1T1-02 Hora 9.10 am 20 Junio	8.34	12.66	85	1510	572	8.30	340.41	82.05	1.70	0.35
LT1T1-03 Hora 9.45 am 20 Junio	8.45	12.60	90	1520	582	9.50	343.96	60.03	2.06	0.42
LT1T1-04 Hora 10.10 am 20 Junio	8.84	12.75	82	1420	546	9.10	344.92	70.04	2.10	0.52
LT1T1-05 Hora 10.35 am 20 Junio	8.94	13.25	12	1620	605	6.20	415.41	89.05	3.30	0.36

Referencias:

1. - Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California. Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
2. - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Observaciones: Ninguna.



INIA
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing° JORGE CANHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
 T: (051) 363 812
 www.inia.gob.pe
 www.minagri.gob.pe





PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANALISIS

SOLICITANTE : Rusvel F. Fuentes Lerma.
 DIRECCIÓN :
 PROCEDENCIA : Varios.
 LUGAR :
 N° MUESTRAS : 05.
 PRODUCTO : Análisis de Agua.
 TIPO DE ANALISIS : Análisis Especial
 FECHA DE RECEPCIÓN : 21 de Julio del 2020.
 FECHA DE CERTIFICACIÓN : 16 de Septiembre del 2020.

Clave Usuario	pH	T° C	Transparancia cm	C. E. mmhos/cm 25 °C	Solidos Totales Disueltos mg/l	Oxígeno Disuelto mg/l	Cl- mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻ mg/l
LT1T1-01	8.12	13.40	90	1480	595	8.40	327.70	77.02	1.90	0.20
LT1T1-02	8.18	14.63	97	1510	593	9.10	336.40	86.07	1.80	0.85
LT1T1-03	8.73	14.70	99	1480	607	9.60	339.67	70.02	1.15	0.63
LT1T1-04	8.24	14.79	76	1530	590	8.40	341.55	69.06	2.00	0.25
LT1T1-05	9.34	14.81	13	1720	649	7.50	457.40	99.01	3.11	1.45

Referencias:

1. - Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.
2. - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Observaciones: Ninguna.



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CASHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
 T: (051) 363 812
 www.inia.gob.pe
 www.minagri.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO





PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANALISIS

SOLICITANTE : Rusvel F. Fuentes Lerma.
 DIRECCIÓN :
 PROCEDENCIA : Varios.
 LUGAR :
 N° MUESTRAS : 05.
 PRODUCTO : Análisis de Agua.
 TIPO DE ANALISIS : Análisis Especial.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 16 de Septiembre del 2020.
 FECHA DE CERTIFICACIÓN : 13 de Octubre del 2020.

Clave Usuario	pH	T° C	Transparencia cm	C. E. mmhos/cm 25 °C	Solidos Totales Disueltos mg/l	Oxigeno Disuelto mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l
LT1T1-01	8.40	15.40	83	1490	563	9.25	328.40	75.06	1.90	0.45
LT1T1-02	9.40	15.85	72	1520	560	10.20	333.20	85.07	1.75	0.56
LT1T1-03	8.80	15.49	81	1560	582	9.40	338.97	71.12	2.59	0.73
LT1T1-04	9.25	15.77	88	1580	574	10.00	343.85	69.76	2.06	0.95
LT1T1-05	9.55	16.02	11	1760	698	8.10	464.40	95.01	3.32	1.84

Referencias:

1. - Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpresión, Octubre 1988. 195p.
2. - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1996. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey

Conclusiones:

La muestra analizada de Agua CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Observaciones: Ninguna.



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



Anexo 05. FICHAS TÉCNICAS POR PUNTO DE MONITOREO EN LA BIP.

**FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA**

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" PUNO

PROYECTO: Determinación de la concentración de nutrientes originado por los efluentes de contaminación en la bahía interior de puno – 2020.

ELABORADO POR: Bach. RUSVEL FERDINAN FUENTES LERMA

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO:

Código del Punto de control: LTITI-01

Tipo de muestra: PUNTUAL - SIMPLE Simple/Compuesta/Integrada

Clase del cuerpo de Agua: CUERPO RECEPTOR E=Efluente/ R= Receptor

Descripción: Desembocadura de la laguna confinada frente a las embarcaciones Puerto Muelle – BIP.

Ubicación:	Distrito	Provincia	Departamento
	PUNO	PUNO	PUNO

Coordenadas U.T.M.	Latitud	15°50'1.19"S	Longitud	70°0'52.32"O
	Altitud	3844 msnm	Zona	19 L

ANEXO FOTOGRAFICO



**FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA**

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" PUNO

PROYECTO: Determinación de la concentración de nutrientes originado por los efluentes de contaminación en la bahía interior de puno – 2020.

ELABORADO POR: Bach. RUSVEL FERDINAN FUENTES LERMA

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO:

Código del Punto de control: LTITI-02

Tipo de muestra: PUNTUAL - SIMPLE Simple/Compuesta/Integrada

Clase del cuerpo de Agua: CUERPO RECEPTOR E=Efluente/ R= Receptor

Descripción: Desembocadura de efluentes urbanos y hospitalarios de la Ciudad de Puno

Ubicación:	Distrito	Provincia	Departamento
	PUNO	PUNO	PUNO

Coordenadas U.T.M.	Latitud	15°50'.13"S	Longitud	70°00'.48"O
---------------------------	----------------	-------------	-----------------	-------------

Altitud	3815 msnm	Zona	19 L
----------------	-----------	-------------	------

ANEXO FOTOGRÁFICO



**FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA**

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" PUNO

PROYECTO: Determinación de la concentración de nutrientes originado por los efluentes de contaminación en la bahía interior de puno – 2020.

ELABORADO POR: Bach. RUSVEL FERDINAN FUENTES LERMA

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO:

Código del Punto de control: LTITI-03

Tipo de muestra: PUNTUAL - SIMPLE Simple/Compuesta/Integrada

Clase del cuerpo de Agua: CUERPO RECEPTOR E=Efluente/ R= Receptor

Descripción: Desembocadura de efluentes por drenaje fluvial, urbanos y comerciales (Sector Terminal Terrestre).

Ubicación:	Distrito	Provincia	Departamento
	PUNO	PUNO	PUNO

Coordenadas U.T.M.	Latitud	15°50'.27"S	Longitud	70°00'.47"O
	Altitud	3815 msnm	Zona	19 L

ANEXO FOTOGRÁFICO



**FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA**

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" PUNO

PROYECTO: Determinación de la concentración de nutrientes originado por los efluentes de contaminación en la bahía interior de puno – 2020.

ELABORADO POR: Bach. RUSVEL FERDINAN FUENTES LERMA

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO:

Código del Punto de control: LTITI-04

Tipo de muestra: PUNTUAL - SIMPLE Simple/Compuesta/Integrada

Clase del cuerpo de Agua: CUERPO RECEPTOR E=Efluente/ R= Receptor

Descripción: Desembocadura de efluentes urbanos y comerciales (Sector Banquero Rosi)

Ubicación:	Distrito	Provincia	Departamento
	PUNO	PUNO	PUNO

Coordenadas U.T.M.	Latitud	15°50'48"S	Longitud	70°00'.34"O
---------------------------	----------------	------------	-----------------	-------------

Altitud	3815 msnm	Zona	19 L
----------------	-----------	-------------	------

ANEXO FOTOGRÁFICO



**FICHA TÉCNICA
PUNTO DE CONTROL DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA**

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" PUNO

PROYECTO: Determinación de la concentración de nutrientes originado por los efluentes de contaminación en la bahía interior de puno – 2020.

ELABORADO POR: Bach. RUSVEL FERDINAN FUENTES LERMA

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO:

Código del Punto de control: LTITI-05

Tipo de muestra: PUNTUAL - SIMPLE Simple/Compuesta/Integrada

Clase del cuerpo de Agua: CUERPO RECEPTOR E=Efluente/ R= Receptor

Descripción: Desembocadura de efluentes de las aguas residuales municipales (Sector Laguna de Oxidación – “El Espinar”)

Ubicación:	Distrito	Provincia	Departamento
	PUNO	PUNO	PUNO

Coordenadas U.T.M.	Latitud	15°50.55"S	Longitud	69°49'57"O
	Altitud	3819 msnm	Zona	19 L

Coordenadas U.T.M.	Altitud	3819 msnm	Zona	19 L
---------------------------	----------------	-----------	-------------	------

ANEXO FOTOGRÁFICO



Anexo 06. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

18

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 /  **El Peruano**

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2

Anexo 07. PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE RECURSOS HÍDRICOS



CUT: 135807

Expediente : CUT - 135807 - 2015
 Materia : Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos

RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010 -2016-ANA

Lima, 11 ENE. 2016

VISTO:

El Memorando N°2484-2015-ANA-DGCRH de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos; y,



CONSIDERANDO:

Que, conforme el artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, es función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos;



Que, según el artículo 76° de la acotada Ley, la Autoridad Nacional del Agua en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por la autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad de recurso;



Que, el artículo 126° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG, establece que el monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo con el protocolo aprobado por la Autoridad Nacional del Agua;



Que, asimismo el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, y modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, prescribe que la autoridad competente establece el protocolo de monitoreo de la calidad ambiental del agua, en coordinación con el MINAM y la participación de los sectores respectivos;

Que, el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial" fue aprobado mediante Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA;

Que, con Resolución Jefatural N° 251-2015-ANA se prepublicó un proyecto de protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial, para que durante el plazo de quince (15) días hábiles, se reciban los opiniones y comentarios respectivos;

Que, con documento del visto, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos remite el Informe Técnico N° 175-2015-ANA-DGCRH/GECRH-MEPB/KH y la nueva propuesta de Protocolo que propone estandarizar criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino costeros, considerando las normas internacionales en su última actualización y estableciendo mayores precisiones para el monitoreo; propuesta que contempla los aportes, comentarios y sugerencias efectuados por las autoridades ambientales correspondientes;

Que, en tal sentido el citado informe recomienda se apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, ello en cumplimiento a lo previsto en el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobadas por el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM;

Que, por lo expuesto resulta necesario dictar el acto administrativo que apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, y deje sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA; y

Con el visto de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica y de la Secretaría General, y en uso de las facultades conferidas en el artículo 11° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG;



SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobación

Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales", que forma parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2°.- Publicación

Disponer la publicación de la presente resolución y del Protocolo aprobado mediante el artículo precedente en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe.

Artículo 3°.- Derogatoria

Dejar sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA.

Regístrese, comuníquese y publíquese,



JUAN CARLOS SEVILLA GILDEMEISTER
Jefe
Autoridad Nacional del Agua

[Handwritten signature in blue ink]



Autoridad Nacional del Agua

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la consolidación del Mar de Grau"

PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES



Lima, enero de 2016



vertimientos. Esto permitirá la evaluación de todos los impactos potenciales del proyecto en la calidad de los recursos hídricos incluyendo los impactos de los vertimientos de aguas residuales tratadas.

Si aguas abajo del vertimiento existieran usos del agua⁵ u otros vertimientos de aguas residuales realizados por terceros, el punto de control en todos los casos deberá ser ubicado aguas arriba de estos.

5.1.2. En cuerpo de agua léntico

Los puntos de control en el cuerpo receptor léntico se ubican fuera de la zona de mezcla. Se considerarán por lo menos cuatro (04) puntos de control en las diferentes direcciones alrededor y a una distancia de 200 metros del dispositivo de descarga.

Sin embargo, los puntos de control serán establecidos en distancias mayores cuando el Instrumento de Gestión Ambiental compruebe mediante modelo numérico⁶ u otra metodología debidamente sustentada que la extensión de la zona de mezcla es mayor que 200 metros. Asimismo, cuando los puntos determinados según los criterios anteriores no son accesibles en condiciones seguras, serán ubicados en el sitio de acceso seguro más cercano.

En caso de lagos y lagunas donde no existen vertimientos de aguas residuales o usos del agua⁵, se podrán establecer mínimamente dos (02) puntos, preferentemente en la entrada y en la salida de la laguna.

Sin embargo, se puede establecer mínimamente un punto de control si el Instrumento de Gestión Ambiental indica la batimetría en el punto de vertimiento, el caudal de descarga máxima, la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas residuales tratadas, el perfil de la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas naturales y el diseño del dispositivo de descarga y determine la extensión de la zona de mezcla mediante un modelo numérico u otra metodología debidamente sustentada⁶. En tal caso, el punto de control será establecido en el límite de la zona de mezcla donde esta alcance su extensión máxima.

Si en la proximidad del vertimiento existieran usos de agua⁵ u otros vertimientos autorizados, el punto de control en todo caso debe ser ubicado entre el punto de vertimiento y el uso de otro vertimiento.

Las muestras se toman en las siguientes profundidades:

- En la superficie;
- En caso de puntos con más de 5 metros de profundidad, adicionalmente en el fondo a 50 cm del sustrato;
- En caso de puntos con más de 10 metros de profundidad, adicionalmente a la mitad de la columna de agua.



⁵ Usos del agua son tomas de agua para uso poblacional, agrícola, ganadero, industrial, acuícola y otros, zonas de uso primario (preparación de alimentos, consumo directo, aseo personal, uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales), zonas de uso recreativo de contacto primario (actividades como natación, canotaje o similares), zonas de extracción de especies hidrobiológicas para el consumo humano directo y zonas utilizadas para bebida de animales.

⁶ Software reconocido por una institución internacional de derecho público. Se recomiendan los modelos de simulación auspiciados por el Centro de Modelamiento para la Evaluación de la Exposición (*Center for Exposure Assessment Modeling [CEAM]*) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), como el software libre Visual Plumes (USEPA, 2003).



Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

plomo, (R) parámetro requerido solamente en caso de refinерías FCC, (S) sulfuros, (SST) sólidos suspendidos totales, (T) temperatura en grados Celsius, (Zn) zinc, e (IGA) Instrumento de Gestión Ambiental.

En caso de aprobarse, posteriormente a la publicación del presente Protocolo, los **límites máximos permisibles** para parámetros no considerados en la cuadro precedente o para actividades no contempladas, el programa de monitoreo deberá adecuarse según las disposiciones y los plazos establecidos por la autoridad ambiental competente. En tal caso, se incorporarán dichos parámetros también en el programa analítico para el control de la calidad del agua del cuerpo receptor, siempre que en la categoría correspondiente al cuerpo natural de agua se haya establecido el respectivo Estándar de Calidad Ambiental para Agua o la autoridad ambiental sectorial lo estime pertinente. Asimismo, ante actualizaciones o modificaciones de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (categorías y/o parámetros), se revisará y de ser necesario actualizará el cuadro 1.

5.4. Toma, conservación, preservación y análisis de las muestras de agua

La toma de muestra de agua natural deberá ser realizada en los puntos de control y a la profundidad establecidos en la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas en concordancia con lo señalado en el Instrumento de Gestión Ambiental y de acuerdo con las disposiciones establecidas en el presente Protocolo.

En caso las condiciones climáticas (tormentas, lluvias o nevadas) u oceanográficas (braveza del mar) no permitan la toma de muestra en condiciones seguras, se prescindirá de realizar el monitoreo en el cuerpo receptor, lo que deberá ser debidamente sustentado.

El tipo de recipiente, las condiciones de preservación y el tiempo máximo de almacenamiento de las muestras de agua debe ser concordante con lo indicado en el anexo VII. El análisis deberá ser realizado por un laboratorio acreditado. (Véase el glosario).

5.5. Remisión de los reportes de monitoreo

Los resultados del monitoreo deberán ser sistematizados según el formato publicado en la página web de la Autoridad Nacional del Agua y reportados por vía digital junto con sus respectivos informes de ensayo escaneados en un plazo no mayor de 15 días calendarios después de finalizado el trimestre de evaluación.

La información resultante de la presentación de los reportes de monitoreo será de acceso para las instituciones con competencia en evaluación ambiental de las actividades del sector correspondiente.

6. MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

El capítulo 6 establece los criterios generales para el desarrollo del monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, que considera desde la logística mínima necesaria, planificación, ejecución e informe técnico, cuyo contenido deberá ser de aplicación y referente obligatorio para la Autoridad Nacional del Agua y otros que pudieran desarrollar similar actividad.

6.1. Recursos humanos

El monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales deberá ser realizado por un equipo de personas con conocimiento sobre la toma de muestras, preservación, transporte y todos los puntos tomados en el presente Protocolo. Asimismo, deberán conocer la zona de muestreo y los lugares de acceso. El equipo deberá contar como mínimo con dos (02) personas, a fin de que se realice una distribución homogénea de las actividades en campo.



6.2. Recursos económicos

La actividad de monitoreo deberá contar con presupuesto económico para los siguientes aspectos:

- Traslado del equipo de trabajo: combustible, peajes, alquiler de camioneta
- Viáticos por cada recurso humano
- Envío de muestras: por *courier*
- Análisis de las muestras por cada parámetro evaluado
- Alquiler de equipo de monitoreo
- Materiales de escritorio, compra de hielo, etc.

6.3. Tipos de muestras de agua

Las muestras de agua pueden clasificarse en los siguientes tipos:

a. Muestra simple o puntual

A esta muestra también se le denomina discreta. Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección.

Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de áreas sustanciales, puede decirse que la muestra simple es representativa de un intervalo de tiempo o un volumen más extenso. En tales circunstancias, las características de un cuerpo de agua pueden estar adecuadamente representadas por muestras simples, como en el caso de aguas de suministro, aguas subterráneas, algunos casos de aguas superficiales y de manera extraordinaria en algunas corrientes de aguas residuales.

b. Muestra compuesta

Es el resultado de la mezcla homogenizada de varias muestras simples colectadas durante un periodo determinado según proporciones concretas. Pueden ser de volumen fijo o de volumen proporcional, dependiendo del intervalo del muestreo y el volumen de cada muestra simple que lo conforma.

Este tipo de muestras se emplea cuando se requieren conocer las condiciones promedio en un determinado periodo. Son generalmente usadas para la caracterización de aguas residuales.

La muestra compuesta de volumen fijo se compone mezclando en un mismo recipiente las alícuotas de igual volumen. La muestra compuesta de volumen proporcional, aplicado principalmente para ríos o quebradas de bajo caudal y de alta variabilidad, se compone tomando y mezclando en un mismo recipiente un volumen (alícuota) de muestra que se calcula de la siguiente forma:

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

- V_i: Volumen de cada alícuota o porción de muestra
- V: Volumen total a componer
- Q_i: Caudal instantáneo medido en el momento de toma de muestra
- Q_p: Caudal promedio durante el muestreo
- n: Número de muestras tomadas



6.5. Establecimiento de la red de puntos de monitoreo

El establecimiento de la red de puntos de monitoreo de un recurso hídrico superficial deberá realizarse de manera preliminar en gabinete. Para ello, es necesario contar con un mapa hidrográfico de la cuenca hidrográfica e intercuenca o de la zona marina. La recopilación e integración de información se realizan a través de herramientas informáticas como ArcGis, Google Earth Pro, entre otras.

6.5.1. Cuenca e intercuenca

Para el caso de una cuenca hidrográfica e intercuenca, el mapa debe contar con la delimitación de las unidades hidrográficas, ríos, lagos y lagunas, ubicación de infraestructura hidráulica (bocatomas, túneles, embalses), centros poblados y zonas urbanas, red vial, áreas naturales protegidas, pasivos mineros y/o hidrocarburíferos, vertimientos autorizados, captaciones de agua para uso poblacional, fuentes contaminantes puntuales y difusas provenientes de las actividades mineras, industriales, acuícola, agrícola, ganadera, etc. y toda información concerniente al área de evaluación. La ubicación de los puntos de monitoreo deberán incluir los siguientes aspectos:

- En la naciente del recurso hídrico, la cual se ubica generalmente en la cabecera de cuenca donde nacen los ríos, que servirá como punto de referencia o "blanco".
- En el estuario o zona de la desembocadura del río al mar.
- Aguas arriba de la confluencia con importantes afluentes laterales (cuerpos de agua laterales y trasvases), un punto en el río principal.
- Un punto de monitoreo por debajo de fuentes contaminante puntuales y difusas. En cuencas hidrográficas densamente pobladas es necesario la priorización de los puntos de monitoreo, estableciendo puntos representativos por tipo de fuente contaminante.
- Aguas abajo de la salida de embalses y lagunas.
- En zonas de protección tales como reservas, parques naturales, etc.
- En caso se cuente con una red de estaciones hidrométricas en la cuenca materia de evaluación, se recomienda que el punto de monitoreo de calidad de agua se ubique cerca a dicha estación hidrométrica para que se pueda contar con la medición simultánea del caudal.

El lugar establecido para la toma de la muestra de agua debe ser de acceso seguro, evitando caminos empinados, rocosos, vegetación densa y fangos.

Se debe precisar que el muestreo debe iniciarse desde los puntos ubicados en la parte alta de la cuenca o intercuenca.

6.5.2. Lagos, lagunas, embalses

En recursos hídricos lénticos, el mapa deberá considerar la integración de la siguiente información en mapas cartográficos: desembocadura de ríos, principales centros poblados y zonas urbanas, vertimientos autorizados de aguas residuales tratadas, fuentes contaminantes puntuales y difusas, pasivos mineros, hidrocarburíferos, agrícolas, actividades productivas e industriales, instalaciones acuáticas, zonas acuícolas, zonas recreativas (balneabilidad), áreas naturales protegidas, batimetría, entre otras. El establecimiento de la red de puntos de monitoreo, debe considerar los siguientes criterios:

- Los puntos de monitoreo deberán ser ubicados donde se desarrollen actividades específicas (zona de pesca, recreación, acuicultura, etc.) o en zonas de importancia particular, como puntos





6.6. Frecuencia de monitoreo

La frecuencia de monitoreo se establece para medir los cambios sustanciales en la calidad del recurso hídrico que ocurren en determinados periodos, los cuales pueden estar influenciados por:

- Estacionalidad de la cuenca (épocas de avenida, transición y de estiaje)
- Variabilidad de las corrientes marinas
- La variabilidad del proceso productivo de las actividades industriales
- La estacionalidad de la actividad de pesca industrial
- La ocurrencia de eventos extraordinarios (huaycos, accidentes, derrame de sustancias peligrosas, floración de algas, etc.)
- Ocurrencia de enfermedades endémicas y/o epidemias

6.7. Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

En el cuadro 2, se presentan los parámetros mínimos a considerar de acuerdo con la categoría del recurso hídrico asignada por la ANA a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por el MINAM (D.S. N.º 015-2015-MINAM).

Cuadro 2. Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.



Parámetros	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos	Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros
Parámetros de campo	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD
Parámetros químico-físicos	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N-NO ₃ , P, sulfuros, metales (As, B, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N _{tot} , N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn), sulfuros	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Cd, Cu, Cr ⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn)
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Organismo de vida libre	Coliformes termotolerantes,	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Huevos y larvas de helmintos,	Coliformes termo tolerantes	

Elaboración propia

Lo anterior no exime la posibilidad de adicionar parámetros de evaluación en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales según el objetivo propuesto, además podrá considerar los siguientes factores:

- Tipología de las fuentes de contaminación: extractivas, productivas, poblacionales, agrícolas, ganaderas
- Materiales y sustancias químicas usadas en las actividades específicas
- Productos de reacción o degradación de las materias primas
- Naturaleza geológica de la cuenca hidrográfica
- Anormalidades biológicas o químicas
- Clasificación de los recursos hídricos



- La ubicación del punto de monitoreo deberá ser seleccionado de tal modo que esté garantizado el acceso y la toma de muestra de agua en condiciones seguras.
- Evitar el ingreso a ríos caudalosos y/o profundos para la toma de muestras. Se recomienda coleccionar las muestras con ayuda de un brazo telescópico o con un recipiente sujetado de una soguilla, pero que conserve las medidas de seguridad. La persona que toma la muestra debe ser asegurada con arnés y una soga anclada a una estructura sólida.
- En cuerpos de aguas navegables y marino-costeros, se deben utilizar chalecos salvavidas.
- En caso de presentarse lluvias torrenciales y permanentes, se debe paralizar el monitoreo por la seguridad del personal y la protección de los materiales y/o equipos.
- El personal de campo deberá contar con seguro complementario de trabajo de riesgo (SCTR).
- Se debe contar en todo momento con un botiquín de primeros auxilios, linterna, radio de comunicación, entre otros.

6.10. Reconocimiento del entorno

En el lugar de muestreo se deberá realizar el reconocimiento del entorno e indicar en el ítem Observaciones de la ficha de campo (**anexo I**) las 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.

6.11. Rotulado y etiquetado

Los recipientes se deben rotular con etiquetas autoadhesivas. La etiqueta de cada muestra de agua como mínimo debe contener los siguientes datos (anexo II):

- Nombre del solicitante
- Código del punto de muestreo
- Tipo de cuerpo de agua (agua continental o marina)
- Fecha y hora de muestreo
- Nombre del responsable de la toma de muestra
- Tipo de análisis requerido
- Preservación y tipo de reactivo (si lo requiere)

Se recomienda cubrir la etiqueta con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad. El etiquetado deberá ser realizado antes de la toma de muestras.

6.12. Medición de las condiciones hidrográficas en aguas continentales y marino-costeras

6.12.1. Condiciones hidrográficas y dinámicas en aguas continentales

Medición del caudal

Los caudales de los ríos o quebradas pueden ser estimados utilizando un medidor de velocidad (correntómetro) para determinar la velocidad superficial del agua y luego mediante la medición del área transversal del curso de agua.

La dificultad para medir el flujo de agua radica principalmente en la medición del área transversal debido a la poca homogeneidad del cauce, presencia de piedras, profundidad y turbulencia. Sin embargo, es posible hacer una aproximación al caudal real a través de las siguientes recomendaciones:



lo suficientemente cortos para descubrir su trayectoria y velocidades. Los flotadores son lanzados al mar dentro del área de estudio y recorrerán una trayectoria dirigida por la corriente superficial predominante en el lugar. Los datos obtenidos son transferidos a una hoja de ploteo o un sistema de información geográfica donde se calcula la dirección y la velocidad de los flotadores en forma gráfica.

El método lagrangiano es utilizado particularmente para determinar el movimiento del agua de mar desde un punto específico hasta áreas de interés, como por ejemplo en estudios para la ubicación óptima de un emisor submarino de aguas residuales domésticas, ya que permite conocer las probables trayectorias de las aguas residuales desde el vertimiento hasta zonas sensibles a la contaminación, como áreas de acuicultura o de actividades recreativas, y estimar las probables densidades de coliformes en estas zonas considerando el decaimiento natural de los patógenos en el mar. Otra aplicación es el estudio de la causalidad entre la contaminación del recurso hídrico en una zona específica y una fuente de contaminación, dado que el método permite identificar las trayectorias de contaminantes vertidos al mar. Asimismo, el método podrá aplicarse para determinar el punto óptimo para la toma de muestra en el monitoreo del impacto de un vertimiento de aguas residuales.

Como flotadores se pueden emplear objetos tan sencillos como botellas o cubetas parcialmente llenas de agua, a las cuales se les coloca un GPS o se sigue visualmente determinando su posición geográfica manualmente, con el fin de poder obtener la trayectoria de la corriente en un intervalo de tiempo. Sin embargo, este tipo de objetos es afectado por el viento y el oleaje, lo cual influye en el vector resultante de dirección. Por ello, es recomendable emplear flotadores en forma de cruceta o derivadores pasivos.

- Los paneles de los flotadores en forma de cruceta quedan situados por debajo de la superficie del agua, lo que disminuye el arrastre por viento y aumenta el arrastre debido a las corrientes marinas.
- Los derivadores pasivos se constituyen en un elemento flotante y un elemento sumergido a una determinada profundidad, dentro de esta categoría se ubican el paracaídas o flotador con vela de arrastre. El elemento derivador es sumergido a la profundidad deseada y conectado por medio de un cable a una boya en la superficie. Monitoreando la trayectoria de la boya se obtiene la trayectoria lagrangiana del fluido en la profundidad del elemento derivado.

Actualmente, existen varios modelos de derivadores, algunos manejados de manera comercial, que además de contar con sistema GPS, están integrados con otros sensores tales como CTD (conductividad, temperatura y profundidad) o de salinidad.



6.13. Georreferenciación del punto de monitoreo

Una vez ubicados en el sitio de muestreo, se deberá identificar el punto de monitoreo utilizando la información registrada en la *Ficha de identificación del punto de monitoreo* (véase el anexo IV). Para una identificación inequívoca del punto de monitoreo, deberán confirmarse las coordenadas utilizando un equipo de GPS.

6.14. Medición de los parámetros de campo

Los parámetros para medir en campo son pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, entre otros. Para la medición de parámetros en campo se recomienda lo siguiente:



Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

- En el caso de ríos accesibles y de bajo caudal, se recomienda tomar los parámetros de campo directamente en el cuerpo de agua, caso contrario utilizar un balde limpio y transparente.
- Medir los parámetros oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y temperatura (como mínimo), la lectura de los valores deberá ser realizada de forma inmediata, luego de tomada la muestra de agua.
- Si se producen variaciones significativas de medidas entre dos muestras, es necesario calibrar el equipo.
- Las mediciones deberán registrarse en la *Ficha de registro de datos de campo* (véase el anexo I).
- Se deberán limpiar los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso y, adicionalmente, entre muestreo y muestreo, a fin de evitar posibles contaminaciones y deterioro. Para la limpieza exterior de los equipos de muestreo es recomendable lavarlos con suficiente agua destilada/desionizada, sin causar daños internos que puedan alterar las características de los diferentes componentes. Es importante llevar a campo las herramientas necesarias y apropiadas para efectuar la limpieza de los equipos que lo requieran.

6.15. Procedimiento para la toma de muestras

Antes de iniciar el muestreo, todo el personal que manipula los equipos de toma de muestra, los recipientes y frascos o los reactivos de preservación, deben colocarse guantes descartables, mascarilla y gafas protectoras.

a. Toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal

Es aplicable para ríos de bajo caudal o de poca profundidad, donde exista fácil acceso de ingreso al río. Se deberá evitar la contaminación de las muestras por disturbar los sedimentos del fondo o de la orilla del cauce.

Procedimiento:

- (a.1) El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (a.2) Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- (a.3) Medir los parámetros de campo directamente en el río o tomando un volumen adecuado de agua en un balde limpio y evitar hacer remoción del sedimento. Seguir los procedimientos indicados en el ítem 6.14 y registrar las mediciones en la *Ficha de registro de datos de campo* (anexo I).
- (a.4) Coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (a.5) Antes de coleccionar las muestras, los frascos se deben enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- (a.6) Coger la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.
- (a.7) Para los parámetros orgánicos (aceites y grasas, hidrocarburos de petróleo, etc.) la toma de muestras se realiza en la superficie del río.
- (a.8) Considerar un espacio de alrededor de 1 % aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación.
- (a.9) Para muestras microbiológicas dejar un espacio del 10 % del volumen del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.
- (a.10) Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), el frasco debe llenarse lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.
- (a.11) Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.



- (d.2). Amarrar y asegurar el balde con la cuerda de nylon.
- (d.3). Bajar el balde y llenarlo, evitando la remoción de sedimentos del fondo del cauce. Al momento de subir el balde, se debe evitar raspar estructuras del puente con la cuerda para no contaminar las muestras.
- (d.5). Enjuagar el balde y lavar los últimos metros de la cuerda de nylon.
- (d.6). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (d.7). Tomar otra muestra de agua con el balde para el lavado de los frascos dos veces y lavar la cuerda.
- (d.9). Llenar cada recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.6) hasta (a.12).
- e. Toma de muestras usando embarcación
- Para el muestreo en cuerpos de agua navegables (ríos, lagos, mar) se debe considerar lo siguiente:
- Procedimiento:
- (e.1). Se debe obtener previamente a la partida un pronóstico del tiempo fiable; si las condiciones son malas, es conveniente posponer la campaña.
- (e.2). Si la estación ubicada no es muy profunda, anclar el bote (o atarlo a una boya). Si el cuerpo de agua es muy profundo, regular la ubicación con el motor o con los remos de la embarcación. La embarcación deberá orientarse hacia la proa contra la corriente para realizar las mediciones de campo y la toma la muestra.
- (e.3). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (e.4). Colocar la botella en el brazo muestreador, asegurarla y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna.
- (e.5). Extender el brazo muestreador y enjuagar el recipiente como mínimo dos veces. Para la toma de muestras sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 o 30 cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo de la corriente.
- (e.6). Llenar el recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.7) hasta (a.12).
- f. Toma de muestras a diferentes profundidades utilizando la botella hidrográfica
- La botella hidrográfica tipo Niskin, Van Dorn o similar es un dispositivo que permite la toma de muestras a cualquier profundidad. Cuenta con válvulas o tapas que se cierran herméticamente a través de un mensajero. Asimismo, proporciona una válvula de drenaje para la obtención de la muestra almacenada.
- Procedimiento:
- (f.1). Marcar la cuerda de nylon en cada metro y colocar un lastre por debajo de la botella hidrográfica para permitir el hundimiento de la misma y otro lastre en el extremo opuesto de la cuerda.
- (f.2). Acondicionar la botella hidrográfica abriendo ambos extremos de la botella y asegurarlos para que no se cierren.
- (f.3). Enjuagar como mínimo dos veces la botella con agua del mismo punto.
- (f.4). Bajar la botella a la profundidad requerida de acuerdo con los objetivos del monitoreo. Esperar por lo menos un minuto para su estabilización y enviar el dispositivo mensajero que cerrará de manera instantánea ambos extremos de la botella hidrográfica y proceder a subirla.



