



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE
TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA-2022**

Línea de investigación:

Biodiversidad, Ecología y Conservación

Tesis para optar el grado académico de Doctora en Medio Ambiente y
Desarrollo Sostenible

Autora:

Misari Chuquipoma, Emilia

Asesor:

Paredes Paredes, Pervis

(ORCID: 0000-0002-2651-7310)

Jurado:

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Ccasani Allende, Julián

Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Lima - Perú

2023



Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:

[1E_MISARI_CHUQUIPOMA_EMILIA_DOCTORADO_2023.docx](#)

Fecha del Análisis:

19/06/2023

Analizado por:

Astete Llerena, Johnny Tomas

Correo del analista:

jastete@unfv.edu.pe

Porcentaje:

12 %

Título:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VEERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA-2022”

Enlace:

<https://secure.arkund.com/old/view/163403410-481434-539413#HY0xDsMgEAT/Qn2K4Ngzxl+JXERWEIHjUsrf88kEiMW7dxxpf1Myz1byTN0K4XD8387VB AETNAAlcqJTsQQE2JCv4wtTFGLWiwN+uiGXbv11dI53sd4je1xbM+05Bt/RGvskdxrlM8X>



DRA. MIRIAM LILIANA FLORES CORONADO
JEFA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE
TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA-2022**

Línea de investigación:

Biodiversidad, Ecología y Conservación

Tesis para optar el grado académico de Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autora:

Misari Chuquipoma, Emilia

Asesor:

Paredes Paredes, Pervis

(ORCID: 0000-0002-2651-7310)

Jurados:

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Ccasani Allende, Julián

Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Lima - Perú

2023

DEDICATORIA

A mis padres Fidel y Josefina (Q.D.) por haberme entregado su amor, cariño, sus sabias enseñanzas y su apoyo incondicional para ser hoy persona de bien, los amo mucho y siempre los recordare.

De manera especial a mi esposo Raúl, por el apoyo moral para hacer realidad mi tan anhelado sueño.

A mis adoradas hijas Susan y Milagros, quienes son la razón de mi existencia.

A mis hermanos Angelica, Jaime, Régulo y Raquel, por los consejos que me motivan a seguir adelante.

A mis hermanos Ernesto, Hayde y Sergio, quienes partieron hacia la eternidad y sé que ellos están velando por todos nosotros desde lo alto.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, por haberme acogido y darme lo mejor durante mi permanencia como estudiante de Posgrado.

Agradezco al Dr. Pervis Paredes Paredes, por su paciencia, responsabilidad y su valiosa contribución en el desarrollo de la presente tesis.

Agradecer de manera especial a los señores miembros del Jurado Calificador: Dr. Abel Walter Zambrano Cabanillas, Dr. Julián Ccasani Allende y al Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo.

Agradezco también a los docentes quienes formaron parte de mi educación en los dos años de permanencia en la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Índice

Resumen	xiii
Abstrac	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Formulación del problema	4
Problema General	4
Problemas Específicos	4
1.4. Antecedentes	5
1.4.1. Antecedentes internacionales	5
1.4.2. Antecedentes nacionales	6
1.5. Justificación de la investigación	9
1.6. Limitaciones de la investigación	9
1.7. Objetivos	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
1.8. Hipótesis	10
Hipótesis general	10
Hipótesis específica	10
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Marco conceptual	12
2.1.1. Calidad de agua	12
2.1.1.1. Contaminación del agua	12

2.1.2. Parámetros de la calidad de agua	14
2.1.2.1. Parámetros físicos	15
2.1.2.2. Parámetros químicos	17
2.1.2.3. Parámetros microbiológicos	22
2.1.3. Estándares de calidad ambiental (ECA)	23
2.1.3.1. Estándares de calidad ambiental para el agua	23
2.1.4. Índice de calidad del agua (ICA)	23
2.1.5. índice de calidad de agua desarrollada por la fundación de los Estados Unidos (ICA-NSF)	24
2.1.5.1. Esfuerzos y estudios previos	26
2.1.5.2. Metodología de aplicación	26
2.1.5.3. Procedimientos	27
2.1.6. Estimación del ICA-NSF	32
2.1.7. Cálculo del índice de calidad del agua (ICA-NSF)	32
III. MÉTODO	42
3.1. Tipo de investigación	42
3.2. Población y muestra	42
3.2.1. Población	42
3.2.2. Muestra	43
3.3. Operacionalización de variables	44
3.4. Instrumentos	45
3.5. Procedimientos	45
3.5.1. Descripción del área de estudio	45
3.5.2. Etapa preliminar	46

3.5.3. Etapa de campo	46
3.5.3.1. Visita de campo al área de estudio	46
3.5.3.2. Determinación de los puntos de muestreo	48
3.5.3.3. Procedimiento de muestreo	49
3.5.4. Etapa de laboratorio	50
3.5.5. Etapa de gabinete	53
3.6. Análisis de datos	53
3.7. Consideraciones éticas	53
IV. RESULTADOS	54
4.1. Niveles de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del Humedal laguna de Tragadero en época de estiaje y avenida	54
4.1.1. Coliformes fecales.....	54
4.1.2. Potencial de hidrógeno	55
4.1.3. Demanda bioquímica de oxígeno	55
4.1.4. Nitratos	56
4.1.5. Fosfatos	57
4.1.6. Temperatura	58
4.1.7. Sólidos disueltos totales	59
4.1.8. Turbidez	60
4.1.9. Oxígeno disuelto	61
4.2. Determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF) del Humedal Laguna de Tragadero	62
4.2.1. Determinación de la calidad de agua (ICA-NSF) en época de estiaje.....	62
4.2.2. Determinación de la calidad de agua (ICA-NSF) en época de avenida	73

4.3. Prueba de la hipótesis	85
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	88
VI. CONCLUSIONES	93
VII. RECOMENDACIONES	95
VIII. REFERENCIAS	96
IX. ANEXOS	103
Matriz de Consistencia	104

Índice de Tablas

Tabla 1. Rango de Concentración de Oxígeno Disuelto y Consecuencias Ecosistémicas Frecuentes	19
Tabla 2. Categoría 4: Conservación del medio acuático	23
Tabla 3. Campos profesionales de los panelistas invitados	27
Tabla 4. Listado de parámetros incluidos	27
Tabla 5. Ejemplos de respuestas del primer examen	29
Tabla 6. Parámetros incluidos en el segundo cuestionario WQI y calificaciones de significación del primer cuestionario WQI	30
Tabla 7. Lista de once parámetros más significativos	31
Tabla 8. Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown	32
Tabla 9. Pesos relativos para cada parámetro ICA-NSF	33
Tabla 10. Solubilidad del oxígeno en agua dulce	40
Tabla 11. Puntos de muestreo de la presente investigación	48
Tabla 12. Resultado de los parámetros fisicoquímicos y microbiológica del Humedal Laguna de Tragadero del primer muestreo época de estiaje	51
Tabla 13. Resultado de los parámetros fisicoquímicos y microbiológica del Humedal Laguna de Tragadero del segundo muestreo en época de avenida	52
Tabla 14. ICA-NSF del punto de muestreo P-1 en época de estiaje	67
Tabla 15. ICA-NSF del punto de muestreo P-2 en época de estiaje.....	68
Tabla 16. ICA-NSF del punto de muestreo P-3 en época de estiaje.....	70
Tabla 17. ICA-NSF del punto de muestreo P-4 en época de estiaje.....	71
Tabla 18. ICA-NSF del punto de muestreo P-1 en época de avenida	77
Tabla 19. ICA-NSF del punto de muestreo P-2 en época de avenida	78

Tabla 20. ICA-NSF del punto de muestreo P-3 en época de avenida	80
Tabla 21. ICA-NSF del punto de muestreo P-4 en época de avenida	81
Tabla 22. ICA-NSF del Humedal Laguna de Tragadero	83
Tabla 23. Media de 8 muestras de época de estiaje y avenida	84
Tabla 24. t de student	86

Índice de Figuras

Figura 1. Curva de calidad de agua en función de CF	34
Figura 2. Curva de calidad de agua en función del pH	35
Figura 3. Curva de calidad de agua en función de DBO ₅	36
Figura 4. Curva de calidad de agua en función de los nitratos	36
Figura 5. Curva de calidad de agua en función de los fosfatos	37
Figura 6. Curva de calidad de agua en función del cambio de temperatura	38
Figura 7. Curva de calidad de agua en función de la turbidez	38
Figura 8. Curva de calidad de agua en función de SDT	39
Figura 9. Curva de calidad de agua en función de oxígeno disuelto	40
Figura 10. Imagen de la población en estudio	42
Figura 11. Ubicación del Humedal Laguna de Tragadero	45
Figura 12. Humedal Laguna de Tragadero	46
Figura 13. Imágenes de la visita de campo	47
Figura 14. Puntos de muestreo para la presente investigación	49
Figura 15. Variación de los coliformes fecales en las aguas del Humedal Laguna de Tragadero	54
Figura 16. Variación del pH en las aguas del Humedal Laguna de Tragadero	55
Figura 17. Variación de la demanda bioquímica en las aguas del Humedal Laguna de Tragadero	56
Figura 18. Variación de nitratos en las aguas del Humedal Laguna de Tragadero	57
Figura 19. Variación de fosfatos en las aguas del Humedal Laguna de Tragadero	57
Figura 20. Variación de la temperatura en las aguas del Humedal Laguna de Tragadero	58
Figura 21. Variación del cambio de temperatura en las aguas del Humedal Laguna de	

Tragadero	59
Figura 22. Variación de los SDT en las aguas del Humedal Laguna de tragadero	60
Figura 23. Variación de la turbidez en las aguas del Humedal Laguna de Tragadero	60
Figura 24. Variación de oxígeno disuelto en las aguas del Humedal Laguna de Tragadero...	61
Figura 25. Curva de calidad NSF de coliformes fecales en época de estiaje	62
Figura 26. Curva de calidad NSF de pH en época de estiaje	63
Figura 27. Curva de calidad NSF de demanda bioquímica de oxígeno en época de estiaje ...	64
Figura 28. Curva de calidad NSF de nitratos en época de estiaje	64
Figura 29. Curva de calidad NSF de fosfatos en época de estiaje	65
Figura 30. Curva de calidad NSF del cambio de temperatura en época de estiaje	65
Figura 31. Curva de calidad NSF de turbidez en época de estiaje	66
Figura 32. Curva de calidad NSF de sólidos disueltos totales en época de estiaje	66
Figura 33. Curva de calidad NSF de oxígeno disuelto en época de estiaje	67
Figura 34. Curva de calidad NSF de coliformes fecales en época de avenida	73
Figura 35. Curva de calidad NSF de pH en época de avenida	73
Figura 36. Curva de calidad NSF de la DBO ₅ en época de avenida	74
Figura 37. Curva de calidad NSF de nitratos en época de avenida	74
Figura 38. Curva de calidad NSF de fosfatos en época de avenida	75
Figura 39. Curva de calidad NSF del cambio de temperatura en época de avenida	75
Figura 40. Curva de calidad NSF de turbidez en época de avenida	76
Figura 41. Curva de calidad NSF de sólidos disueltos totales en época de avenida	76
Figura 42. Curva de calidad NSF de oxígeno disuelto en época de avenida	77
Figura 43. Categorización ICA-NSF para el Humedal Laguna de Tragadero	83
Figura 44. Campana de Gauss	84

Figura 45. t de student	87
Figura 46. Contaminación del Río Yanamarca por los efluentes de la laguna de oxidación del distrito de Acolla	106
Figura 47. Imágenes del impacto negativo de la vida acuática del humedal laguna de Tragadero	107
Figura 48. Eutroficación del humedal laguna de Tragadero	107
Figura 49. Muestreo en el P-1 (Pachascucho) en época de estiaje	108
Figura 50. Muestreo en el P-2 (Tragadero) en época de estiaje	108
Figura 51. Muestreo en el P-3 (Muquillanqui) en época de estiaje	109
Figura 52. Muestreo en el P-4 (Chocón) en época de estiaje	110
Figura 53. Muestreo en el P-1 (Pachascucho) en época de avenida	110
Figura 54. Muestreo en el P-2 (Tragadero) en época de avenida	111
Figura 55. Muestreo en el P-3 (Muquillanqui) en época de avenida	112
Figura 56. Muestreo en el P-4 (Chocón) en época de avenida	113
Figura 57. Muestras de los cuatro puntos de muestreo en época de avenida	114
Figura 58. Imágenes de la vida acuática en el Humedal Laguna de Tragadero	115

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad de agua del Humedal Laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domesticas aplicando la metodología ICA- NSF, en la provincia de Jauja-2022. El estudio es de tipo descriptivo, cuyo diseño es no experimental – longitudinal. No experimental, porque no se manipuló las variables es decir el estudio no es controlado por el investigador, solo se analizaron y estudiaron los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia y longitudinal porque se recolectaron las muestras de agua a través del tiempo ósea en dos momentos, en época de avenida y estiaje. El resultado obtenido fue de 45,98 y según la categorización del ICA-NSF corresponde a calidad mala. En conclusión, el cuerpo de agua está siendo afectado mayormente por el vertimiento de aguas residuales provenientes de la Planta de Tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Acolla, la utilización de fertilizantes en áreas de cultivo cercanos al humedal y el sobre pastoreo de ganados lo que está afectando a la conservación del medio ambiente acuático.

Palabras claves: Índice de calidad de agua, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, Clasificación del ICA-NSF.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to determine the water quality of the Laguna de Tragadero Wetland contaminated by the discharge of domestic wastewater applying the ICA-NSF methodology, in the province of Jauja-2022. The study is descriptive, whose design is non-experimental - longitudinal. Non-experimental, because the variables were not manipulated, that is, the study is not controlled by the researcher, only the facts and phenomena of reality after their occurrence and longitudinal were analyzed and studied because the water samples were collected over time. in two moments, in the flood and dry season. The result obtained was 45.98 and according to the ICA-NSF categorization it corresponds to poor quality. In conclusion, the body of water is being affected mainly by the dumping of wastewater from the Domestic Wastewater Treatment Plant of the Acolla district, the use of fertilizers in cultivated areas near the wetland and the overgrazing of cattle. that is affecting the conservation of the aquatic environment.

Keywords: Water quality index, physicochemical and microbiological parameters, ICA-NSF Classification.

I. INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos son fundamentales para satisfacer las diversas necesidades de la sociedad, en lo que concierne al consumo humano, la agricultura, la industria, la generación de energía y otros usos. Soportado por una gestión sostenible de los recursos hídricos en equilibrio, para cubrir las diversas necesidades de la sociedad, garantizando el acceso equitativo al agua a lo largo del tiempo y en todo el territorio, y promover la conservación de este recurso vital. La comprensión de estos principios es esencial para abordar los desafíos relacionados con el agua en todo el mundo.

Estudios realizados referente a la calidad de agua en las distintas lagunas del Perú demuestran que existen altos niveles de las concentraciones de fosforo, nitrógeno, DBO, y coliformes debido a las actividades antropogénicas tales como la agricultura, ganadería, minería así como también a la descarga de efluentes industriales y residuos sólidos. Por otro lado, se confirma el uso de agroquímicos en la agricultura cerca al cuerpo, trayendo consigo el deterioro de la calidad de agua producto del arrastre de estos contaminantes químicos al cuerpo de aguas mediante escorrentía (Galarraga, 2001)

Los índices y parámetros de calidad del agua son herramientas esenciales en la evaluación de la calidad del agua, y se basan en el análisis de datos ambientales y cálculos matemáticos. Esta información es valiosa para comprender y comunicar la calidad del agua en diferentes contextos y para identificar tendencias en la calidad del recurso hídrico.

En la presente investigación se determinó la calidad de agua en el humedal laguna de Tragadero por medio de análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del índice de calidad ICA.NSF, con el propósito de determinar los cambios físicos, químicos y microbiológicos del agua, producto de las diferentes actividades tales como la agricultura, ganadería y descarga de descargas residuales.

La recopilación de datos se realizó a través de muestreos en varios puntos estratégicos, fue fundamental para realizar la evaluación precisa y representativa de la calidad del agua en el humedal. Además, estos datos de campo son esenciales para comprender mejor el estado actual del humedal y para orientar las futuras etapas del proyecto, como los análisis de laboratorio y la propuesta de medidas de gestión y restauración.

El muestreo del agua se llevó a cabo mediante el protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales - Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural No 010-2016-ANA), con el fin de obtener una mayor representatividad en la evaluación de los datos obtenidos en los cuatro puntos de muestreo.

En resumen, este enfoque integral es esencial para abordar de manera efectiva los desafíos relacionados con la calidad del agua y la preservación de los ecosistemas acuáticos en el humedal Laguna de Tragadero y en cualquier otro entorno. Proporciona un marco sólido para la toma de decisiones informadas y la implementación de medidas de gestión y recuperación efectivas.

1.1. Planteamiento del problema

La calidad de aguas superficiales es un tema de discusión y preocupación en todo el mundo; porque se ve afectada por los efectos de los agentes contaminantes de origen antrópico, son cada vez más nocivos y difíciles de tratar por su naturaleza química. Además, el cambio de uso del suelo influye significativamente sobre el paisaje natural, alterando el ecosistema y los recursos naturales.

El humedal laguna de Tragadero se ubica entre los distritos de Marco y Acolla, en la provincia de Jauja - Región Junín y tiene una altitud de 3458 m. s. n. m., en la microcuenca del río Yanamarca. Su clima es subhúmedo, con una temperatura media de 11,9 °C y una precipitación anual de 704 mm. El nombre de Tragadero se debe a la existencia de un sumidero

natural ubicado al noroeste de la laguna, denominado Millpún del cual depende la regulación de su caudal.

La presente investigación se llevó a cabo en el humedal laguna de Tragadero, debido a los problemas de contaminación que este humedal viene sufriendo desde la década de los 90, con impactos negativos atribuidos principalmente a la agricultura y la ganadería. Sin embargo, en los últimos años, se ha intensificado la contaminación debido a la instalación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales domésticos del distrito de Acolla, trayendo como consecuencia la eutrofización de sus aguas a causa del vertimiento de las aguas residuales domésticas sin tratar y también por el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, que proceden mayormente de la actividad del ser humano, otro problema importante es la extinción de las especies nativas por la continua destrucción de sus hábitats, ya que este humedal es fuente importante de servicios ecosistémicos o ambientales entre los que se destacan: brindan soporte a la cadena trófica, albergan una enorme cantidad de aves residentes y migratorias; son reguladores de los regímenes hidrológicos tanto superficial como subterránea y en algunos casos sirven como depuración y control de contaminantes.

En ese sentido, es importante hacer un estudio sobre la calidad de agua del humedal laguna de Tragadero, haciendo uso del índice de calidad (ICA-NSF), ya que es una herramienta que nos va a permitir sintetizar una variedad de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante un modelo matemático con el objetivo de determinar la calidad de agua y concluir si el cuerpo de agua se encuentra en los rangos de: excelente, buena, regular, mala y pésima.

1.2. Descripción del problema

El humedal laguna de Tragadero, ubicada en el distrito de Marco, ha experimentado un deterioro significativo en la calidad del agua en los últimos años. Esta laguna es un recurso hídrico vital para la comunidad local y el ecosistema para la vida silvestre.

La mala calidad del agua se debe principalmente, al aumento de contaminantes en las descargas de aguas residuales de la PTAR sin tratar, junto con la escorrentía de las tierras agrícolas circundantes al humedal y al pastoreo, que también contribuyen a la contaminación del agua a través de la erosión del suelo y la liberación de nutrientes.

En resumen, los resultados del estudio no solo informan sobre la calidad del agua del humedal laguna de Tragadero, sino que también respaldan la toma de decisiones para proteger la salud de los residentes, la biodiversidad y la sostenibilidad a largo plazo de este recurso natural vital. La gestión adecuada de los recursos hídricos es esencial para un futuro más saludable y sostenible.

1.3. Formulación del problema

Problema General

¿Cuál es la calidad de agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en la provincia de Jauja-2022, aplicando la metodología ICA-NSF?

Problemas Específicos

¿Cuáles son los niveles de concentración de los parámetros físicos del humedal laguna de Tragadero, contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022?

¿Cuáles son los niveles de concentración de los parámetros químicos del humedal laguna de Tragadero, contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022?

¿Cuáles son los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos del humedal laguna de Tragadero, contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en época de avenida y estiaje, en la provincia de Jauja -2022?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes Internacionales

López (2019). En su trabajo de investigación sobre: *Determinación del índice de calidad del agua de la laguna de Colta mediante la valoración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*, determinó el índice de calidad del agua propuesto por la National Science Foundation en la laguna de Colta, mediante dos muestreos realizados en los meses de noviembre y diciembre del 2018, con la finalidad de generar información importante que aporte al conocimiento de este recurso hídrico y al seguimiento de los impactos ambientales presentados actualmente. Este índice de calidad se determinó utilizando los parámetros: pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, variación de temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y coliformes fecales, obteniéndose un valor de 70,7 que se considera como agua de calidad regular; esto demuestra el estado aceptable para actividades recreativas, pero con cierto impacto en la biodiversidad del cuerpo hídrico. Además, se realizó la comparación de dichos parámetros con los límites permisibles propuestos por la legislación ecuatoriana (TULSMA) para uso recreativo del agua y preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios, la cual está dentro de los rangos establecidos.

Salcedo et al. (2018). Realizaron el trabajo de investigación sobre “*Aplicación del Índice de Calidad del Agua (WQI-NFS) en Lagunas metropolitanas y rurales*”. Sostienen que la urbanización periférica insostenible afecta la calidad del agua y la salud pública. Por lo que, el índice de Calidad del agua de la Fundación Nacional de Sanidad (WOI-NSF) se midió en seis lagunas de la zona metropolitana de Villahermosa (ZM) y rural (ZR) aledaña durante los periodos de caudal bajo y alto, en la llanura del Río Grijalva, México. El objetivo de esta investigación fue evaluar si la calidad del agua de las lagunas es apta para la salud pública. En la ZM, las dos lagunas registraron calidad media del agua en ambas condiciones de flujo. En

la ZR, la calidad del agua en las cuatro lagunas varió de buena a mala y mantuvieron mejor calidad del agua durante el caudal alto que en el bajo. La calidad mala del agua se atribuye al impacto de la peri-urbanización. En cambio, la mejor calidad del agua se asoció con la presencia y cobertura de vegetación acuática, las cuales favorecen la depuración del agua y destacan sus beneficios para conservar los servicios ambientales. Los coliformes fecales y el fósforo total afectaron negativa y frecuentemente la calificación del WQI-NSF y superaron los lineamientos de la calidad del agua como fuente de abastecimiento para uso público urbano en México, lo que evidencia su potencial riesgo a la salud pública.

1.4.2. Antecedentes Nacionales

Alarcón y Ñique (2016), realizaron un estudio titulado “*Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú)*”, con la finalidad de determinar la calidad del agua a través de la aplicación del Índice de Calidad del Agua establecido por la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF). En primer lugar, se determinaron los parámetros físicoquímicos, como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales disueltos, turbidez, pH, temperatura, nitratos, y fosfatos totales, así como los coliformes fecales. Las muestras se recolectaron en cuatro estaciones de muestreo establecidas en la laguna, para posteriormente procesar los datos y determinar el Índice de Calidad del Agua de la laguna. El valor fue de 62, que se correspondió con una calidad media, por lo que se llegó a la conclusión de que este cuerpo de agua estaba afectado, durante el período de estiaje por el aporte de aguas contaminadas, uso de fertilizantes en áreas cercanas, actividades de pastoreo de ganado e instalación de letrinas, lo que afecta a la conservación del ambiente acuático y su aprovechamiento.

Llovera (2019), en su tesis titulado “*Determinación del índice de calidad ambiental del agua del Manantial el Azufre y Quebrada el Azufre, en el caserío el pabellón, La Encañada,*

Cajamarca, 2016-2018”, con el objetivo de determinar el índice de calidad ambiental del agua del Manantial el Azufre y Quebrada el Azufre, aplicando el ICA-PE, en el caserío el Pabellón, La Encañada, Cajamarca 2016 – 2018. Para determinar el ICA se aplicó el ICA-PE, el monitoreo se realizó con frecuencia mensual durante los años 2016-2018, se midieron los parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad, pH, aceites y grasas, cianuro WAD, oxígeno disuelto, nitratos y metales totales. Los resultados de los parámetros evaluados fueron comparados con los ECA para agua, categoría 3 del D.S. No 004-2017- MINAM, donde los parámetros que no cumplieron la normativa fueron el pH y oxígeno disuelto en CAQ-1, nitratos, oxígeno disuelto, manganeso, cobalto, selenio y cobre en CAQD-1, en base a la comparación de resultados se procedió con el cálculo del ICA, obteniendo valores del ICA-PE que oscilan entre 94,52 y 96,34 para CAQ-1 y entre 88,03 y 95.14 para CAQD-1, llegando a la conclusión que los valores promedio del ICA-PE del agua de CAQ-1 y CAQD-1 son calificados como excelente, y son aptas para usos agrícolas.

Huamán-Vilca et al. (2021). En su trabajo de investigación *“Evaluación de la calidad del agua de la laguna Maravilla en los Pantanos de Villa”*. Su objetivo fue evaluar la calidad del agua de la laguna Maravilla, comparándola con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y la determinación del índice de calidad de agua del Perú (ICA-PE) propuesto por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se analizó la data anual de 2019-2020 y se obtuvieron valores promedios para los parámetros de pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales de 8.8, 4644.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3413.9 ppm, respectivamente. Además, se realizaron muestreos especiales para nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de los cuales cinco no cumplen con lo establecido en la categoría 4 del ECA para agua (nitratos, fósforo total, amoníaco total, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes Termotolerantes). Asimismo, con los datos del muestreo se obtuvo un valor de 46.3 en el ICA-PE. Se concluyó que la calidad

de agua de la laguna Maravilla es regular, es decir, se encuentra ocasionalmente amenazada o dañada.

Minaya (2017). Realizó el trabajo de investigación sobre: *Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, para determinar la Calidad del Agua en la Laguna Moronacocha, Época de Transición Creciente-Vaciante. Iquitos. Perú. 2016*, con el objetivo de determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de la laguna Moronacocha durante la época de transición de creciente a vaciante, meses de abril, mayo y junio del 2016 - Iquitos, Perú para luego compararlas con los valores presentes en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, en la categoría IV: Conservación del ambiente acuático, regulado por el estado peruano. Por lo tanto, se concluye que la laguna en general es homogénea y que se encuentra en buenas condiciones de agua de acuerdo con los ECAs para agua, salvo los puntos cercanos a las descargas de aguas residuales. El parámetro de mayor riesgo para la laguna Moronacocha son los Sólidos Totales Suspendidos, por el posible efecto de colmatación que podrían tener sus altas concentraciones en la Laguna.

Rodríguez et al. (2017), realizaron un estudio titulado *“Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local”* con el objetivo de hacer un diagnóstico microbiológico de los cuerpos de agua del Área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla. Los resultados mostrados evidencian que este ecosistema está siendo alterado, ya que en varios meses del año todos los indicadores se observaron muy por encima del LMP. Si bien es cierto en la actualidad no se consideran a los coliformes totales como buenos indicadores de contaminación, estos se tomaron en cuenta ya que al momento del estudio estaban considerados dentro de los parámetros de los ECAs (ECAs, 2008). De las 15 estaciones monitoreadas, seis de ellas presentaron un promedio anual de coliformes totales mayor al LMP (>2000 NMP/100 mL), y

para el caso de los coliformes termotolerantes, dos estaciones sobrepasaron los LMP (>1000 NMP/100 mL). Los resultados evidencian que las actividades humanas están alterando los cuerpos de agua, pudiendo convertirlos en un reservorio de microorganismos patógenos para la salud de la población que lo utiliza. En un futuro, estos impactos podrían ocasionar cambios en la composición, estructura y dinámica del ecosistema, convirtiéndolo en una potencial fuente para la proliferación de enfermedades.

1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación se originó, de la observación del deterioro del ecosistema acuático, siendo imprescindible el factor hídrico para la vida de la flora y fauna silvestre, que forman parte de las cadenas tróficas de la vida silvestre, asimismo reconocidas por albergar una importante y significativa diversidad biológica en el humedal Laguna de Tragadero, que en la actualidad viene contaminándose por el vertimiento de las aguas residuales domiciliarias generadas por las poblaciones aledañas, es por ello que me he propuesto en estudiar a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que exceden los niveles de concentración, establecidas en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, que de modo directo perjudican la calidad del agua.

1.6. Limitaciones de la investigación

En la ejecución de la presente investigación se tuvo las siguientes limitaciones:

- La falta de lluvia me ha dificultado tomar la muestra en época de avenida.
- El traslado de muestras del lugar de muestreo a la ciudad Lima fue dificultoso.
- El costo de los análisis de las muestras fue elevado.

1.7. Objetivos

Objetivo General

Determinar la calidad de agua del humedal Laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domesticas aplicando la metodología ICA- NSF, en la provincia de Jauja-2022.

Objetivos Específicos

Determinar los niveles de concentración de los parámetros físicos del humedal Laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022.

Determinar los niveles de concentración de los parámetros químicos del humedal Laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022.

Determinar los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos del humedal Laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022.

1.8. Hipótesis

Hipótesis General

La calidad de agua del humedal Laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domesticas aplicando la metodología ICA-NSF es mala, en la provincia de Jauja 2022.

Hipótesis Especificas

Los niveles de concentración de los parámetros físicos analizados influyen significativamente en la determinación de la calidad de agua del humedal Laguna de Tragadero en época de avenida y estiaje.

Los niveles de concentración de los parámetros químicos analizados influyen significativamente en la determinación de la calidad de agua del humedal Laguna de Tragadero en época de avenida y estiaje.

Los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos analizados del humedal Laguna Tragadero influyen significativamente en la determinación de la calidad de agua en época de avenida y estiaje.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Calidad de Agua.*

La calidad del agua se puede definir desde dos puntos de vista fundamentales: Desde un punto de vista funcional, como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O desde un punto de vista ambiental, como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y para que cumpla unos determinados objetivos de calidad (calidad ecológica). O como el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas que la definen. (Ministerio del Medio Ambiente, 2000, p.196).

2.1.1.1. Contaminación del agua. “La contaminación del agua es cualquier cambio químico, biológico o físico en la calidad del agua que tenga un efecto dañino en los organismos vivientes o que vuelva el agua inconveniente para los usos requeridos” (Tyler, 2007, p. 186).

La contaminación del agua puede provenir de fuentes únicas (puntuales) o de fuentes más grandes y dispersas (no puntuales). Las fuentes puntuales descargan los contaminantes en lugares específicos por los conductos de drenaje, las zanjas o las líneas de aguas negras hacia los cuerpos de agua superficial. Debido a que las fuentes puntuales están en lugares específicos, son fáciles de identificar, vigilar y regular. Casi todos los países desarrollados tienen leyes que ayudan a controlar las descargas de sustancias químicas dañinas de las fuentes puntuales en los sistemas acuáticos. Pero en casi todos los países en desarrollo existen poco control de tales descargas. Las fuentes no puntuales están dispersas, son imprecisas y no son posibles relacionarlas con un sitio de descarga específico.

Las principales fuentes de contaminación del agua son la agricultura, las industrias y la

minería. Las actividades agrícolas son una fuente importante de la contaminación del agua. Los sedimentos de los campos agrícolas son la mayor fuente de contaminación. Otros contaminantes agrícolas importantes son los fertilizantes y pesticidas, las bacterias del ganado y los desechos de alimentos y el exceso de sal de los terrenos cultivables irrigados. Este tipo de contaminación es difícil de controlar porque no proviene de fuentes puntuales.

Las plantas industriales son otra fuente importante de contaminación del agua a causa de una variedad de sustancias químicas inorgánicas y orgánicas dañinas.

La minería es una de las terceras fuentes, la más importante en la superficie de la Tierra que afecta la superficie y crea una fuente importante de sedimentos erosionados y afluencia de sustancias químicas tóxicas.

El cambio climático debido al calentamiento global también contamina el agua. En un mundo más cálido, algunas regiones tendrán más precipitación y otras menos. Las intensas lluvias pueden llevar sustancias químicas más dañinas, nutrientes de las plantas y microorganismos a las vías acuáticas. Una sequía prolongada reduce los caudales de los ríos, los cuales diluyen los desechos y propaga enfermedades infecciosas más rápidamente entre las personas que no tienen suficiente agua limpia. (Tyler, 2007, p. 186-187)

De la Sota (2003, citado por Alvarado, 2010) señala que:

La actividad pecuaria también es otra fuente de contaminación ya que causa efectos negativos para el agua, el pastoreo extensivo provoca erosión en el suelo, lo que genera el arrastre de sedimentos hasta las corrientes superficiales. El depósito de los residuos de los animales en el suelo provoca que haya una mayor concentración de nitratos y fosfatos, que pueden ser arrastrados hasta los ríos. Las actividades domésticas, también

afectan negativamente al recurso hídrico, por ejemplo, si el aceite de cocina llega a los ríos o a los mantos freáticos, aumenta la carga orgánica contaminante; incluso puede formar una capa fina en la superficie que dificulta la oxigenación y conlleva a que la vida acuática se degrade. También la descarga de agua residual contiene alto contenido de materia orgánica, fosfatos y nitratos. (p.68)

2.1.2. Parámetros de la calidad de agua

Orozco et al. (2005, citado en Samboni, et al.,2007) señalan que:

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, evaluando en forma grupal o individual.

Los parámetros fisicoquímicos dan una información amplia de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambas en la evaluación del recurso hídrico. (p.3)

Samboni, et al. (2007) señalan:

La ventaja de los métodos físicos y químicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación de los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas; además, la elección de las especies debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente solo se realiza para un uso determinado, a diferencia de las fisicoquímicas, que permiten una evaluación para diferentes tipos de uso. (p.3)

Gualdron (2016, citado por Mora & Tamay, 2022) señalan:

Entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a destacar en un análisis de calidad de agua se encuentran la temperatura, turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO), nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales (SDT), oxígeno disuelto (OD), pH, coliformes fecales (CF) entre otros, estos parámetros son de gran importancia debido a que indican la composición y la dinámica de los agentes contaminantes contribuyendo al diagnóstico de la calidad de agua de un cuerpo hídrico. (p. 16)

2.1.2.1. Parámetros físicos. Los parámetros físicos utilizados para determinar la calidad del agua son la turbidez, los sólidos disueltos totales y la temperatura.

A. Sólidos disueltos totales (SDT). Toasa (2012, citado por Mora & Tamay, 2022) señalan que:

Para una adecuada evaluación de la calidad de agua es importante conocer la cantidad de material sólido que contiene una muestra. Se define a los sólidos como aquellos residuos de material que quedan en un recipiente después que se evapora la muestra y su posterior secado en la estufa a una determinada temperatura, los sólidos disueltos totales contienen sales inorgánicas como (bicarbonatos, sulfatos, cloruros, fosfatos, carbonatos, materia orgánica). Los sólidos disueltos totales se clasifican de acuerdo con su tamaño y estado en: sólidos suspendidos, sólidos disueltos y sólidos coloidales; por sus características químicas en: sólidos volátiles y sólidos fijos y por la decantabilidad en: sólidos sedimentables y no sedimentables. (p.21)

Gualdron (2016, citado por Mora & Tamay, 2022) mencionan que:

“Los sólidos disueltos totales indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico e inorgánico, con los sólidos disueltos se pueden establecer relaciones con otras variables como el DBO y DQO generando resultados confiables”. (p.21)

B. Temperatura. Chapman (2012, citado por Montaluisa & Sánchez, 2021) expresa que:

La temperatura es la medida del calor o energía de las partículas en una sustancia.

La temperatura de un cuerpo de agua se ve influenciada por la latitud, la altitud, la estación, la hora del día, la circulación del aire, la capa de nubes y el flujo y la profundidad de la masa de agua; y afecta los procesos físicos, químicos y biológicos en los cuerpos de agua, así como la concentración de algunas variables. A medida que aumenta la temperatura del agua generalmente acelera la velocidad de las reacciones. Al aumentar la temperatura del agua disminuye la solubilidad de gases en el agua, esto significa que, a temperaturas más altas, el agua puede contener menos oxígeno disuelto, lo que afecta la capacidad de los organismos acuáticos para respirar. También puede influir en la concentración de otros gases disueltos, como CO₂, N₂, CH₄. El aumento de la temperatura del agua generalmente aumenta la solubilidad de las sales inorgánicas, lo que significa que el agua caliente puede contener una mayor concentración de iones como los bicarbonatos, sulfatos, cloruros y carbonatos. aumenta la solubilidad de las sales.

El metabolismo de los organismos acuáticos también está relacionados con la temperatura, y en aguas cálidas, la tasa de respiración aumenta, lo que lleva a un mayor consumo de oxígeno y una mayor descomposición de la materia orgánica. Las tasas de crecimiento también aumentan (siendo más evidente para las bacterias y el fitoplancton) que duplican sus poblaciones en periodos de tiempo muy cortos, aumentando la turbidez del agua, el crecimiento de vegetación acuática y el desarrollo de algas, cuando las condiciones de nutrientes son adecuadas. (p.23)

C. Turbidez. Guevara (2016) señala que:

La claridad del agua es un indicador importante de su calidad y está relacionada directamente con la capacidad de la luz solar para penetrar en el cuerpo de agua. La turbidez es un índice de la absorción o debilitamiento de la luz dentro del cuerpo de agua. Mientras más baja es la turbidez, mayor es la profundidad de penetración de la luz dentro del cuerpo de agua, mayor es la actividad fotosintética y mayores son los niveles de oxígeno. La turbidez es causada por la presencia de sedimentos en suspensión, tales como arcillas, limos, materia orgánica, plancton y otras partículas orgánicas e inorgánicas. La penetración de la luz dentro de una muestra de agua se mide mediante un turbímetro; las mediciones se pueden utilizar para predecir la concentración de sedimentos en suspensión, previo establecimiento de las relaciones adecuadas. (p. 390)

2.1.2.2. Parámetros químicos. Barrenechea (2004, citado en Clavijo y Granja, 2016) señalan que:

Los parámetros químicos son parámetros muy importantes para determinar la calidad de agua, como el agua es el solvente universal, puede contener cualquiera de los elementos de la tabla periódica. Sin embargo, los elementos que intervienen en la determinación de la calidad de agua son pocos. (p.12)

Entre los parámetros químicos se consideran los siguientes:

A. *Potencial de hidrógeno (pH).* Guevara (2016) señala que:

El pH es una medida de la concentración de iones H^+ en el agua. Es igual al logaritmo negativo de dicha concentración en moles/litro. Un valor de 7 indica pH neutro; valores mayores representan alcalinidad, normalmente debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos; valores menores que 7 indican acidez.

En las aguas naturales el pH prácticamente se debe a las reacciones del CO_2 , que

proviene de la atmósfera o de la respiración de las plantas, formando ácido carbónico, el cual a su vez se disgrega en bicarbonato; se liberan iones de carbonato (CO_3^{2-}) y de H^+ , influyendo en el nivel de pH, de acuerdo con la siguiente relación:



El pH es una indicación del equilibrio químico en el agua y afecta a la disponibilidad de ciertos elementos químicos o nutrientes en el agua para ser absorbidos por las plantas; también afecta directamente a los peces y otro tipo de vida acuática. Valores de pH menores que 4,8 y mayores de 9,2 se consideran como límites tóxicos. La mayoría de las especies de peces de agua dulce toleran valores de pH entre 6,5 y 8,4. Las algas no sobreviven a valores mayores de 8,5. (p. 388)

B. Oxígeno disuelto. Goyenola (2007 citado por Clavijo y Granja, 2016) sostiene: El OD es la cantidad de oxígeno que esta disuelta en el agua. Su presencia proviene principalmente de la aireación y la fotosíntesis, siendo indispensable para la vida acuática. El contenido de oxígeno disuelto depende de diversos factores como la concentración y la estabilidad de la materia orgánica, la presencia de plantas acuáticas, la presión atmosférica, la hora del día y la estación del año, pero guarda una relación estrecha con la temperatura (p. 15).

El oxígeno disuelto en el agua es un indicador importante de la calidad de agua y puede utilizarse para evaluar el grado de contaminación o alteración del cuerpo de agua. Las aguas superficiales no contaminadas, los arroyos suelen estar saturadas o incluso sobresaturadas con oxígeno, por lo que un nivel bajo de oxígeno o falta de oxígeno en el agua indica una contaminación elevada, condiciones sépticas con materia orgánica o una fuerte actividad bacteriana, y niveles altos de OD indican agua de mejor calidad. Goyenola (2007 citado por Clavijo y Granja, 2016)

Quispe (2016, citado por Bautista, 2021) manifiesta que “Un alto nivel de oxígeno disuelto indica que el agua es de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir” (p.26).

Roldan Pérez (2012, citado en Mora y Tamay, 2022) señalan que:

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua está influenciado por la presión atmosférica, la temperatura, la salinidad y la materia orgánica disuelta: a mayor altura sobre el nivel del mar menor es la presión atmosférica y por lo tanto el oxígeno disminuye; asimismo, a mayor temperatura menor será la concentración del oxígeno; el contenido de sales tales como los cloruros disminuyen la concentración del oxígeno en un cuerpo de agua; de igual manera, las concentraciones altas de materia orgánica en el agua pueden agotar el oxígeno pues la materia orgánica lo requiere para su descomposición. (p. 22)

Goyenola (2007 citado por Clavijo y Granja, 2016) afirman que:

Las aguas superficiales no contaminadas, suelen estar saturadas de oxígeno, e incluso sobresaturadas por lo que, niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o actividad bacteriana intensa, así como niveles altos de oxígeno indican agua de mejor calidad. (p.16)

Tabla 1

Rango de Concentración de Oxígeno Disuelto y Consecuencias Ecosistémicas Frecuentes

OD mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios.
0 – 5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles.
5 – 8	Aceptable	OD adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peses y otros organismos acuáticos.
8 – 12	Buena	

Fuente: Goyenola, 2007

C. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Sánchez, et al. (2007) señalan que: La demanda bioquímica de oxígeno es un indicador de la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica en procesos biológicos aerobios (principalmente por bacterias y protozoarios). Por tanto, es una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica biodegradable o convertibles biológicamente. (p. 124)

Argandoña y Macias (2013) define a la DBO₅, como la cantidad de oxígeno usada en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, bajo condiciones de tiempo y temperatura. Es la principal prueba utilizada para la evaluación de la naturaleza del agua residual. La DBO₅ se determina generalmente a 20 °C después de incubación durante 5 días: se mide el oxígeno consumido por las bacterias durante la oxidación de la materia orgánica presente en el agua residual, por cinco días a 20 °C. (p.37)

Raffo y Ruiz (2014) señalan que:

El alto contenido orgánico favorece el crecimiento de bacterias y hongos. El oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática. Entre los efectos que causan al ecosistema acuático, se encuentra el cambio en la calidad del agua, y la posible elevación del pH, provocando la desaparición de peces y plantas. (p. 75)

D. Nitratos y Nitritos. Cabrera et al. (2003, citado por Mora y Tamay, 2022) señalan:

Los niveles de nitritos y nitratos en un cuerpo de agua son un indicador importante de la calidad de agua, ambos forman parte del ciclo de nitrógeno de suelo y plantas

superiores, aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes que pueden ocasionar que los niveles de estos se incrementen. Los nitritos se forman durante la biodegradación de los nitratos y se utiliza como un indicador de contaminación fecal en aguas naturales; los nitratos no son considerados tóxicos, pero si la ingesta en grandes cantidades puede producir un efecto diurético. (p.23)

Diaz et al. (2018, citado en Mora y Tamay, 2022) señalan:

La concentración del nitrato en ríos suele ser baja y, aumenta debido a procesos como la filtración, escorrentía de tierras agrícolas o por la contaminación producto de actividades antropogénicas. Este compuesto provoca eutrofización en las aguas, aumenta el consumo de oxígeno y la destrucción de organismos acuáticos. (p.23)

E. Fosfatos. Los fosfatos son compuestos químicos formados por fósforo y oxígeno. Se encuentran en los fertilizantes y detergentes que llegan a los cuerpos de agua por escorrentía o descarga de aguas que los contiene. Los compuestos químicos de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (meta fosfatos, pirofosfatos y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Jiménez (2000 citado por Clavijo y Granja, 2016)

Bolaños-Alfaro et al. (2017) señalan que:

Los fosfatos (PO_4^{3-}) se forman a partir del fósforo inorgánico. Su presencia puede provenir de la separación de pesticidas orgánicos que contienen fosfatos, pueden existir en solución, como partículas, como fragmentos sueltos, o en los cuerpos de organismos acuáticos. El agua de lluvia puede provocar que distintas cantidades de fosfatos se filtren de los suelos agrícolas a los cursos de agua próximos. Como antecedente, se sabe que el Lago Erie durante los años 70 sufrió un incremento considerable del ion fosfato, que provocó la muerte de los peces y de muchas especies marinas, por la gran cantidad de polifosfatos provenientes de los detergentes en las aguas residuales. El ion fosfato

suele utilizarse como un nutriente del crecimiento de algas, es decir que al existir concentraciones mayores de fosfatos (PO_4^{3-}) provoca un crecimiento desmedido de las algas, lo que a su vez afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua y, por ende, el crecimiento descontrolado de materia orgánica viva, situación que, conlleva a una mayor tasa de descomposición, que finalmente conduce a un proceso de eutrofización. (p.18)

Roldan (2003, citado en Mora y Tamay (2022) señalan que “El vertimiento de las aguas residuales domésticas y uso excesivo de abonos en actividades agrícolas son la fuente principal del fósforo y, por ende, de la eutrofización de los ecosistemas acuáticos en los cuerpos de agua” (p.23).

2.1.2.3. Parámetros microbiológicos. González (2017) señala que:

Las aguas superficiales contienen una innumerable cantidad de organismos, sin embargo, muchos de esos microorganismos son considerados como contaminantes que pueden alterar la calidad del recurso hídrico, dentro de estos microorganismos considerados como organismos productores de toxinas se encuentran bacterias como E. Coli, Salmonella, Vibrio cholerae, virus como enterovirus, rotavirus, adenovirus entre otros. (p.46)

A. Coliformes Fecales. Carrillo y Lozano (2008, citado en Minaya, 2017) señala que: Los coliformes fecales son denominados también coliformes termotolerantes porque soportan temperaturas altas hasta de 45 °C. Estos organismos integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian porque son indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos coliformes fecales indica contaminación fecal de origen humano o animal, de ellos la mayoría son E. coli. (p.39)

2.1.3. Estándares de calidad ambiental (ECA)

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. (Ley General del Ambiente - Ley No 28611, p.33)

2.1.3.1. Estándares de calidad ambiental para el agua. “Nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no presentan riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente” (Autoridad Nacional del Agua, 2016, p.83).

Tabla 2

Categoría 4: Conservación del medio acuático

Parámetros	Unidad	E1: Lagunas y Lagos
DBO ₅	mg O ₂ /L	5
Fosfatos	mg/L	0,035
Nitratos	mg/L	13
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 5
pH	-	6,5 – 9,0
Sólidos totales disueltos	mg/L	500
Temperatura	°C	Δ 3
Coliformes		
Termotolerantes	NMP/100 mL	1000
Turbidez	NTU	-

Fuente. Diario oficial EL PERUANO, 2017

2.1.4. Índice de calidad de agua (ICA)

Torres et al. (2009, citado en Caho y López, 2017) señalan que:

El índice de calidad del agua (ICA) es una herramienta que permite determinar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. El ICA incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una sola ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua. Por medio del ICA se puede realizar un análisis general de la calidad del agua en diferentes niveles, y determinar la vulnerabilidad del cuerpo frente a amenazas potenciales. Esta herramienta surgió como una alternativa para la evaluación de los cuerpos hídricos permitiendo que los procesos de formulación de políticas públicas y seguimientos de los impactos sean más eficaces. (p. 6)

2.1.5. Índice de calidad de agua desarrollada por la fundación de los Estados Unidos (ICA-NSF)

Brown et al. (1970) manifiestan que: el año de 1970 ha sido considerado como el "año del medio ambiente", éste pasó a la historia sin que las personas se dieran cuenta de la importancia de la calidad y el futuro del medio ambiente. Todos hablan de la calidad del agua, más aún de la falta de ella; sin embargo, pocas personas se detienen por un momento y piensan, en cómo se mide esto. Las agencias federales, estatales y locales recopilan datos sobre una cantidad de parámetros, que terminan archivados y que ocasionalmente se publican, siendo difícil de entender y asimilar. Lo que claramente se necesita es medir la calidad del agua teniendo en consideración los parámetros más significativos.

La necesidad de desarrollar un método que permita medir los resultados de los programas de control de la contaminación del agua ha sido reconocida desde hace mucho tiempo por los ingenieros ambientales y expresada a través de sus diversas organizaciones profesionales. Por ejemplo, en enero de 1959 el Comité Nacional de

Aguas de la Conferencia de Ingenieros Sanitarios del Estado (CSSE) propuso iniciar un estudio objetivo para desarrollar un método para medir la calidad del agua.

Como resultado de esta acción, se solicitó al Comité y a la Conferencia de Administradores Estatales e Interestatales de Control de la Contaminación del Agua (CSIWPCA) que exploraron el desarrollo de criterios sugeridos para medir el progreso de los programas de control de la contaminación del agua.

En su informe de noviembre de 1965, en la reunión de la Contaminación Ambiental del Comité Asesor Científico, los presidentes recomendaron un “método para asignar un índice numérico de contaminación química a las muestras de aguas”. Sugiriendo que "el método debería ser sensible a la mayoría de los contaminantes químicos, y su resultado debe ser aproximadamente proporcional a los efectos desfavorables de la contaminación sobre el hombre o la vida acuática. Tal índice nos permitirá seguir muchos cambios importantes en la calidad general del agua".

En enero de 1970, el Grupo de Estudio Ambiental de la Academia Nacional de Ciencias, solicitó el desarrollo y la utilización de varios índices ambientales incluyendo la “pureza del agua” para combinarlos y ponderarlos en un Índice de Calidad Ambiental general “que podría convertirse en una poderosa herramienta en el desarrollo de prioridades entre los programas que afectan el medio ambiente”.

En respuesta a estas continuas expresiones de necesidad, se emprendió el desarrollo de un Índice de calidad del agua (WQI). Este documento informaría sobre la metodología y algunos de los hallazgos preliminares de este esfuerzo.

2.1.5.1. Esfuerzos y estudios previos. La investigación más destacada en este tipo de estudios es el trabajo de Horton, quién determinó un índice de calidad del agua basado absolutamente en mediciones químicas y físicas.

Se seleccionaron ocho parámetros de tratamiento de aguas residuales, OD, pH, densidad de coliformes, conductancia específica, extracto de cloroformo carbónico, alcalinidad y cloruros; a los que asignaron escalas de calificación; y cada parámetro se ponderó de acuerdo con su importancia relativa en la calidad general del agua. Los parámetros, "temperatura" y "contaminación", no se tomaron en cuenta para mostrar grados de calidad, sino que se trataron como indicadores de "sí o no" en la formulación del índice. No hay indicios de que se haya llevado a cabo una investigación de opinión para definir estos pesos. Todos los juicios fueron establecidos por el autor y sus asociados.

En Europa, Liebman propuso un índice de calidad del agua basado en parámetros químicos y biológicos, y procedió a cartografiar la calidad del agua de todo el estado de Bavaria (Alemania Occidental). Su método de asignar pesos y calificaciones de calidad a los parámetros individuales no ha sido ampliamente aceptado, ya que todos ellos se basaron en su opinión individual.

2.1.5.2. Metodología aplicada. En la formulación de un WQI se pueden usar muchos métodos, pero la tarea inmediata fue decidir qué parámetros incluir y obtener una calificación de calidad para cada parámetro.

El ICA fue desarrollada en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de los Estados Unidos, mediante técnicas de investigación propuestas por Delphi (1963), desarrolladas por la "Rand Corporation's", la cual consiste en una técnica de opinión colegiada de investigadores que utilizan para extraer la información de un grupo de encuestados. Por otro lado, manifiesta que el índice de calidad de agua "Water Quality Index" (WQI), es de carácter multiparámetro.

Para formular el WQI se han tratado de integrar muchos aspectos del proceso DLPHI, en donde fueron convocados a una reunión personas con experiencias en gestión de

recursos hídricos, los integrantes que participaron en la reunión vertieron sus juicios, a los que mantuvieron en el anonimato sus respuestas, la cual fue una interacción positiva grupal.

2.1.5.3. Procedimiento. Para este estudio se seleccionó 142 personas con experiencia en la gestión de la calidad del agua, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3

Campos Profesionales de los Panelistas Invitados

Funcionarios reguladores (federales, interestatales, estatales, territoriales y regionales)	101
Gerentes de servicios públicos locales	5
Ingenieros consultores	6
Académicos	26
Otros (ingenieros de control de residuos industriales y representantes de organizaciones profesionales)	4
Total	142

Fuente. Brown 1970

En el primer cuestionario, se pidió a los encuestados que consideraran 35 parámetros para su posible inclusión en un índice de calidad del agua. Estos parámetros, fueron enumerados, seleccionados y organizados de manera arbitraria para que los encuestados los consideraran inicialmente.

Tabla 4

Listado de Parámetros Incluidos

Oxígeno disuelto	Manganeso
Demanda bioquímica de oxígeno	Magnesio
Demanda química de oxígeno	Fosfato

Sólido disuelto	Silicio
Color	Sodio y potasio
pH	Sulfato
Extracto de cloroformo de carbono	Temperatura
Dureza	Pesticidas
Alcalinidad	Organismos Coliformes
Acidez	Radioactividad
Aluminio	Fenoles
Amoniaco	Aceites y grasa
Bicarbonato	Herbicidas
Calcio	Turbiedad
Cloruro	Solidos totales
Cobre	Coliformes totales
Fluoruro	
Hierro	

Fuente. Brown 1970

Se brindó la oportunidad a los encuestados agregar a la lista cualquier parámetro que creyeran que debería incluirse en el WQI. Cada parámetro debía designarse de acuerdo con una de las siguientes categorías: "no incluir", "indeciso" o "incluir". Se pidió a los encuestados que calificaran solo los parámetros marcados como "incluir", según su importancia como contribuyentes a la calidad general del agua.

Esta calificación se realizó en una escala de "1" (más alta) a "5" (más baja). La Tabla 5 muestra el comienzo del cuestionario y una muestra de respuesta.

Tabla 5*Ejemplos de Respuestas del Primer Cuestionario*

	1	2	3	4	
					Significado
Parámetro	No incluye	Indeciso (a)	Incluir		Valora desde "1" mayor hasta "5" más bajo
Oxígeno disuelto					1
DBO₅					5
COD	x				
Color		x			
Turbiedad			x		3

Fuente. Brown, 1970

Del total de 142 miembros, 102 encuestados (72 %) completaron y devolvieron el primer cuestionario. Sin embargo, solo 94 fueron devueltos a tiempo para recibir el segundo cuestionario.

Para el segundo cuestionario, los encuestados fueron instruidos para que anotaran sus respuestas para cada parámetro y luego las compararan con los de todo el grupo. Finalmente, se pidió a los encuestados que escogieran no más de 15 parámetros, que consideran como los más importantes para su inclusión en un índice de calidad de agua. Se les presentó la lista completa de los parámetros para que eligieran, ordenados en orden de importancia decreciente según lo determinado por la calificación promedio de todo el grupo del primer cuestionario.

Tabla 6

Parámetros Incluidos en el Segundo Cuestionario WQI y Calificaciones de Significación del Primer Cuestionario WQI

Parámetro	Significado de la tasa promedio en una escala de 1 (más alto) a 5 (más bajo	Número de encuestados que indican el parámetro
Oxígeno disuelto	1,31	90
Coliformes fecales	1,35	83
pH	1,62	89
DBO5	1,65	74
Organismos coliformes	1,77	69
Herbicidas	1,87	56
Temperatura	1,89	87
Pesticidas	1,93	74
Fosfatos	2,01	82
Nitratos	2,06	82
Solidos disueltos	2,09	77
Radioactividad	2,12	72
Fenoles	2,13	68
Demanda química de oxígeno	2,13	55
Extracto de cloroformo de carbono	2,18	56
Amonio	2,25	60
Sólido total	2,25	71
Aceite y grasa	2,26	65
Turbiedad	2,33	65
Cloruros	2,39	77
Alcalinidad	2,42	65

Hierro	2,53	66
color	2,55	78
Manganeso	2,57	61
Fluoruros	2,59	58
Cobre	2,60	45
Sulfuros	2,62	60
Calcio	2,62	42
Dureza	2,72	64
Sodio y potasio	2,74	42
Acidez	2,76	49
Bicarbonato	2,76	37
Magnesio	2,80	40
Aluminio	2,81	16
Sílice	3,41	17

Fuente. Brown, 1970

De los 94 encuestados que recibieron este segundo cuestionario, 77 lo completaron y lo devolvieron.

Utilizando la opinión de expertos, se estableció una lista de once parámetros para su consideración adicional, se agruparon algunos parámetros que anteriormente se habían presentado por separado.

Tabla 7

Lista de los Once Parámetros más Significativos

Oxígeno disuelto

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Turbiedad

Sólidos totales

Nitratos

Fosfatos

pH

Temperatura

Coliformes fecales

Pesticidas

Elementos tóxicos

Fuente. Brown, 1970

Finalmente, en el tercer cuestionario, se pidió a los encuestados que evalúen los valores de la variación en el nivel de calidad del agua de los nueve parámetros seleccionados. Esto se logró utilizando una serie de gráficos. (p. 340 - 343)






2.1.6. *Estimación del ICA-NSF*

Castro, et al. (2014, citado en Mora y Tamayo, 2022) sostienen que:

El índice de calidad de agua (ICA-NSF) está representado por un valor numérico, un color y una descripción. En la clasificación del ICA-NSF propuesta por Brown-1970, se da a conocer cinco clasificaciones de la calidad del agua. El valor obtenido va de una calidad de agua pésima con un valor de 0% a la excelente con un valor de 100%. (p. 24)

Tabla 8

Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown

Calidad de agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente. Brown 1970

2.1.7. Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF)

Para el cálculo del índice de Brown se utiliza la suma ponderada lineal de los subíndices de Brown, 1970. Esta se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\text{ICA- NSF} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Sub}_i * W_i)$$

Donde:

ICA = Índice de calidad de agua, un número de 0 a 100

Sub_i = Subíndice del parámetro *i*, un número comprendido entre 0 y 100

W_i = Peso relativo asignado a cada parámetro (**Sub_i**) y ponderados de 0 a 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

n = El peso unitario del *i*-ésimo parámetro, un número entre 0 y 1; y

$$\sum_{i=1}^{i=n} W_i = 1$$

Los pesos relativos de los parámetros **W_i** que intervienen para el cálculo del ICA se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Pesos Relativos para cada Parámetro ICA-NSF

Parámetros	Todas las calificaciones devueltas por los encuestados	Peso Temporal	Peso Relativo (W _i)
Oxígeno disuelto	1,4	1,0	0,17
Coliformes Fecales	1,5	0,9	0,15
pH	2,1	0,7	0,12
DBO ₅	2,3	0,6	0,10
Nitratos	2,4	0,6	0,10
Fosfatos	2,4	0,6	0,10

Temperatura	2,4	0,6	0,10
Turbidez	2,9	0,5	0,08
SDT	3,2	0,4	0.08
Total = \sum =			1,00

Fuente. Brown, 1970

Quiroz Fernández et al. (2017, citado por Mora y Tamay, 2022) señalan que:

Los parámetros con mayor peso (W_i) son los que tienen una alta importancia como indicadores de la contaminación. De esta manera el OD, la turbidez, los SDT y CF se les da el mayor peso relativo para estimar la calidad de agua. Por otro lado, la DBO_5 , NO_3^- , PO_4^{3-} y la temperatura no se les considera muy importantes para la apreciación del nivel de contaminación en los cuerpos de agua. (p.39)

Castro et al. (2014, citado en Mora y Tamay, 2022) señalan que:

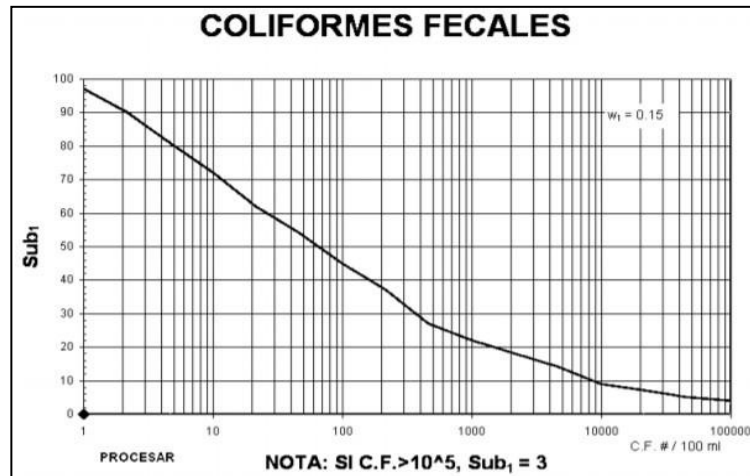
Para obtener los subíndices de cada parámetro se tomó como referencia la curva modelada propuesta por Brown. En el eje de las abscisas se ubica la cantidad del parámetro obtenido, y se traza una línea vertical hasta que este intercepte con la gráfica; indicando en el eje vertical el valor del (Sub_i) que tiene un rango de 0 a 100 (p.39).

A continuación, se detallan las figuras de cada parámetro:

A. *Coliformes fecales.* Si el valor de los CF es superior a 100 000 Bact/100 ml el (Sub_1) es igual a 3. Si el valor de los CF es inferior a 100 000 Bact/100 ml se coloca en el eje (X), luego se traza una línea vertical hasta que éste intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub_1) de Coliformes fecales para luego multiplicar por el peso W_1 .

Figura 1

Curva de Calidad de Agua en Función de CF

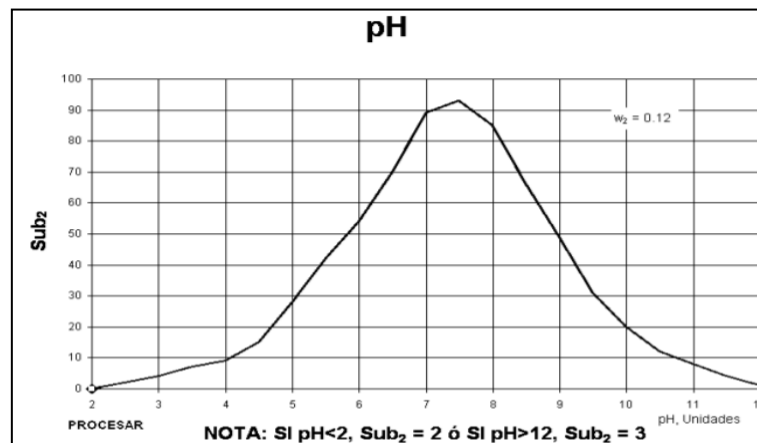


Nota: "A Water Quality Index—Do We Dare?" Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp.339-343.

B. Potencial de hidrógeno. Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub2) es igual a 2. Si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub2) es igual a 3. Si el valor obtenido de pH esta entre 2 y 10 se ubica en el eje (X) de la Figura 2, se traza una línea vertical hasta que éste intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub2) de pH para luego multiplicar por el peso W₂.

Figura 2

Curva de la Calidad de Agua en Función del pH

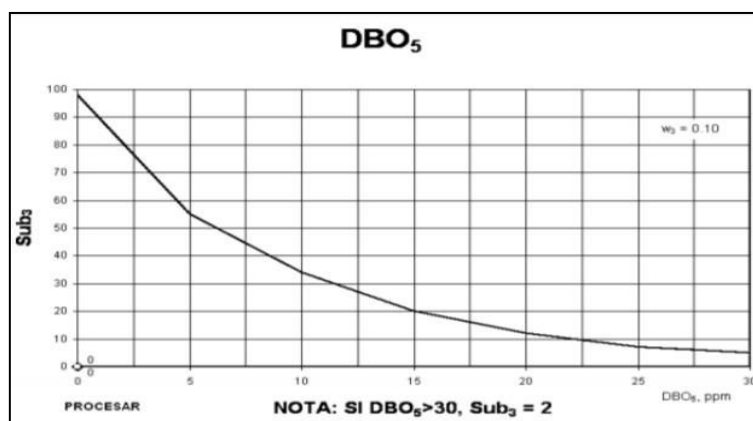


Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp.339-343.

C. Demanda Bioquímica de Oxígeno. Si la DBO_5 es superior a 30 mg/L el (Sub3) es igual a 2. Si la DBO_5 es inferior a 30 mg/L se coloca el resultado obtenido de la DBO_5 en el eje (X) en la Figura 3, luego se traza una línea vertical hasta que este intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub4) de DBO_5 para luego multiplicar por el peso W_3 .

Figura 3

Curva de Calidad de Agua en Función del DBO_5

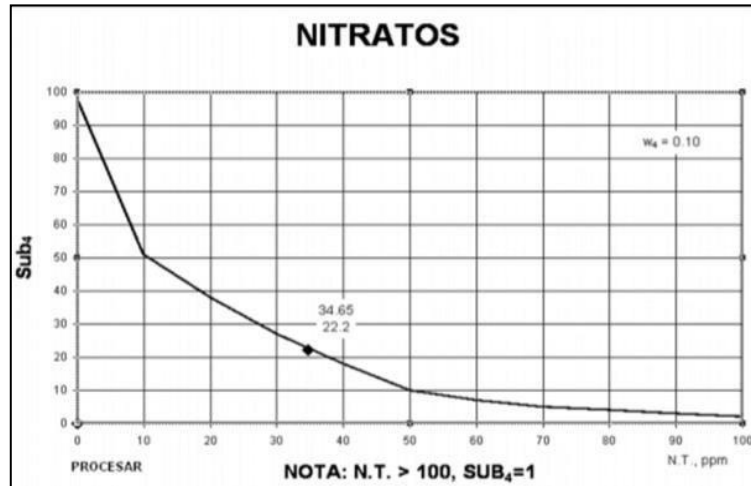


Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp.339-343.

D. Nitratos. Si el valor de los nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub4) es igual a 2. Si el valor de los nitratos es inferior a 100 mg/L se ubica el valor obtenido en el eje de (X) de la Figura 4, se traza una línea vertical hasta que éste intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub4) de nitratos y luego se multiplica por el peso W_4 .

Figura 4

Curva de Calidad de Agua en Función de los Nitratos

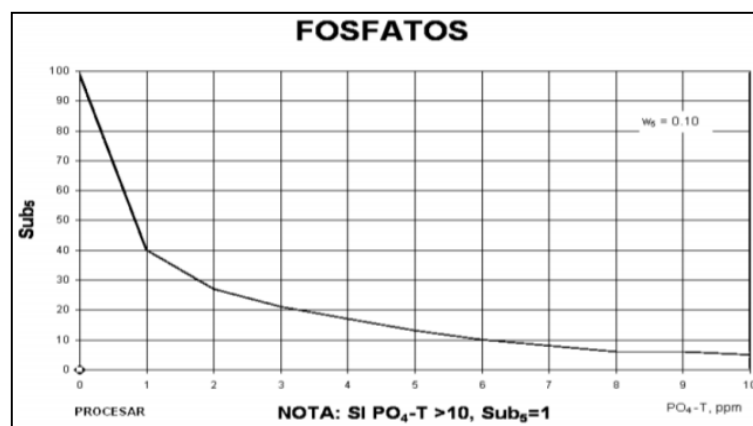


Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp.339-343.

- E. Fosfatos.** Si el valor de los fosfatos es mayor de 10 mg/L el (Sub₅) es igual a 5. Si el valor de los fosfatos es menor de 10 mg/L se ubica el valor obtenido en el eje de (X) en la Figura 5, se traza una línea vertical hasta que este intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub₅) de fosfatos y luego se procede a multiplicarlo por el peso W_5 .

Figura 5

Curva de Calidad de Agua en Función de los Fosfatos

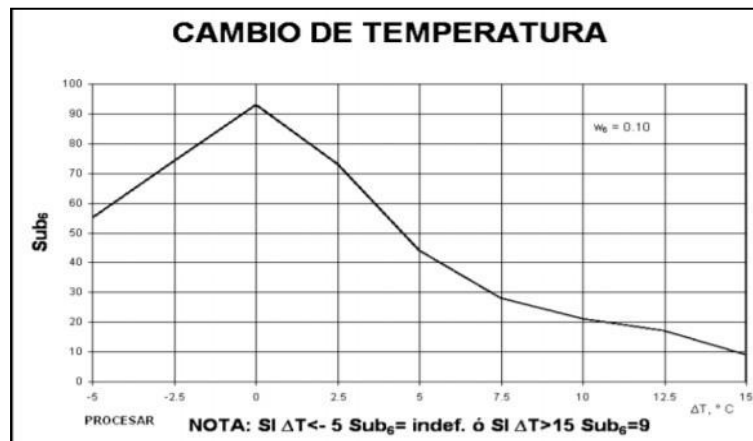


Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp.339-343.

F. Temperatura. Para el parámetro de Temperatura (Sub_6) primero se calcula la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la muestra y con el valor obtenido se procede de la siguiente manera: Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub_6) es igual a 9. Si la diferencia es menor de 15°C , se busca el valor en el eje (X) en la Figura 6, se traza una línea vertical hasta que éste intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub_6) de temperatura y luego se procede a multiplicarlo por el peso W_6 .

Figura 6

Curva de Calidad de Agua en Función del Cambio de Temperatura

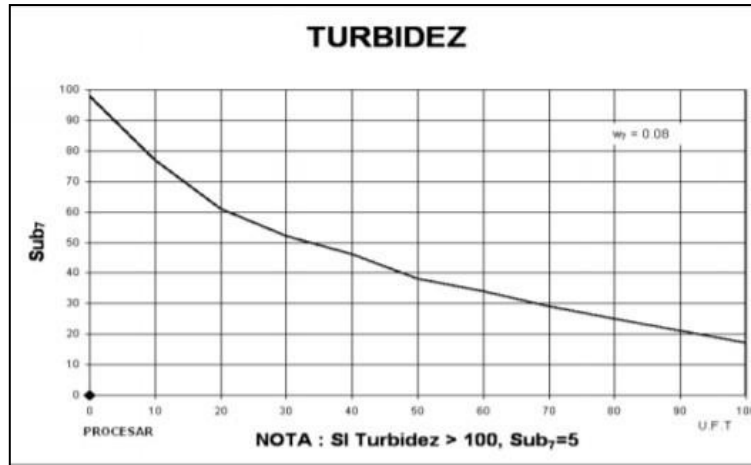


Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp.339-343.

G. Turbidez. Si la Turbidez es mayor de 100 NTU el (Sub_7) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 NTU buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 7, luego se traza una línea vertical hasta que éste intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub_7) de turbidez y posteriormente se procede a multiplicarlo por el peso W_7 .

Figura 7

Curva de Calidad de Agua en Función de la Turbidez

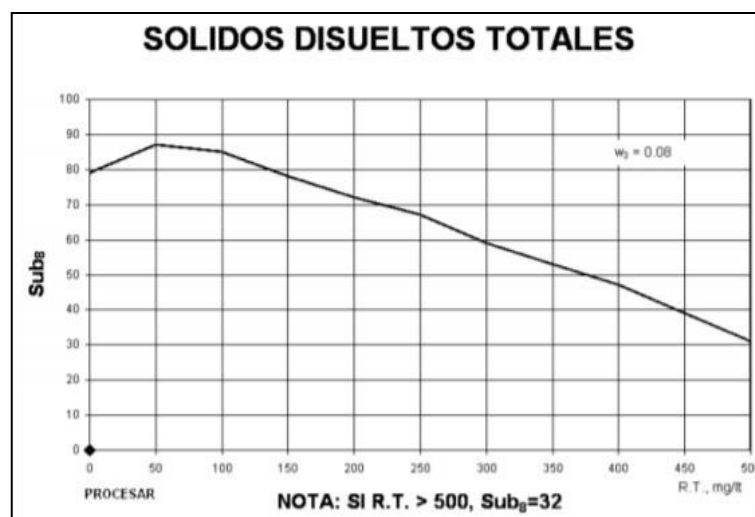


Nota: "A Water Quality Index—Do We Dare?" Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp.339-343.

H. Sólidos disueltos totales. Si la concentración de los SDT es mayor o igual a 500 mg/L el (Sub_8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 8, trazando una línea vertical hasta que éste intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub_8) de SDT y posteriormente se procede a multiplicarlo por el peso W_8 .

Figura 8

Curva de Calidad de Agua en Función de los Sólidos Disueltos Totales



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). Water Sew Works, 117, pp.339-343.

I. Oxígeno Disuelto. Para determinar el OD se calcula primero el porcentaje de saturación del OD en el agua, aquí se debe identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua para ello se empleará la Tabla 10.

Tabla 10

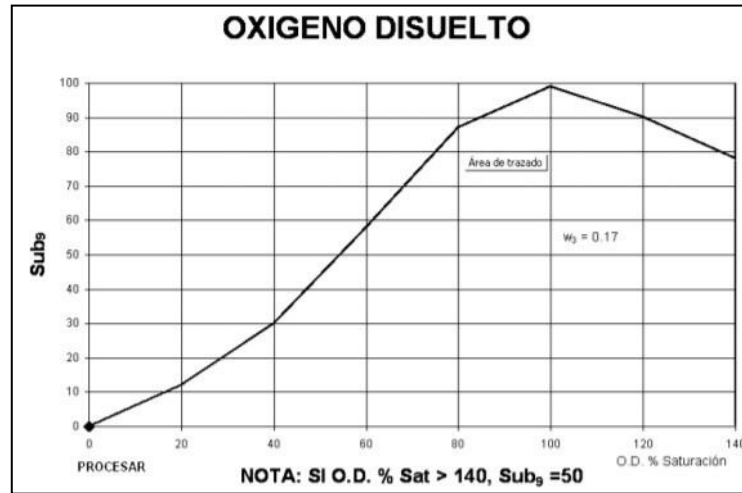
Solubilidad del O₂ en agua dulce

Temp. °C	OD mg/l	Temp. °C	OD mg/l	Temp. °C	OD mg/l	Temp. °C	OD mg/l
1	14,19	12	10,76	23	8,56	34	7,05
2	13,81	13	10,52	24	8,4	35	6,93
3	13,44	14	10,29	25	8,24	36	6,82
4	13,09	15	10,07	26	8,09	37	6,71
5	12,75	16	9,85	27	7,95	38	6,61
6	12,43	17	9,65	28	7,81	39	6,51
7	12,12	18	9,45	29	7,67	40	6,41
8	11,83	19	9,26	30	7,54	41	6,31
9	11,55	20	9,07	31	7,41	42	6,22
10	11,27	21	8,9	32	7,28	43	6,13
11	11,05	22	8,72	33	7,16	44	6,02

Si el % de Saturación de OD es superior a 140% el (Sub9) es igual a 50. Si el valor obtenido es inferior a 140% de Saturación de OD se ubica el resultado obtenido en el eje (X) de la Figura 9, luego se traza una línea vertical hasta que éste intercepte con la gráfica; indicándonos en el eje (Y) el valor del (Sub9) de OD y posteriormente se procede a multiplicarle por el peso W9.

Figura 9

Curva de Calidad de Agua en Función de Oxígeno Disuelto



Nota: “A Water Quality Index—Do We Dare?” Brown, R.M., et al. (1970). *Water Sew Works*, 117, pp. 339-343.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación del presente estudio es descriptivo, cuyo diseño es no experimental – longitudinal. No experimental, porque no se manipulará las variables es decir el estudio no es controlado por el investigador solo analizan y estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia y longitudinal porque se recolectarán datos (las muestras de agua) a través del tiempo ósea en dos momentos en épocas de lluvia y estiaje.

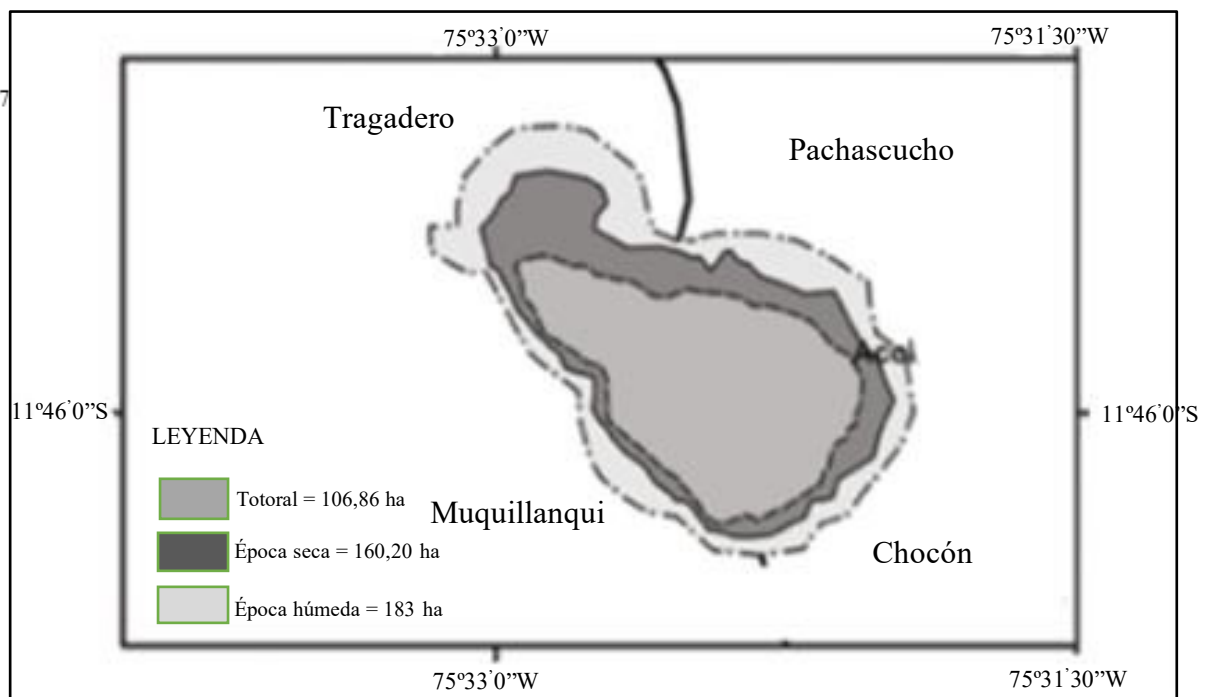
3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población para la presente investigación fue 1 903 500 m³ de agua del humedal Laguna de Tragadero.

Figura 10

Imagen de la población estudio en estudio



3.2.2. Muestra

La muestra total consistió en 50 litros de agua recolectados en los 8 puntos de muestreo, durante la época de estiaje como la época de avenida.

3.3. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Independiente: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Son indicadores de alteraciones en la calidad del agua y la presencia de estos en concentraciones elevadas puede representar un riesgo para la salud humana	Propiedades fisicoquímicas	OD	% saturado
			pH	unidades de pH
Dependiente: Calidad de agua	Es una característica del agua dada por las propiedades físicas, químicas y biológicas que permiten valorarla para su uso final.	Propiedades fisicoquímicas.	DBO ₅	mg O ₂ /L
			T °	° C
			Fosfatos totales (PO ₄ ⁻³)	mg/L
			Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L
			Turbidez	NTU
		Propiedades microbiológicas	Solidos disueltos totales	mg/L
			Coliformes fecales	NMP/100 mL
			OD	% saturado
			pH	unidades de pH
			DBO ₅	mg O ₂ /L
Propiedades microbiológicas	T °	° C		
	Fosfatos totales (PO ₄ ⁻³)	mg/L		
	Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L		
	Turbidez	NTU		
	Solidos disueltos totales	mg/L		
Propiedades microbiológicas	Coliformes fecales	NMP/100 mL		

3.4. Instrumentos

Fichas de recolección de datos y

Cadena de custodia.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Descripción del área de estudio

Suárez et al. (2015) manifiesta que el humedal Laguna de Tragadero está ubicada en la parte al sureste del distrito de Marco y la parte suroeste del distrito de Acolla, en la provincia de Jauja, región Junín a una altura de 3 460 msnm, en la microcuenca del río Yanamarca (un río de carácter perenne que nace en las partes altas de la cuenca que lleva el mismo nombre) por su lado noreste y a una distancia de 400 m de la plaza de la Comunidad Campesina de Tragadero (Figura 11). La laguna alcanza a cubrir 183 Ha en época de avenida y 165,2 Ha en época de estiaje (Figura 10). Posee un clima subhúmedo, con una temperatura media de 11,9 °C y una precipitación anual de 704 mm.

Su nombre se debe a la existencia de un sumidero natural ubicado al noroeste de la laguna, del cual depende la regulación de su caudal. El área correspondiente al total (*Schoenoplectus californicus*) es de 106,8 Ha (58% del total) (p.133).

Figura 11

Ubicación del Humedal Laguna de Tragadero

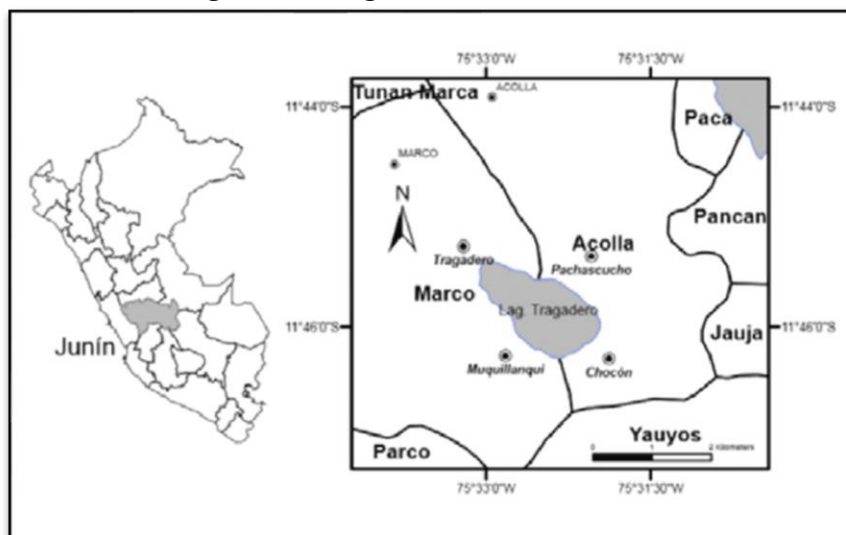


Figura 12*Humedal Laguna de Tragadero*

Los procedimientos para la ejecución del presente trabajo de investigación, comprende cuatro etapas: etapa preliminar, etapa de campo, etapa de laboratorio y etapa de gabinete.

3.5.2. Etapa preliminar

En esta etapa se definió el problema, donde se explicó el origen y la importancia del problema; la delimitación del área de estudio, es decir cuál fue el área intervenida sobre el cual se realizó el trabajo de investigación; la fundamentación teórica donde se hizo la revisión bibliográfica de la literatura reciente e importante relacionado al problema.

3.5.3. Etapa de campo

3.5.3.1. Visita de campo al área de estudio. Se realizaron visitas a lo largo del perímetro del humedal Laguna de Tragadero con la finalidad de tener conocimiento sobre la situación actual y real del cuerpo de agua, para realizar un diagnóstico e identificar las actividades antropogénicas que de alguna manera están contaminando, esto nos sirvió para

establecer los puntos de muestreo en el cuerpo de agua; para ello se obtuvieron la información necesaria y además conversamos con algunos comuneros y autoridades de la comunidad campesina de Tragadero ya que ellos están preocupados porque cerca de la laguna han instalado una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas, cuyos efluentes son vertidos al río Yanamarca que desemboca en el humedal Laguna de Tragadero.

Figura 13

Imágenes de la Visita de Campo



Laguna de Oxidación de Aguas Residuales



Efluente de la Laguna de Oxidación

3.5.3.2. Determinación de los puntos de muestreo. Los puntos de muestreo o monitoreo se realizaron de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

La recolección de las muestras se realizó en dos etapas en época de estiaje y en época de avenida, la primera época fue en el mes de setiembre del 2022 y la segunda época en el mes de febrero del 2023 con cuatro puntos de muestreo cada uno ubicadas en las zonas aledañas al humedal Laguna de Tragadero. De cada punto de muestreo se recolectaron muestras de agua para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en frascos esterilizados debidamente rotulados. En cada punto de muestreo se utilizó el GPS.

Tabla 11

Puntos de Muestreo de la Presente Investigación

Estaciones de Muestreo	Identificación	Ubicación		
		Sur	Oeste	Altitud
P-1	Pachascucho	11 ° 45.669´	075 ° 32.558´	3495,7 m
P-2	Tragadero	11 ° 45.613´	075 ° 33.025´	3489,8 m
P-3	Muquillanqui	11 ° 46.204´	075° 32.521´	3474,1 m
P-4	Chocón	11 ° 46.056´	075 ° 31.935´	3487,9 m

Nota: Para el estudio se ha considerado 4 puntos de muestreo ubicados en los lugares aledaños al humedal Laguna de Tragadero, en las comunidades campesinas de Pachascucho, Tragadero, Muquillanqui y Chocón.

Figura 14

Puntos de Muestreo para la Presente Investigación



3.5.3.3. Procedimiento de muestreo. Una vez establecido los puntos de muestreo en el cuerpo de agua, se realizó la toma de las muestras manualmente considerando el sector agrícola y la descarga de aguas residuales domésticas. Los procedimientos para seguir fueron los siguientes: Se utilizó frascos de polietileno esterilizados de boca ancha limpios, secos para evitar la contaminación y debidamente rotulados. Para la toma de las muestras, el recipiente se enjuagó dos veces con el agua de la misma fuente, la toma de muestra se hizo en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico, el recipiente se sumerge boca abajo y luego se invierte de tal manera que la boca del recipiente queda ligeramente hacia arriba, la muestra se tomó a una profundidad de 20 cm. Las muestras recolectadas fueron transportadas en cajas térmicas (coolers) a una temperatura de 4°C para su conservación.



3.5.4. Etapa de laboratorio

Las muestras tomadas del cuerpo de agua en época de estiaje fueron enviados al Laboratorio WORLD CLEAN, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con registro N° I.E-127, para sus análisis fisicoquímicos (DBO_5 , NO_3^- , PO_4^{3-} , TUR) y microbiológicas (CF); en el caso de los parámetros: pH, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales fueron medidos en cada punto de muestreo (*in situ*), los cuales nos han permitido hacer un prediagnóstico de la calidad de agua, para la medición de estos parámetros se ha utilizado el multiparámetro HANNA.

Las muestras tomadas del cuerpo de agua en época de avenida fueron enviadas al laboratorio de Asesoría y Consultoría “Andy” del Dr. Andrés Corcino Rojas Quinto. Ingeniero Químico. Colegiado Reg. CIP No 21526. Doctor en Ingeniería Química y Ambiental, para sus análisis fisicoquímicos (DBO_5 , NO_3^- , PO_4^{3-} , TUR) y microbiológicas (CF); en el caso de los parámetros: pH, temperatura, oxígeno y sólidos disueltos totales fueron medidos en cada punto de muestreo (*in situ*), para la medición de estos parámetros se ha utilizado el multiparámetro HANNA.

Tabla 12

Resultados de los Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológica del Humedal Laguna de Tragadero -Primer Muestreo en Época de Estiaje

Recolección de muestra	Muestras	pH	DBO ₅ - mg O ₂ /L	SDT mg /L	TUR NTU	CF NMP/100 mL	NO ⁻³ mg/L	PO ₄ ⁻³ mg/L	OD		Temperatura °C		Variación T °C	
									mg/L	%	Amb.	Agua		
Primer Muestreo	8-9-22	P-1	8,56	39,5	136	13	480	2,8	0,2	1,09	19,2	19,0 °	18,38 °	0,62 °
		P-2	8,85	20,9	173	19	201	3,0	0,73	1,13	20,6	20,0 °	19,57 °	0,43 °
		P-3	7,84	55,0	130	12	175	0,6	0,8	0,46	9,8	24,0 °	23,15 °	0,85 °
		P-4	8,54	68,5	140	11.5	260	0,7	0,4	1,08	20,8	25,0 °	24,72 °	0,28 °
Promedio			8,70	45,98	144,75	13,88	279,0	1,8	0,53	0,94	17,6	22,0 °	21,45 °	0,55 °

Tabla 13

Resultados de los Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológica del Humedal Laguna de Tragadero - Segundo Muestreo en Época de Avenida

Recolección de muestra	Muestras	pH	DBO ₅ mg O ₂ /L	SDT mg /L	TUR NTU	CF NMP/100 mL	NO ⁻³ mg/L	PO ₄ ⁻³ mg/L	OD		Temperatura °C		Variación T °C	
									mg/L	%	Amb.	Agua		
Segundo Muestreo	12-2-23	P-1	8,55	13,1	193,0	18,0	210,0	36,0	0,6	1,07	16,3	22 °	15,0 °	7,0 °
		P-2	7,76	15,8	317,0	28,4	163,0	35,0	1,3	0,70	11,0	18 °	17,62 °	0,38 °
		P-3	7,89	12,2	376,0	20,5	120,6	39,0	1,1	0,78	12,6	21 °	18,12 °	2,88 °
		P-4	9,88	18,4	157,0	18,0	180,7	33,1	1,4	0,85	14,5	19 °	20,99 °	-1,99 °
Promedio			8,52	14,88	260,75	21,23	168,58	35,78	1,1	0,85	9,36	20 °	17,93 °	8,27 °

3.5.5. Etapa de gabinete

En esta etapa, con los resultados del análisis de los nueve parámetros se realizaron los cálculos y comparaciones con la Normativa Ambiental Nacional para determinar si están dentro de los límites máximos permisibles y con la Escala de Clasificación del ICA-NSF propuesta por Brown se ha determinado la calidad de agua.

3.6. Análisis de Datos

Para el análisis de datos cuantitativos se tuvo en cuenta los niveles de medición de las variables, para ello se aplicó la estadística la cual nos permitió describir las características principales de las variables, de manera individual. Para realizar el análisis de las variables se utilizó el software Excel; con ello podemos procesar los datos, obteniendo como resultado: cuadro de datos, distribución de frecuencia, figuras; de ello se pudo deducir las conclusiones, interpretación de las gráficas, todo esto con el propósito de comparar los niveles del ECA a fin de determinar la calidad del agua.

3.7. Consideraciones éticas

Para el desarrollo de la presente investigación, la información a utilizarse se obtuvo de fuentes confiables, respetando los derechos del autor, las cuales se ve reflejada en la presente tesis, asimismo los resultados obtenidos son registrados sin manipular su contenido. De la misma manera, como parte del proceso de trabajo de campo y experimental, se respetó el medio ambiente y su entorno donde se desarrolló la investigación, evitando contaminar el ambiente en el momento de interactuar con ellos.

IV. RESULTADOS

4.1. Niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del humedal Laguna de Tragadero en época de estiaje y avenida

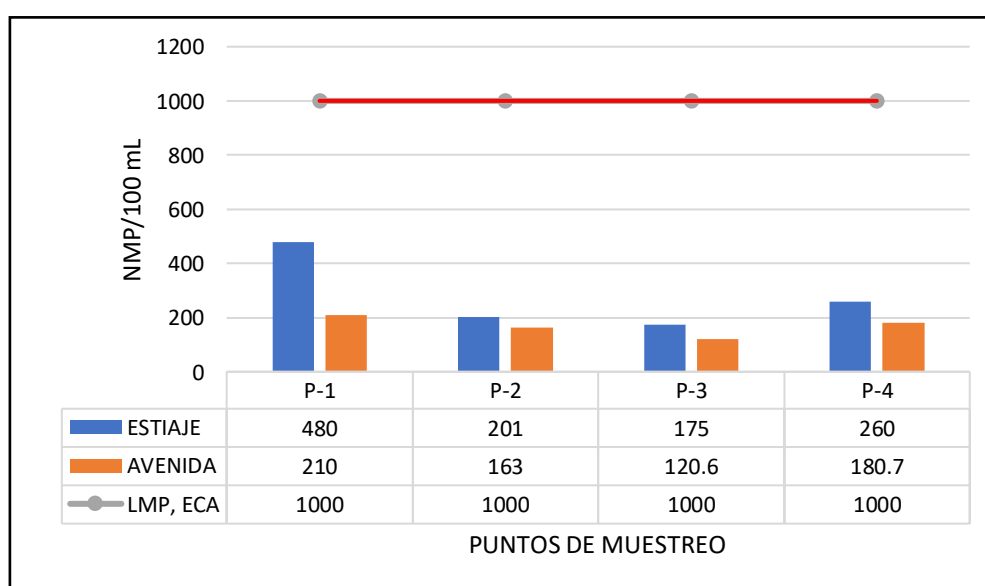
4.1.1. *Coliformes fecales*

En la Figura 15 se observa la variación de las concentraciones de coliformes fecales en los 4 puntos de muestreo, en época de estiaje se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (480), P-2 (201), P-3 (175), P-4 (260) y en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (210), P-2 (163), P-3 (120,6) y P-4 (180,7), los resultados varían entre 480 y 120,6, las unidades están expresadas en NMP/100 mL.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, la concentración de los coliformes fecales es 1000 NMP/100 L, por lo tanto, los valores obtenidos están dentro del Límite Máximo Permisible.

Figura 15

Variación de los Coliformes Fecales en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero



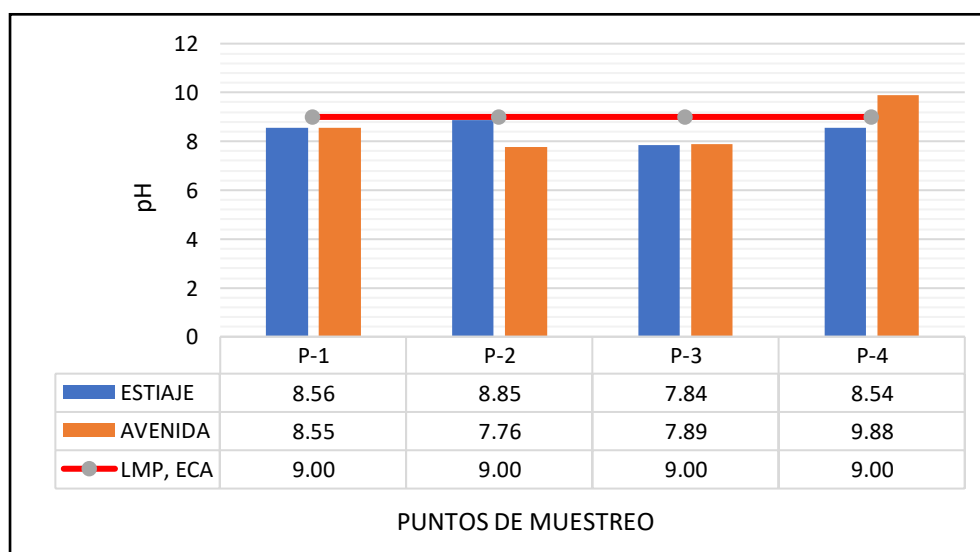
4.1.2. Potencial de hidrógeno

En la Figura 16 se observa la variación de los valores de pH en los 4 puntos de muestreo, en época de estiaje se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (8,56), P-2 (8,85), P-3 (7,84) y P-4 (8,54); en época de avenida se obtuvo los resultados siguientes: P-1 (8,55), P-2 (7,76), P-3 (7,89) y P-4 (9,88), del cual se deduce que los resultados varían entre 7,84 y 9,88.

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, el pH esta entre 6 - 9, en consecuencia, los valores de pH están dentro de los límites máximos permisibles a excepción del P-4 que sobrepasa.

Figura 16

Variación del pH en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero



4.1.3. Demanda bioquímica de oxígeno

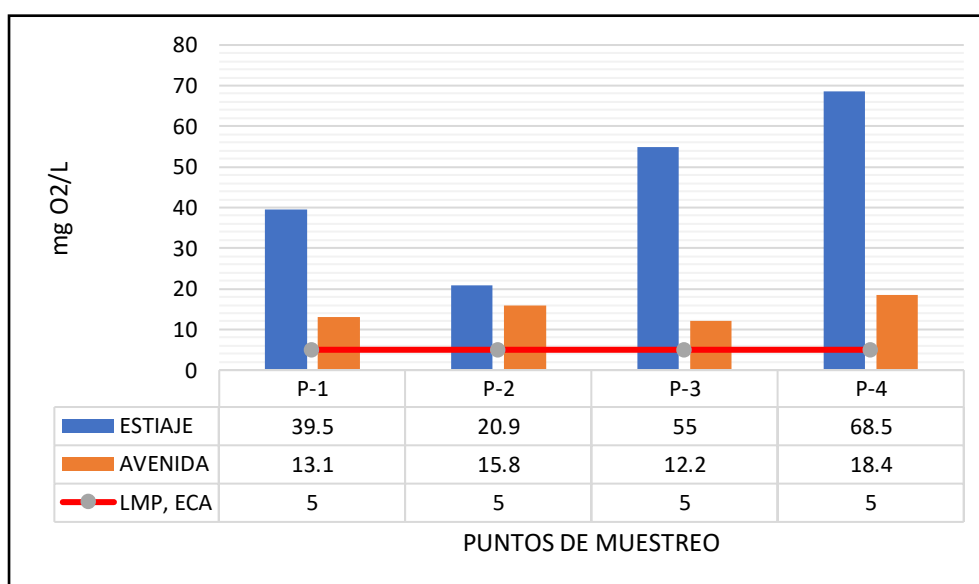
En la Figura 17 se observa la variación de los valores de la DBO₅ en los 4 puntos de muestreo, en época de estiaje se obtuvo los resultados siguientes: P-1 (39,5), P-2 (20,9), P-3 (55) y P-4 (68,5) y en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (13,1), P-2 (15,8), P-3 (12,2) y P-4 (18,4); cuyos valores están entre 12,2 y 68,5 mg O₂/L. Sus unidades se

expresan en mg O₂/L.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, el LMP es de 5 mg/L, por lo tanto, los valores obtenidos están fuera de los límites máximos permisibles a excepción del P-4 (4,5 mg/L) en época de estiaje, está dentro de los LMP.

Figura 17

Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero



4.1.4. Nitratos

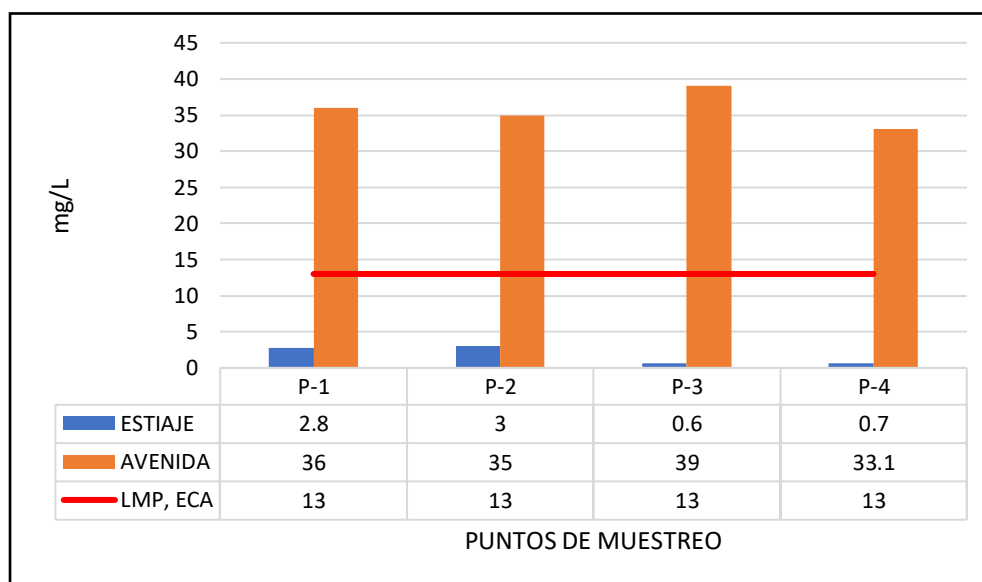
En la Figura 18 se observa la variación de los valores de nitratos en los 4 puntos de muestreo, en época de estiaje los resultados fueron: P-1 (2,8), P-2 (3,0), P-3 (0,6) y P-4 (0,7) y en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (36), P-2 (35), P-3 (39) y P-4 (33,1); cuyos valores están entre 0,6 y 39 mg/L. Sus unidades están expresadas en mg/L.

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua), Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, el LMP es de 13 mg/L,

los valores obtenidos se encuentran por encima de los LMP en época de avenida.

Figura 18

Variación de Nitratos en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero



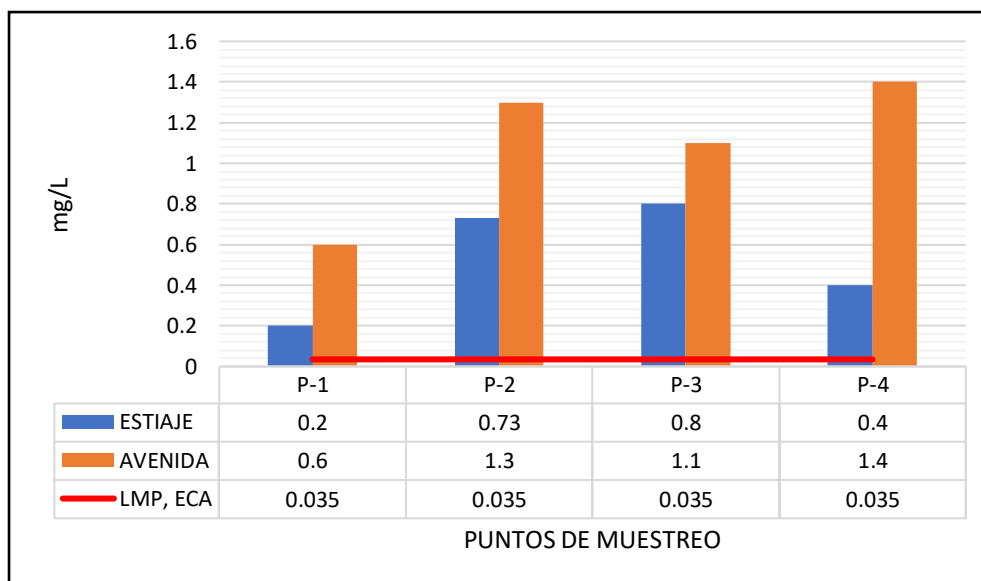
4.1.5. Fosfatos

En la Figura 19 se observa la variación de los valores de fosfatos en los cuatro puntos de muestreo, en época de estiaje se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (0,2), P-2 (0,73), P-3 (0,8) y P-4 (0,4) y en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (0,6), P-2 (1,3), P-3 (1,1) y P-4 (1,4); cuyos valores están entre 0,2 y 1,4 mg/L. Sus unidades están expresadas en mg/L.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, el LMP es 0,035 mg/ L, los valores obtenidos están por encima de los LMP.

Figura 19

Variación de Fosfatos en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero



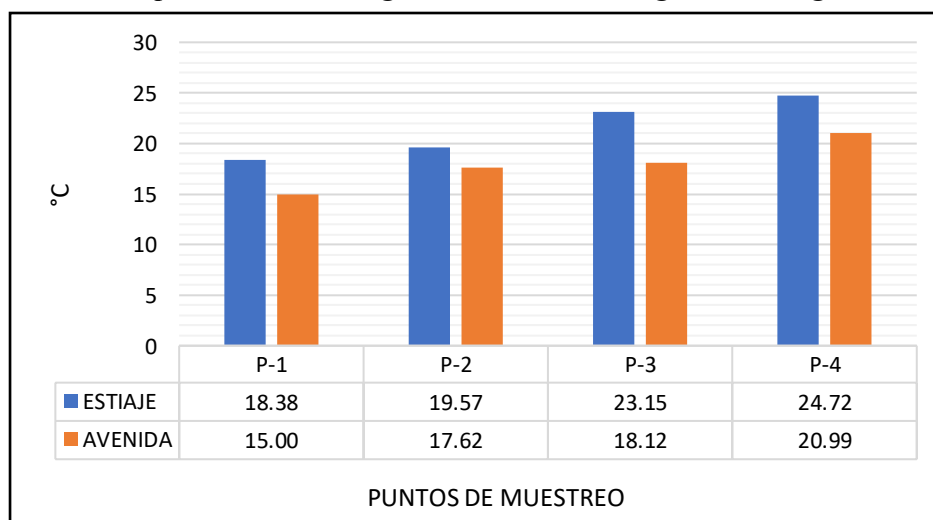
4.1.6. Temperatura

En la Figura 20 se observa la variación de los valores de la temperatura en los cuatro puntos de muestreo, en época de estiaje se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (18,38), P-2 (19,57), P-3 (23,15) y P-4 (24,72) y en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (15,0), P-2 (17,62), P-3 (18,12) y P-4 (20,99); cuyos valores están entre 15,0 y 24,72 °C.

La temperatura no está considerada en las Normas Ambientales Nacionales (ECA), Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos.

Figura 20

Variación de la Temperatura en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero

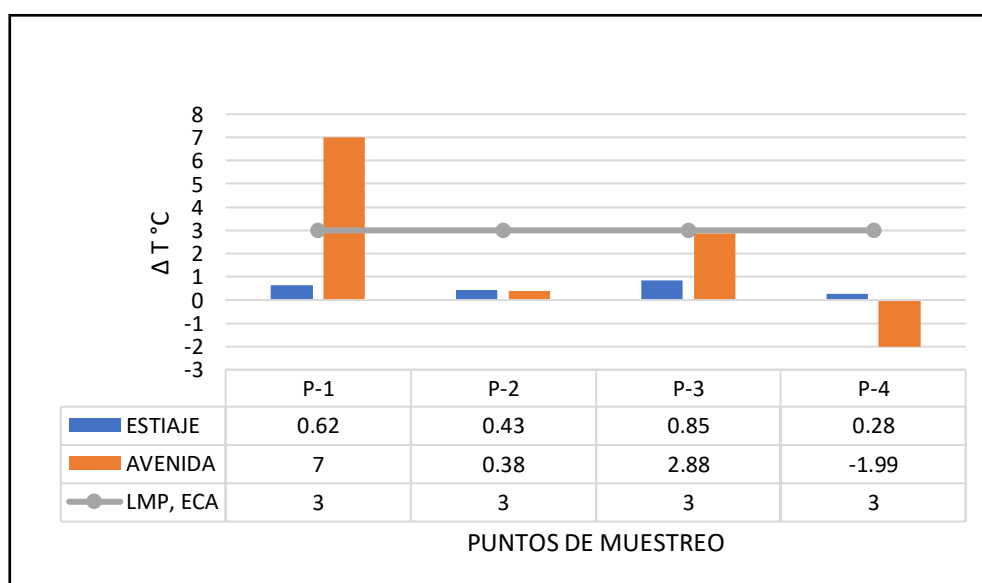


En la figura 21 se observa la diferencia de temperatura ambiente y agua en los 4 puntos de monitoreo, obteniéndose los siguientes resultados en época de estiaje: P-1 (0,62), P-2 (0,43), P-3 (0,85) y P-4 (0,28), en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (7,0), P-2 (0,38), P-3 (2,88) y P-4 (-1,99); cuyos valores están entre -1,99 y 7,0 °C.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, el Límite Máximo Permisible para la variación de la temperatura es $\Delta 3$; en consecuencia, los valores obtenidos están por debajo de los LMP, a excepción del P-1 en época de avenida el pH es 7.

Figura 21

Variación del cambio de Temperatura del ambiente y el agua



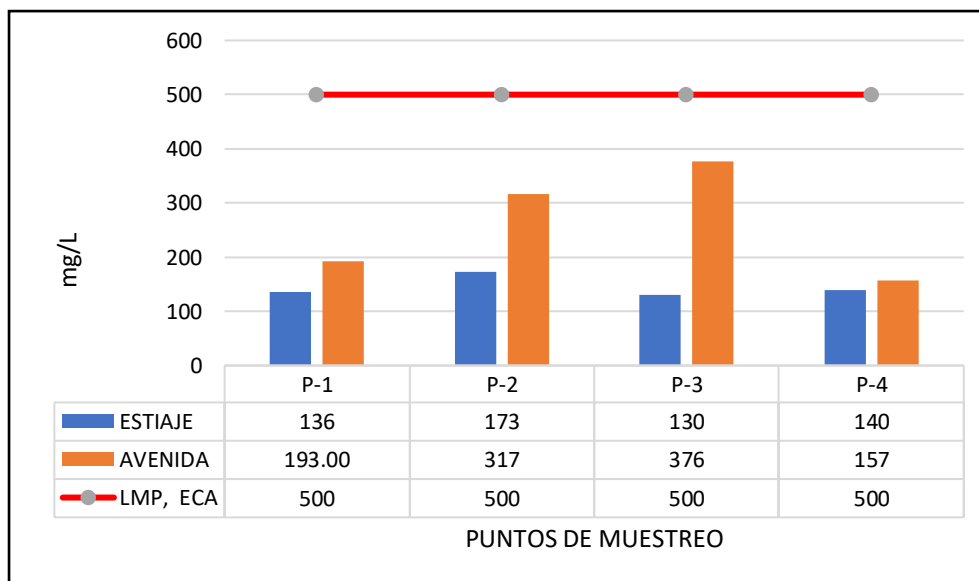
4.1.7. Sólidos disueltos totales (SDT)

En la figura 22 se observa la variación de los SDT en los 4 puntos de muestreo, en época de estiaje se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (136), P-2 (173), P-3 (130) y P-4 (140), en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (193), P-2 (317), P-3 (376) y P-4 (157); cuyos valores están entre 130 y 376 mg/L. Sus unidades están expresadas en mg/L.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, el LMP es de 500 mg/L; en consecuencia, los valores obtenidos de SDT está dentro de los límites máximos permisibles.

Figura 22

Variación de los SDT en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero



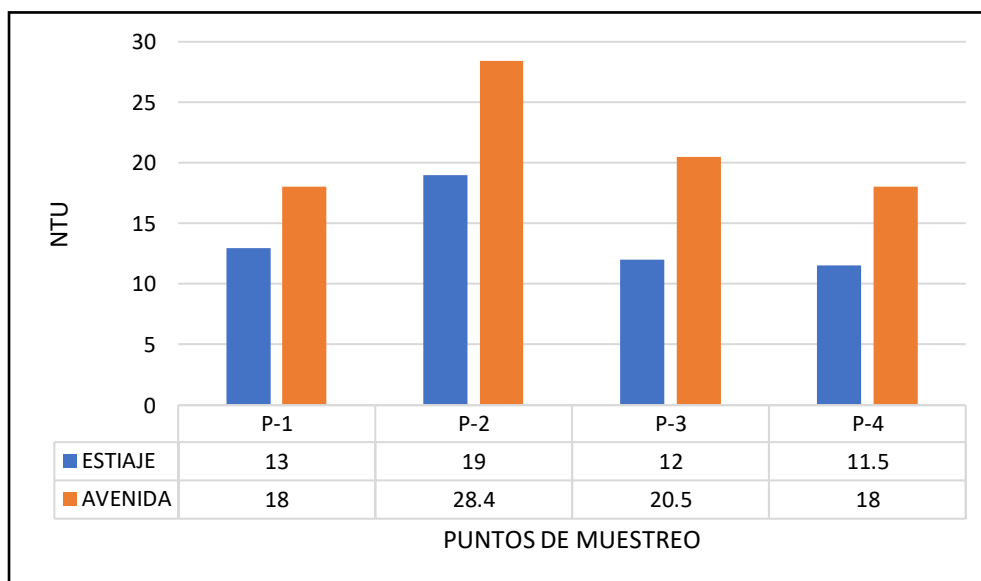
4.1.8. Turbidez

En la figura 23 se observa la variación de los niveles de turbidez en los cuatro puntos de muestreo, en época de estiaje se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (13), P-2 (19), P-3 (12), P-4 (11,5) y en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (18), P-2 (28,4), P-3 (20,5) P-4 (18), cuyos valores están entre 11,5 y 28,4 NTU. Sus cuyas unidades están expresadas en NTU.

La turbidez no está considerada en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos.

Figura 23

Variación de la Turbidez en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero



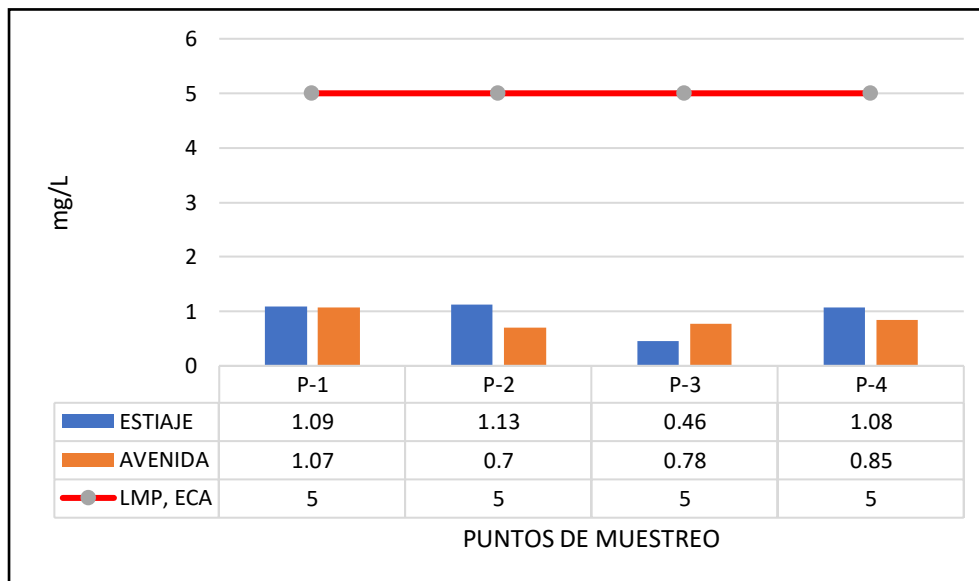
4.1.9. Oxígeno disuelto

En la Figura 24 se aprecia los niveles de OD en los cuatro puntos de muestreo, en época de estiaje se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (1,09), P-2 (1,13), P-3 (0,46), P-4 (1,08) y en época de avenida se obtuvo los siguientes resultados: P-1 (1,07), P-2 (0,70), P-3 (0,78 mg/L), P-4 (0,85), cuyos valores oscilan entre 0,46 y 1,13 mg/L. Sus unidades están expresadas en mg/L.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, Categoría 4: Conservación del medio acuático, Subcategoría E1: Lagunas y lagos, el LMP es de ≥ 5 mg/L, en consecuencia, las concentraciones del OD están por debajo de los límites máximos permisibles.

Figura 24

Variación del Oxígeno Disuelto en las Aguas del Humedal Laguna de Tragadero



4.2. Determinación del índice de calidad de agua (ICA-NSF) del humedal laguna de Tragadero en época de estiaje y en época de avenida

En el capítulo II se ha indicado que el índice de calidad de agua (ICA-NSF) nos permite determinar el estado del cuerpo de agua, considerando en su análisis ocho parámetros físicoquímicos (DBO_5 , pH, OD, SDT, Turbidez, NO_3^- , PO_4^{3-} , y $T^{\circ}C$) y un parámetro microbiológico (CF) en la ecuación matemática propuesta por Brown:

$$ICA-NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Sub_i * W_i)$$

4.2.1. Determinación de la Calidad de Agua (ICA-NSF) en época de estiaje

Figura 25

Curva de Calidad NSF de Coliformes fecales en época de estiaje

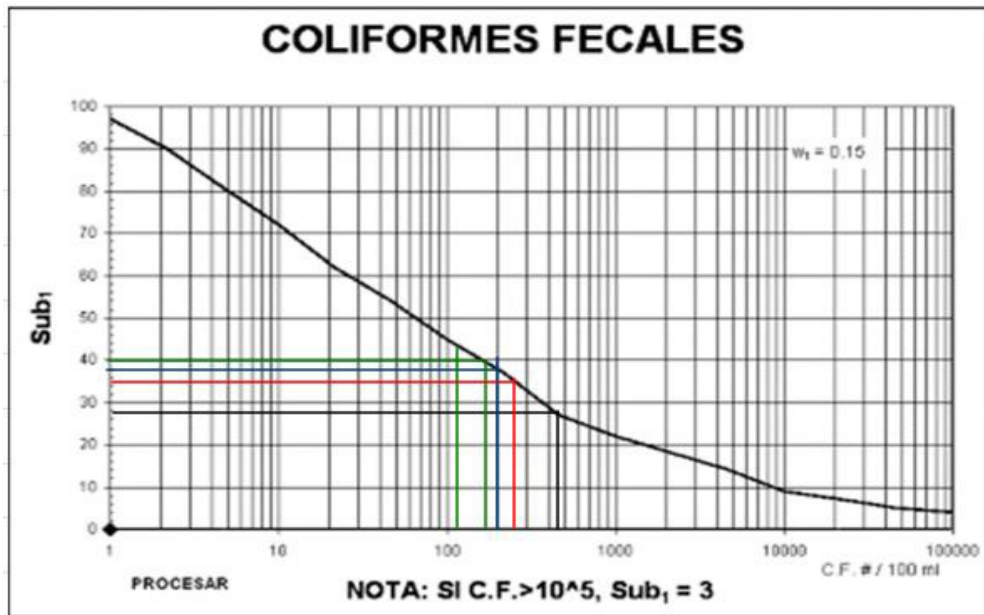


Figura 26

Curva de Calidad NSF de pH en época de estiaje

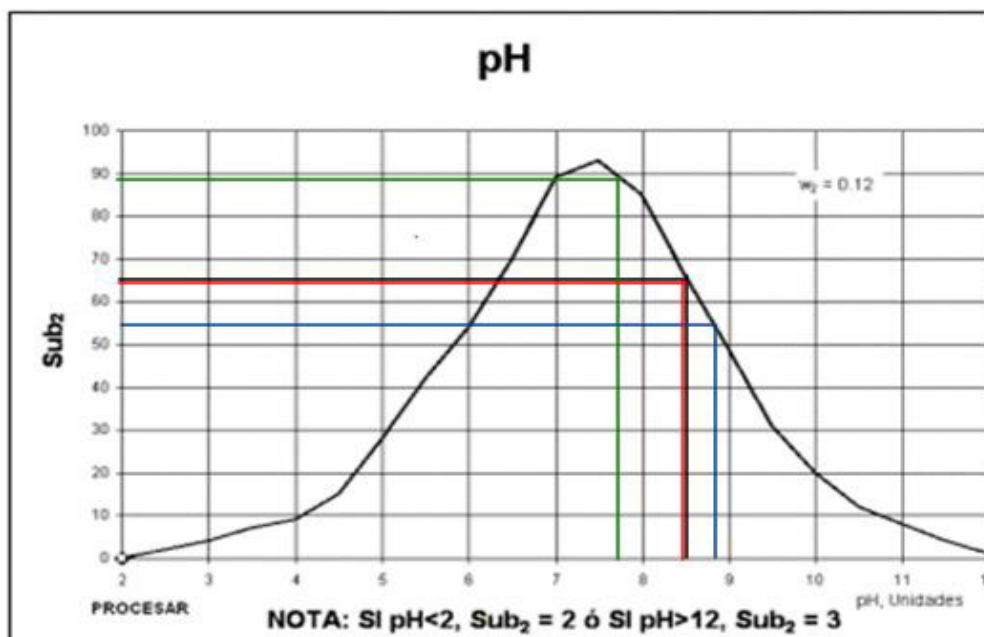


Figura 27

Curva de Calidad NSF de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en época de estiaje

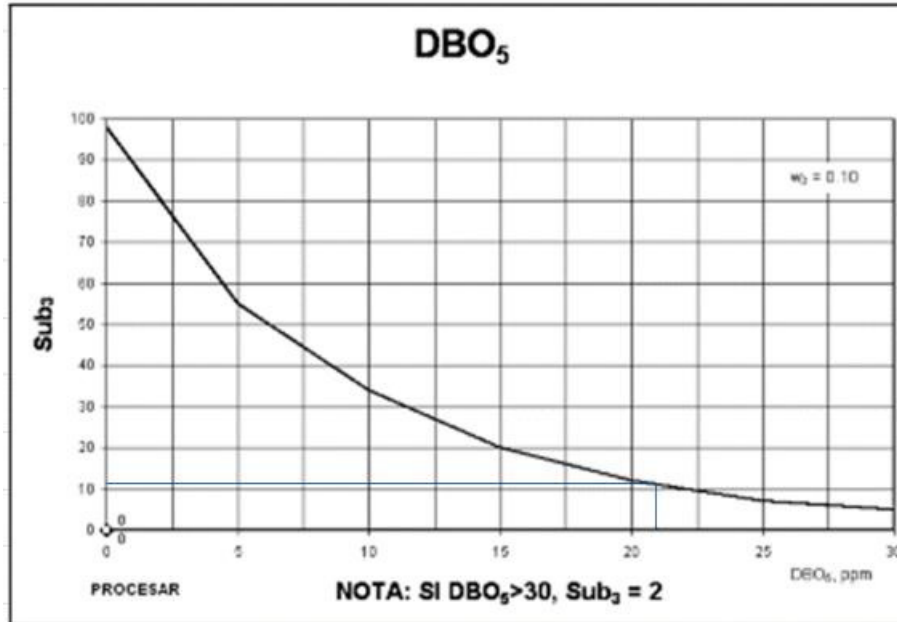


Figura 28

Curva de Calidad NSF de Nitratos en época de estiaje

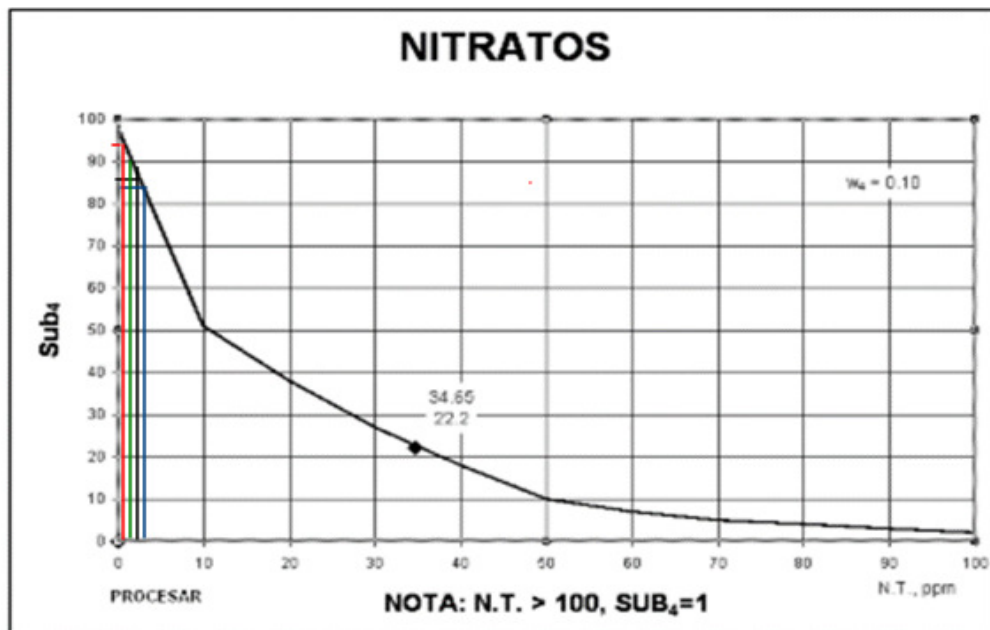


Figura 29

Curva de Calidad NSF de Fosfatos en época de estiaje

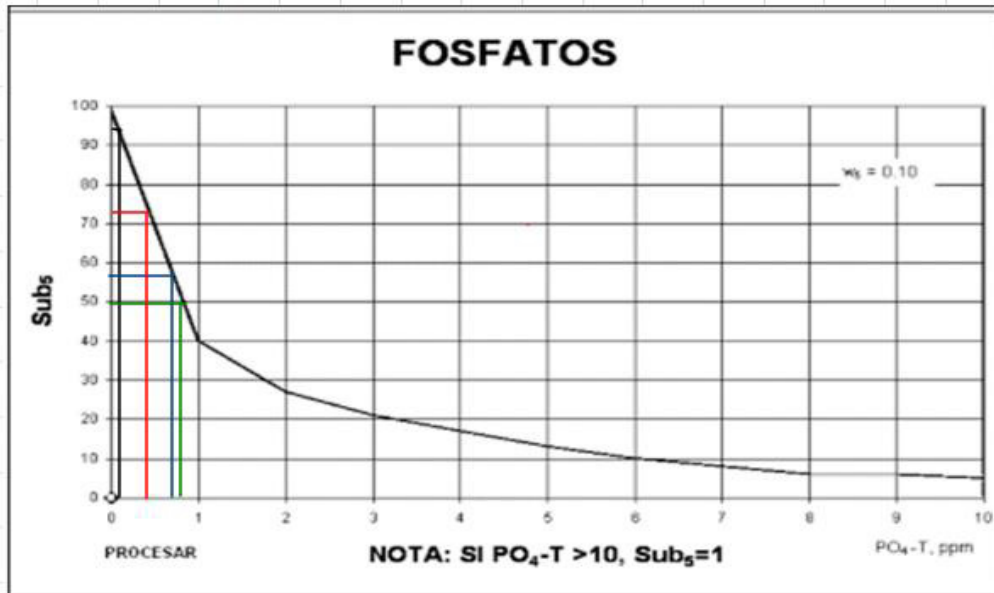


Figura 30

Curva de Calidad NSF del Cambio de Temperatura en época de estiaje

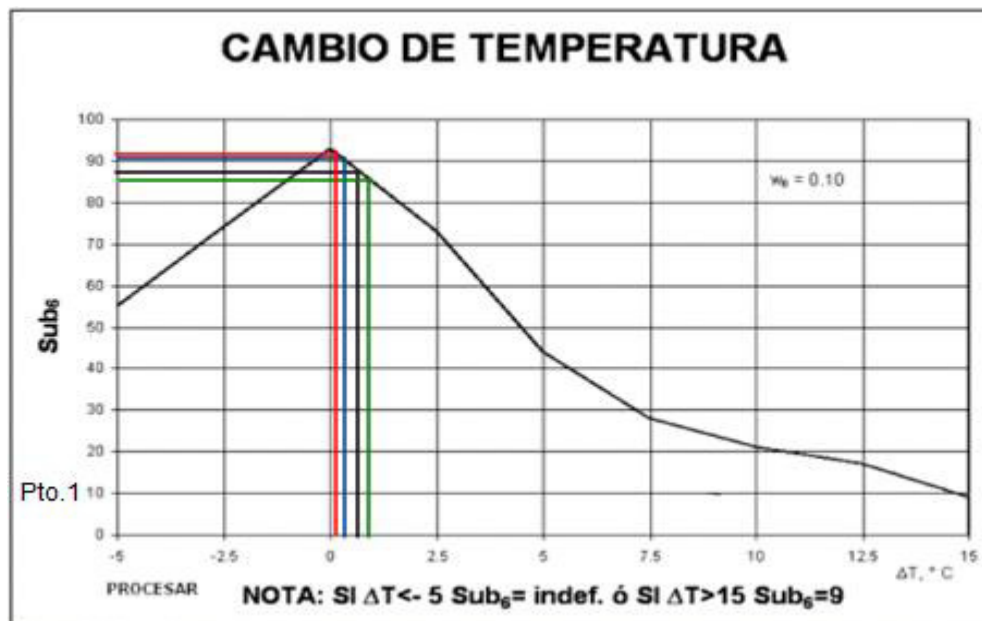


Figura 31

Curva de Calidad NSF de Turbidez en época de estiaje

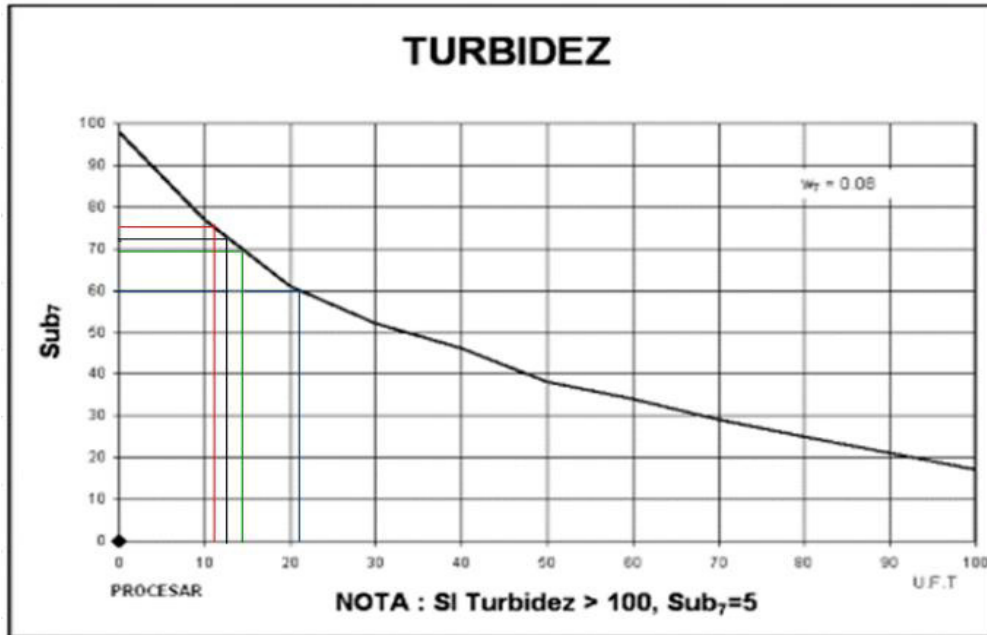


Figura 32

Curva de Calidad NSF de Sólidos Disueltos Totales en época de estiaje

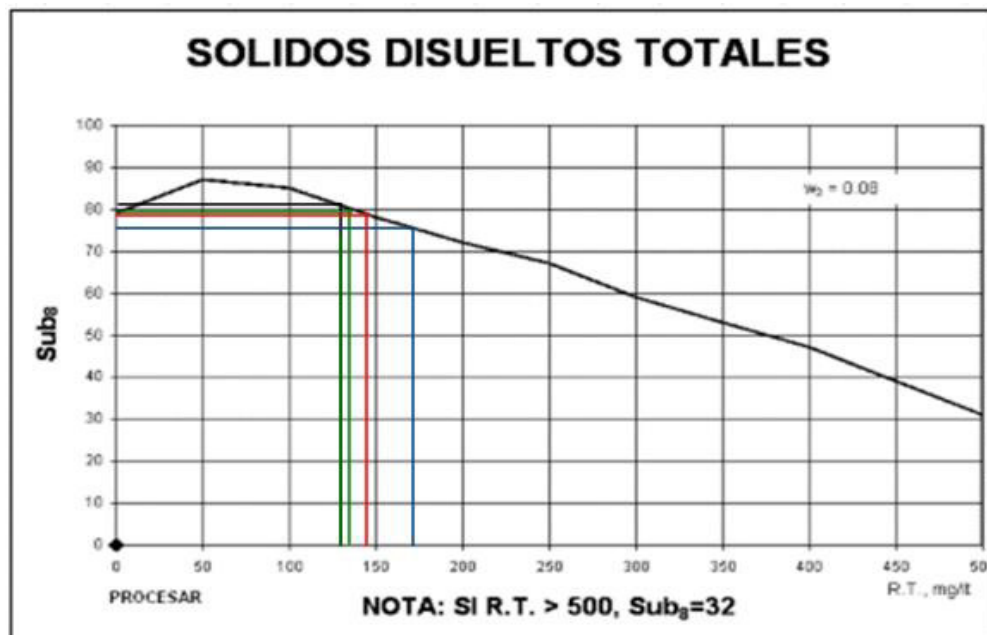


Figura 33

Curva de Calidad NSF de Oxígeno Disuelto en época de estiaje

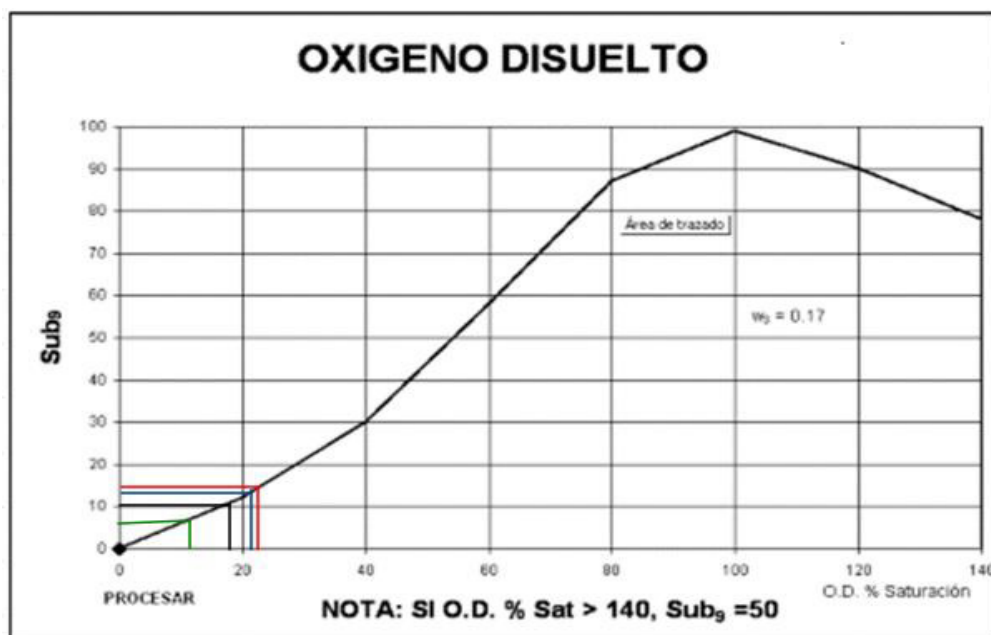


Tabla 14

ICA-NFS del punto de muestreo P-1 en época de Estiaje

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub _i	Pesos relativos (W _i)	Sub _i * W _i
Coliformes	NMP/100	480	28	0,15	4,2
Fecales	mL				
pH	-	8,56	66	0,12	7,92
DBO ₅	mg O ₂ /L	39,5	2	0,10	0,2
Nitratos	mg/L	2,8	85	0,10	8,5
Fosfatos	mg/L	0,2	93	0,10	9,3
Temperatura	°C	18,38	86	0,10	8,6
Turbidez	NTU	13	72	0,08	5,76

Sólidos disueltos totales	mg/L	136	79	0,08	6,32
Oxígeno disuelto	%	19,2	10	0,17	1,7
	mg /L	1,09	-	-	-
<hr/>					
$\sum (Sub_i * W_i)$					52,50
<hr/>					

Nota. Se observa los subíndices de la calidad de agua del P-1, cuyos valores son: CF = 480 NMP/100 mL con subíndice 28; pH = 8,56 con subíndice 66; DBO₅ = 39,5 mg O₂/L con subíndice 2; NO₃⁻ = 2,8 mg/L con subíndice 85; PO₄⁻³ = 0,2 mg/L con subíndice 93; Temperatura = 18,38 °C con subíndice 86; Turbidez = 13 NTU con subíndice 72; SDT = 136 mg/L con subíndice 79; porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 19,2 con subíndice 10. Tomada de “A Water Quality Index—Do We Dare”, por Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$ICA-NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Sub_i * W_i)$$

$$ICA-NSF = 52,50$$

En el primer punto de muestreo que corresponde a Pachascucho (P-1), se obtuvo un valor de 52,50 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 51 - 70 que corresponde a calidad regular.

Tabla 15

ICA-NFS del punto de muestreo P-2 en época de Estiaje

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub_i	Pesos relativos (W_i)	Sub_i * W_i
Coliformes	NMP/100	201	38	0,15	5,7
Fecales	mL				
	-	8,85	55	0,12	6,6
pH					
DBO₅	mg O ₂ /L	20,9	11	0,10	1.1
Nitratos	mg/L	3,0	83,5	0,10	8,35
Fosfatos	mg/L	0,73	58	0,10	5,8
Temperatura	°C	19,57	90	0,10	9,0
Turbidez	NTU	19	60	0,08	4,8
Solidos disueltos totales	mg/L	173	76	0.08	6,08
Oxígeno disuelto	%	20,6	14	0,17	2,38
	mg /L	1,13	-	-	-
∑ (Sub_i * W_i)					49,81

Nota. Se observa los subíndices de la calidad de agua del P-2, cuyos valores son: CF = 201 NMP/100 ml con subíndice 38; pH = 8,85 con subíndice 55; DBO₅ = 20,9 mg O₂/L con subíndice 2; NO₃⁻ = 3 mg/L con subíndice 83,5; PO₄⁻³ = 0,73 mg/L con subíndice 58; Temperatura = 19,57 °C con subíndice 90; Turbidez = 19 NTU con subíndice 60; SDT = 173 mg/L con subíndice 76; porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 20,6 con subíndice 14. Tomada de “A Water Quality Index—Do We Dare”, por Brown et al., 1970,

Water Sewage Works, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$\text{ICA-NSF} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Sub}_i * W_i)$$

$$\text{ICA-NSF} = 49,81$$

En el segundo punto de muestreo corresponde a Tragadero (P-2), se obtuvo un valor de 49,81 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 26-50 que corresponde a calidad mala.

Tabla 16

ICA-NFS del punto de muestreo P-3 en época de Estiaje

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub_i	Pesos relativos (W_i)	Sub_i * W_i
Coliformes	NMP/100	175	40	0,15	6,0
Fecales	mL				
pH	-	7,84	88	0,12	10,56
DBO₅	mg O ₂ /L	55	2	0,10	0,2
Nitratos	mg/L	0,6	90	0,10	9,0
Fosfatos	mg/L	0,8	50	0,10	5,0
Temperatura	°C	23,15	84	0,10	8,4
Turbidez	NTU	12	70	0,08	5,6
Sólidos disueltos totales	mg/L	130	81	0,08	6,48
Oxígeno	%	9,8	15	0,17	2,55

disuelto	mg /L	0,46	-	-
$\Sigma (\text{Sub}_i * W_i)$				53,79

Nota. Se observa los subíndices de la calidad de agua del P-3, cuyos valores son: CF = 175 m NMP/100 mL con subíndice 40; pH = 7,84 con subíndice 88; DBO₅ = 55 mg O₂/L con subíndice 2; NO₃⁻ = 0,6 mg/L con subíndice 90; PO₄⁻³ = 0,8 mg/L con subíndice 50; Temperatura = 23,15 ° C con subíndice 84; Turbidez = 12 NTU con subíndice 69; SDT = 130 mg/L con subíndice 81; porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 9,8 con subíndice 15. Tomada de “A Water Quality Index—Do We Dare”, por Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$\text{ICA-NSF} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Sub}_i * W_i)$$

$$\text{ICA-NSF} = 53,79$$

En el tercer punto de muestreo que corresponde a Muquillanqui (P-3) se obtuvo un valor de 53,79 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 51 - 70 que corresponde a calidad regular.

Tabla 17

ICA-NFS del punto de muestreo P-4 en época de Estiaje

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub_i	Pesos relativos (W_i)	Sub_i * W_i
Coliformes	NMP/100	260	34	0,15	5,1
Fecales	mL				
pH	-	8,54	64	0,12	7,68

DBO₅	mg O ₂ /L	68,5	2	0,10	0,2
Nitratos	mg/L	0,7	94	0,10	9,4
Fosfatos	mg/L	0,4	71	0,10	7,1
Temperatura	° C	24,72	90	0,10	9,0
Turbidez	NTU	11,5	73	0,08	5,84
Solidos disueltos totales	mg/L	140	77	0,08	6,16
Oxígeno disuelto	%	20,8	14	0,17	2,38
	mg /L	1,06	-	-	-
∑ (Sub_i * W_i)					52,86

Nota. Se observa los subíndices de la calidad de agua del P-4, cuyos valores son: CF = 260 NMP/100 mL con subíndice 34; pH = 8,54 con subíndice 64; DBO₅ = 68,5 mg O₂/L con subíndice 2; NO₃⁻ = 0,7 mg/L con subíndice 94; PO₄⁻³ = 0,4 mg/L con subíndice 71; Temperatura = 24,72 ° C con subíndice 90; Turbidez = 14 NTU con subíndice 73; SDT = 140 mg/L con subíndice 77; porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 20,8 con subíndice 14. Tomada de “A Water Quality Index—Do We Dare”, por Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$\text{ICA- NSF} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Sub}_i * W_i)$$

$$\text{ICA-NSF} = 52,86$$

En el cuarto punto de muestreo correspondiente a Chocón (P-4) se obtuvo un valor de 52,86 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 51 -

70 que corresponde a calidad regular.

4.2.2. Determinación de la Calidad de Agua (ICA-NSF) en época de avenida

Figura 34

Curva de Calidad NSF de Coliformes fecales en época de avenida

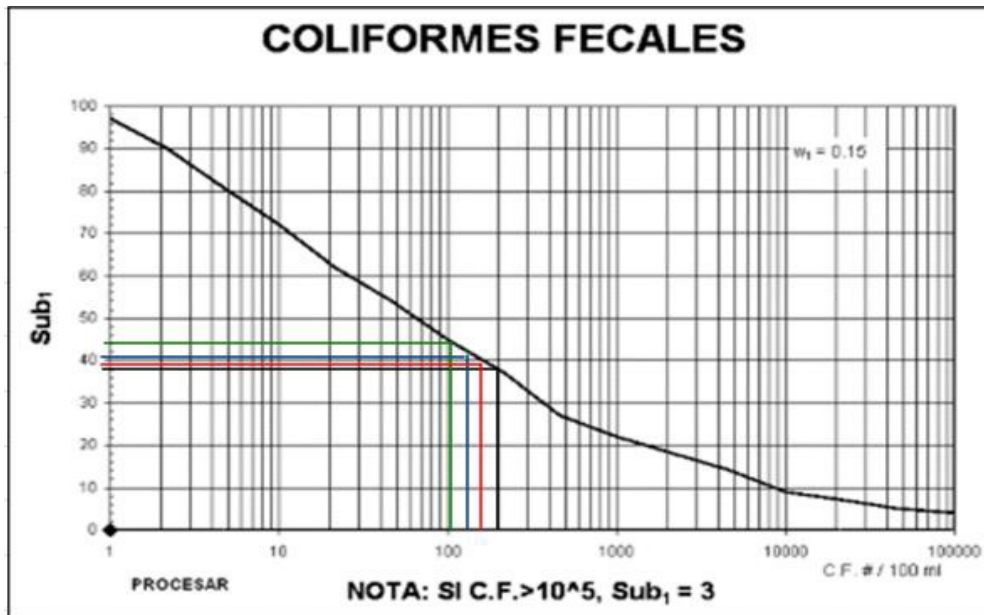


Figura 35

Curva de Calidad NSF de pH en época de avenida

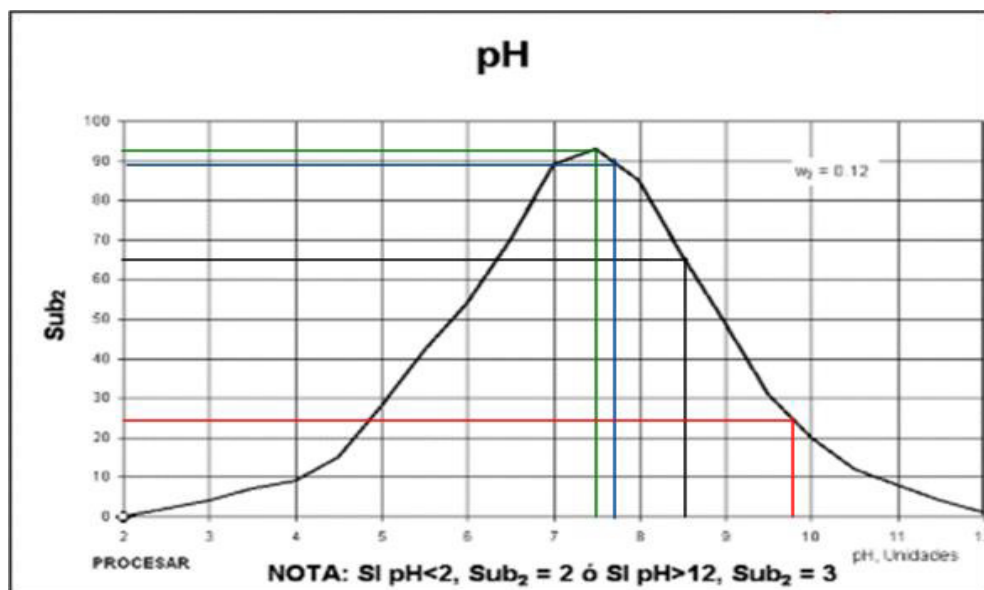


Figura 36

Curva de Calidad NSF de la DBO₅ en época de avenida

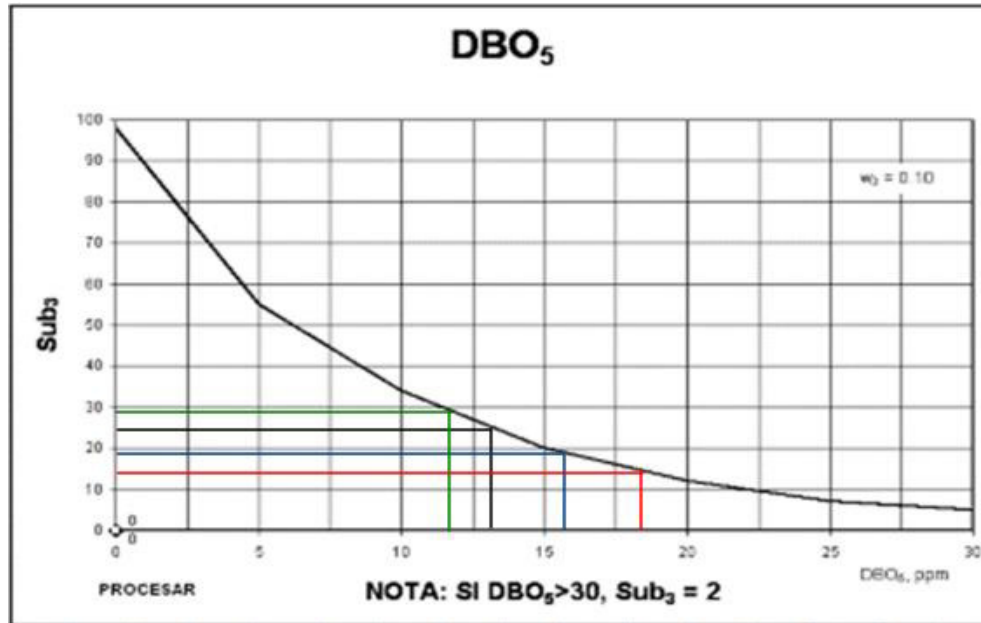


Figura 37

Curva de Calidad NSF de Nitratos en época de avenida

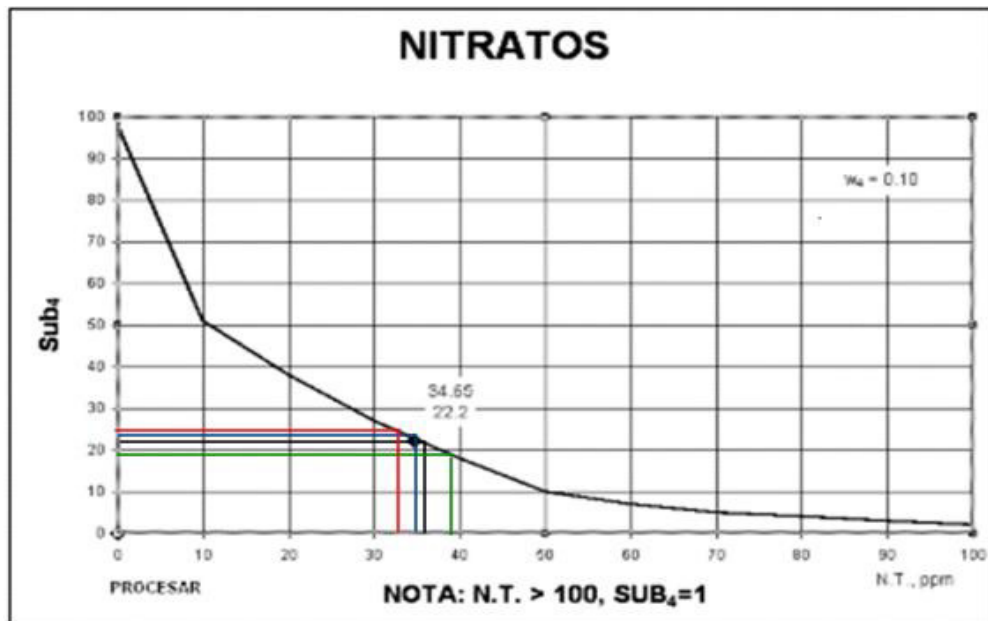


Figura 38

Curva de Calidad NSF de Fosfatos en época de avenida

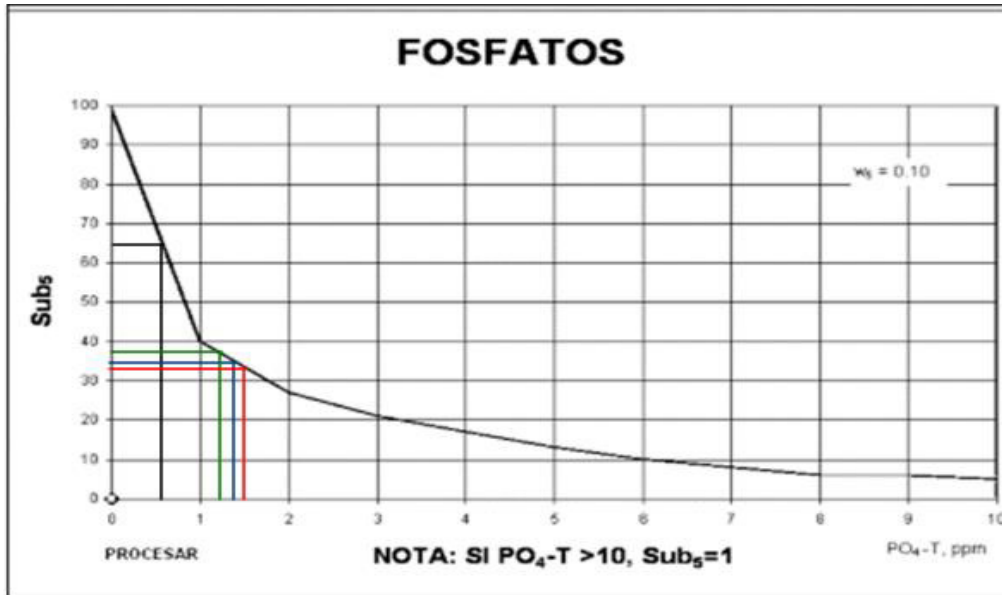


Figura 39

Curva de Calidad NSF del Cambio de Temperatura en época de avenida

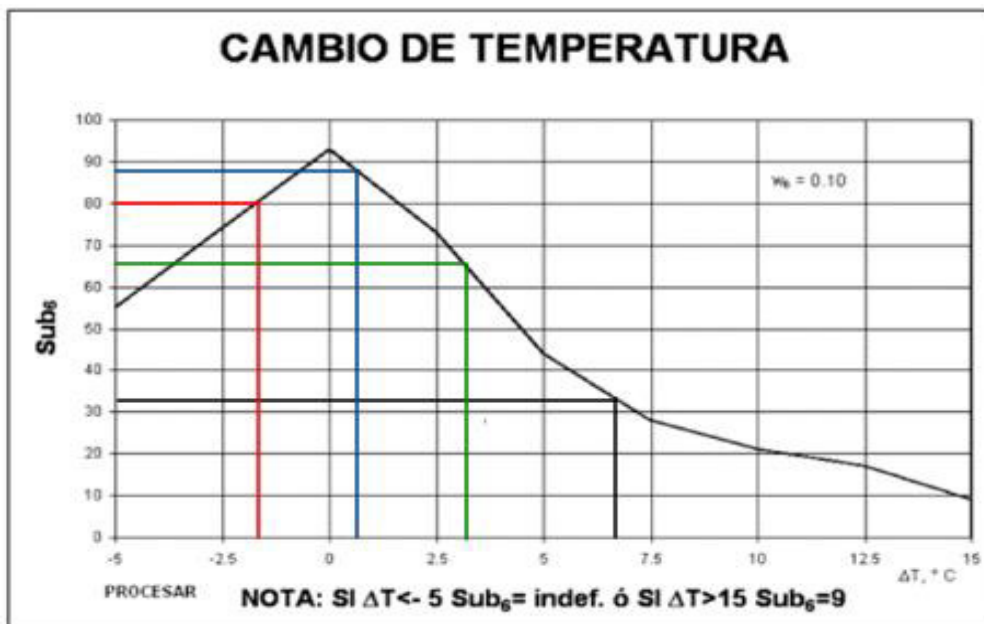


Figura 40

Curva de Calidad NSF de Turbidez en época de avenida

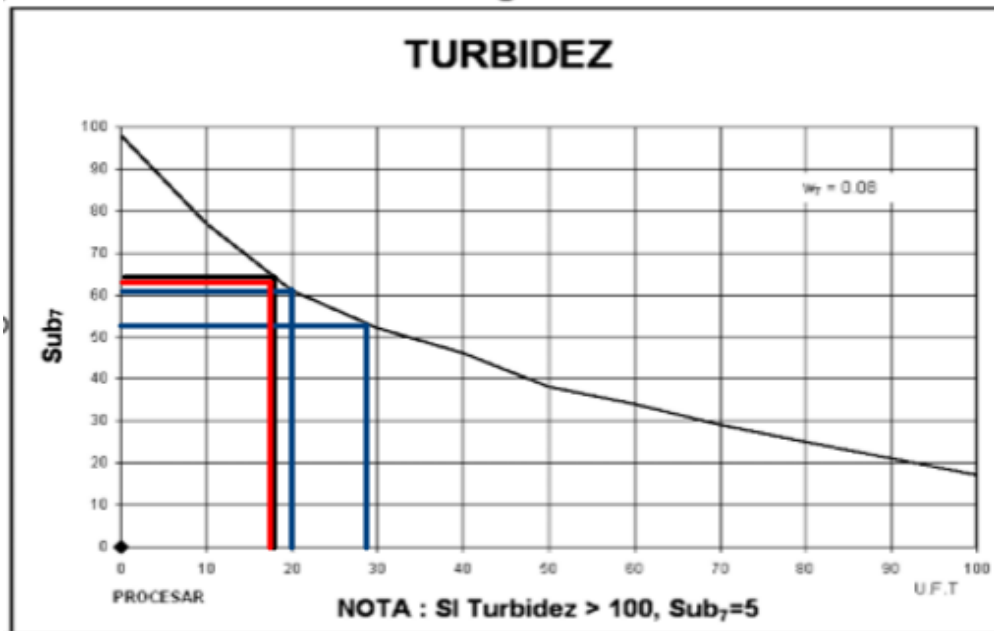


Figura 41

Curva de Calidad NSF de los Solidos Disueltos Totales en época de avenida

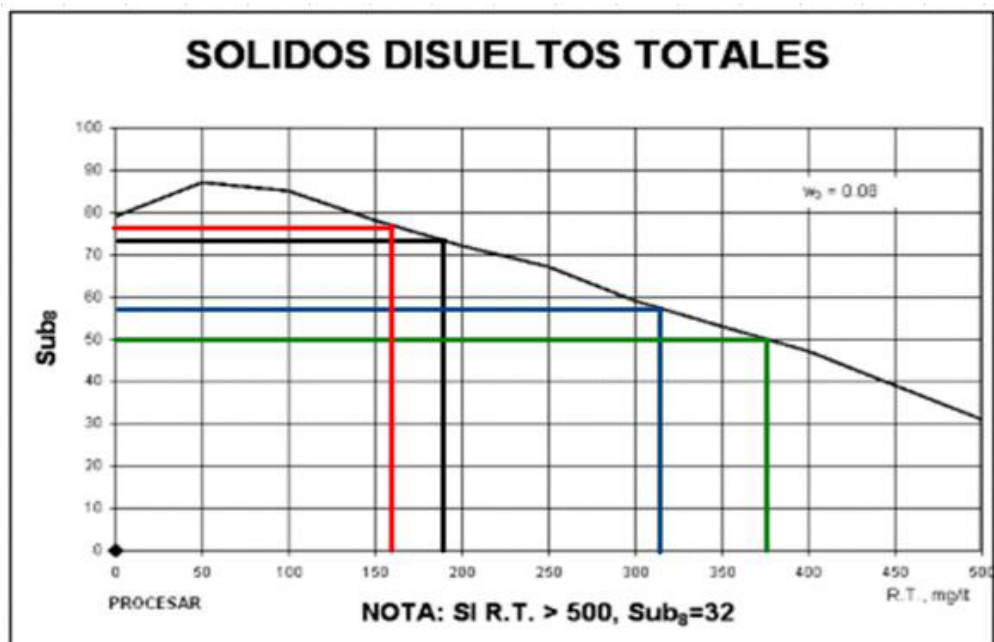


Figura 42

Curva de Calidad NSF de Oxígeno Disuelto en época de avenida

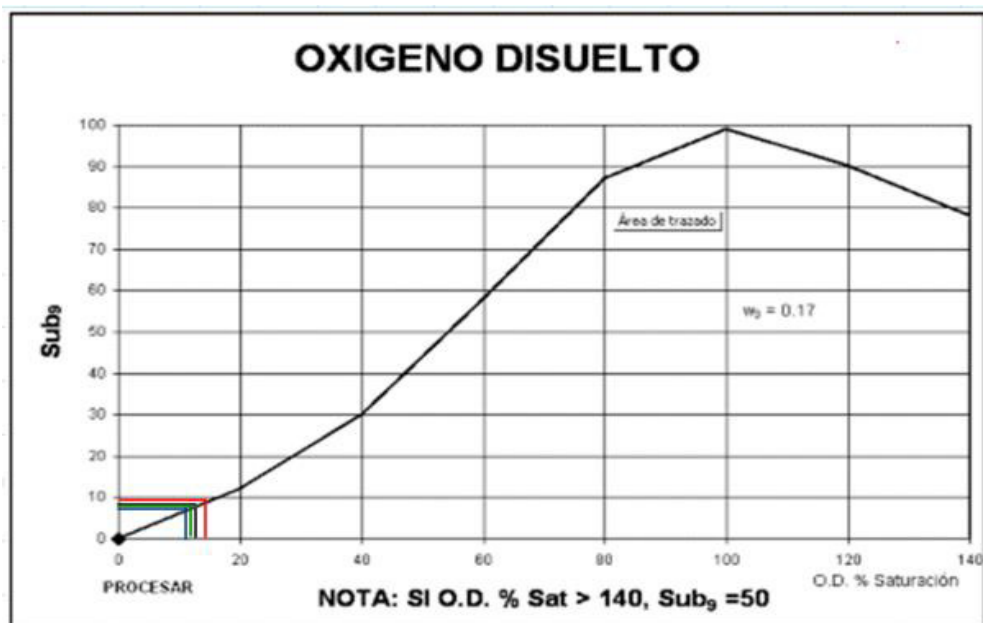


Tabla 18

ICA-NFS del punto de muestreo P-1 en época de avenida

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub _i	Pesos relativos (W _i)	Sub _i * W _i
Coliformes	NMP/100	210,0	37	0,15	5,55
Fecales	mL				
pH	-	8,55	63	0,12	7,56
DBO ₅	mg O ₂ /L	13,1	26	0,10	2,6
Nitratos	mg/L	36,0	20	0,10	2,0
Fosfatos	mg/L	0,6	67	0,10	6,7
Temperatura	°C	15	32	0,10	3,2
Turbidez	NTU	18,0	64	0,08	5,12

Sólidos disueltos totales	mg/L	193	72	0,08	5,76
Oxígeno disuelto	%	16,3	8,5	0,17	1,45
	mg /L	1,07	-	-	-
$\sum (Sub_i * W_i)$					39,94

Nota. Se observa los subíndices del punto de muestreo P-1, cuyos valores son: CF = 210 NMP/100 mL con subíndice 37; pH = 8,55 con subíndice 63; DBO₅ = 13 mg O₂/L con subíndice 26; NO₃⁻ = 36 mg/L con subíndice 20; PO₄⁻³ = 0,6 mg/L con subíndice 67; Temperatura = 15° C con subíndice 32; Turbidez = 18 NTU con subíndice de 64; SDT = 193 mg/L con subíndice 72 y el porcentaje de saturación OD = 16,3 con subíndice 8,5. Tomada de “A Water Quality Index—Do We Dare”, por Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde

$$ICA-NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Sub_i * W_i)$$

$$ICA-NSF = 39,94$$

En el primer punto de muestreo correspondiente a Pachascucho (P-1) se obtuvo un valor de 39,94 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 26 a 50 que corresponde a calidad mala.

Tabla 19

ICA-NFS del punto de muestreo P-2 en época de avenida

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub _i	Pesos relativos (W _i)	Sub _i * W _i
Coliformes	NMP/100	163,0	40	0,15	6,0
Fecales	mL				
pH	-	7,76	90	0,12	10,8
DBO ₅	mg O ₂ /L	15,8	19,5	0,10	1,95
Nitratos	mg/L	35,0	22	0,10	2,2
Fosfatos	mg/L	1,3	35	0,10	3,5
Temperatura	°C	17,62	89	0,10	8,9
Turbidez	NTU	28,4	52	0,08	4,16
Solidos disueltos totales	mg/L	317,0	59	0,08	4,72
Oxígeno disuelto	%	0,75	7,0	0,17	1,19
	mg /L	0,69	-	-	-
Σ (Sub _i * W _i)					43,42

Nota. Se observa los subíndices del punto de muestreo P-2 cuyos valores son: CF = 163 NMP/100 mL con subíndice 40; pH = 7,76 con subíndice 90; DBO₅ = 15,8 mg O₂/L con subíndice 19,5; NO₃⁻ = 35 mg/L con subíndice 22; PO₄⁻³ = 1,3 mg/L con subíndice 35; Temperatura = 17,62 °C con subíndice 89; Turbidez = 28,4 NTU con subíndice de 52; SDT = 317 mg/L con subíndice 59; porcentaje de saturación de OD = 0,75 con subíndice 7,0. Tomada de “A Water Quality Index—Do We Dare”, por Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$\text{ICA-NSF} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Sub}_i * W_i)$$

$$\text{ICA-NSF} = 43,42$$

En el segundo punto de muestreo correspondiente a Tragadero (P-2) se obtuvo un valor de 43,42 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 26 a 50 que corresponde a calidad mala.

Tabla 20

ICA-NFS del punto de muestreo P-3 en época de avenida

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub_i	Pesos relativos (W_i)	Sub_i * W_i
Coliformes	NMP/100	120,60	44,0	0,15	6,60
Fecales	mL				
pH	-	7,89	88,0	0,12	10,56
DBO₅	mg O ₂ /L	12,20	29,5	0,10	2,95
Nitratos	mg/L	39,00	18,0	0,10	1,80
Fosfatos	mg/L	1,10	28,0	0,10	2,80
Temperatura	°C	18,12	68,0	0,10	6,80
Turbidez	NTU	20,50	61,0	0,08	4,88
Sólidos disueltos totales	mg/L	376,00	50,0	0,08	4,00
Oxígeno disuelto	%	12,60	7,5	0,17	1,28
	mg /L	0,78	-	-	-

$\sum (\text{Sub}_i * W_i)$	41,67
-----------------------------	-------

Nota. Se observa los subíndices del punto de muestreo P-3, cuyos valores son: CF = 120,6 NMP/100 mL con subíndice 44; pH = 7,89 con subíndice 88; DBO₅ = 12,2 mg O₂/L con subíndice 29,5; NO₃⁻ = 39,0 mg/L con subíndice 18; PO₄⁻³ = 1,1 mg/L con subíndice 28; Temperatura = 18,12 ° C con subíndice 68; Turbidez = 20,5 NTU con subíndice 61; SDT = 376,0 mg/L con subíndice 50; porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 12,6 con subíndice 7,5. Tomada de “A Water Quality Index—Do We Dare”, por Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$\text{ICA-NSF} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Sub}_i * W_i)$$

$$\text{ICA-NSF} = 41,67$$

En el tercer punto de muestreo correspondiente a Muquillanqui (P-3) se obtuvo un valor de 41,67 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 26 a 50 que corresponde a calidad mala.

Tabla 21

ICA-NFS del punto de muestreo P-4 en época de avenida

Parámetro	Unidad	Resultado	Sub _i	Pesos relativos (W _i)	Sub _i * W _i
Coliformes	NMP/100	180,7	39	0,15	5,85
Fecales	mL				
pH	-	9,88	23	0,12	2,76
DBO ₅	mg O ₂ /L	18,4	15	0,10	1,5

Nitratos	mg/L	33,1	25	0,10	2,5
Fosfatos	mg/L	1,4	33	0,10	3,3
Temperatura	° C	20,99	80	0,10	8.0
Turbidez	NTU	18,0	64	0,08	5,12
Solidos disueltos totales	mg/L	157,0	78	0.08	6,24
Oxígeno disuelto	%	14,5	9,5	0,17	1.62
	mg O ₂ /L	0,85	-	-	-
∑ (Sub_i * W_i)					36,89

Nota. Se observa los subíndices del punto de muestreo P-4, cuyos valores son: CF = 180,7 NMP/100 mL con subíndice 39; pH = 9,88 con subíndice 23; DBO₅ = 18,4 mg O₂/L con subíndice 15; NO₃⁻ = 33,1 mg/L con subíndice 25; PO₄⁻³ = 1,4 mg/L con subíndice 33; Temperatura = 20,99 ° C con subíndice 80; Turbidez = 18,0 NTU con subíndice 64; SDT = 157,0 mg/L con subíndice 78 y el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (OD) = 14,5 con subíndice 9,5. Tomada de “A Water Quality Index—Do We Dare”, por Brown et al., 1970, *Water Sewage Works*, 117, pp. 339-343.

Donde:

$$\text{ICA-NSF} = \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Sub}_i * W_i)$$

$$\text{ICA-NSF} = 36,89$$

En el cuarto punto de muestreo correspondiente a Chocón (P-4) se obtuvo un valor de 36,89 y según la Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown está en el rango de 26 a 50 que corresponde a calidad mala.

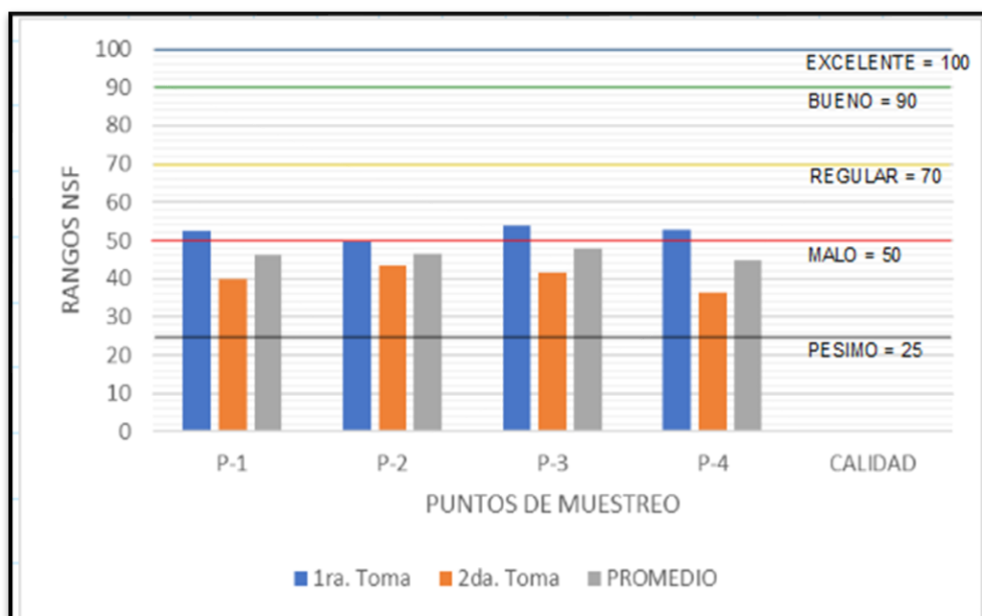
Tabla 22

ICA-NSF del Humedal Laguna de Tragadero

Puntos de muestreo	ICA-NSF Estiaje	Calidad de agua	ICA-NSF Avenida	Calidad de agua	Promedio	Calidad de agua
P-1	52,50	Regular	39,94	Mala	46,22	Mala
P-2	49,81	Mala	43,43	Mala	46,62	Mala
P-3	53,79	Regular	41,67	Mala	47,73	Mala
P-4	52,86	Regular	36,89	Mala	44,88	Mala
Promedio	52,24	Regular	40,48	Mala	46.36	Mala
Mínimo	49,81		36,89		43,35	
Máximo	53,79		43,43		48,61	

Figura 43

Categorización ICA-NSF para el Humedal Laguna de Tragadero



Nota. Los resultados obtenidos a partir del análisis nos han dado un ICA total para el Humedal

Laguna de Tragadero en el rango de 43,35 a 48,61 con un valor promedio de **45,98** lo que indica que tiene una calidad **mala**.

Tabla 23

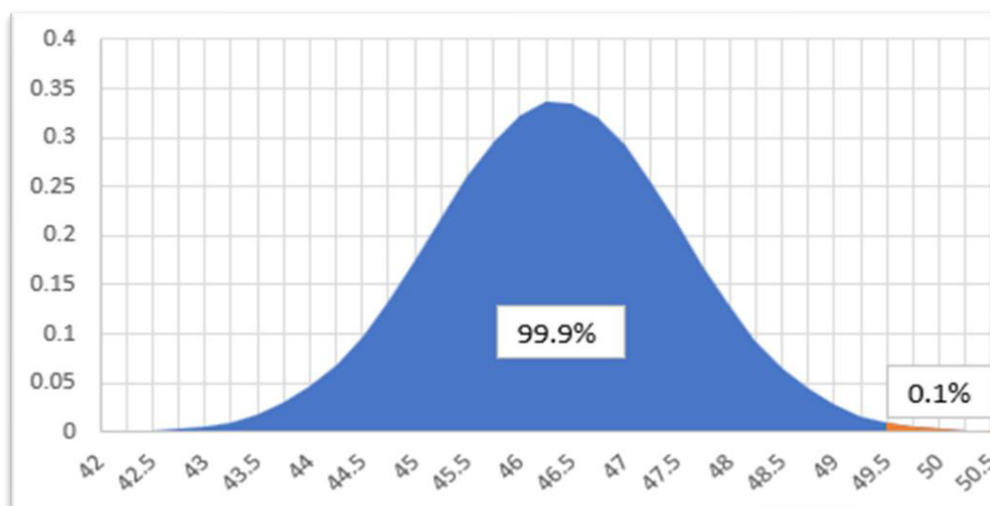
Media y DS de 8 muestras de estiaje y avenida

	Época de Estiaje				Época de Avenida			
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-1	P-2	P-3	P-4
X	46,36							
	52,50	49,81	53,79	52,86	39,94	43,43	41,67	36,89
DS	6,64							

La caracterización ICA-NFS, se sustenta estadísticamente mediante la Campana de Gauss, graficados con los datos de la Tabla 22, en ella se observa que el 99,9% de las muestras tomadas en estiaje y avenida, son de calidad mala y sólo el 0.1% es regular. Con esto se corrobora los resultados que se muestra en la figura 43.

Figura 44

Campana de Gauss



4.3. Prueba de hipótesis

La calidad de agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en la provincia de Jauja 2022, aplicando la metodología ICA-NFS, es mala.

Para validar la hipótesis respecto a la calidad del agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas que es mala, se ha determinado mediante la Prueba de t de student, con los datos de 4 muestras en época de estiaje y 4 muestras en época de avenida, haciendo un total de 8 muestras; datos tomados de la Tabla 22.

Ho: la calidad del agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas, según los ICA-NSF es **mala**.

$$H_0: \mu \leq 50$$

Ha: la calidad del agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas, según los ICA-NSF es **aceptable**.

$$H_a: \mu > 50$$

Nivel de significancia:

Se realizó los cálculos con un grado de confianza del 95% error del 5%, es decir

$$\alpha = 0.05$$

Estadístico de prueba:

El estadístico “t de student”, es utilizado para analizar el contraste de un grupo de datos menores de 30, calculada mediante la media y la desviación estándar.

Datos:

N = tamaño de muestra = 8

\bar{X} = media = 46,36

S = desviación estándar = 6,64

μ = media poblacional = 50

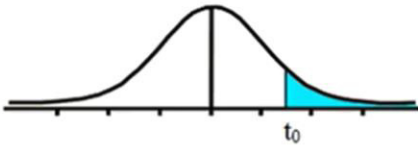
GL = grados de libertad = 8 - 1 = 7

α = nivel de significancia = 5% = 0.05

Tabla 24

t de student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467

$t = 1,8946$ (t de tabla)

Hallaremos la t calculado mediante la formula:

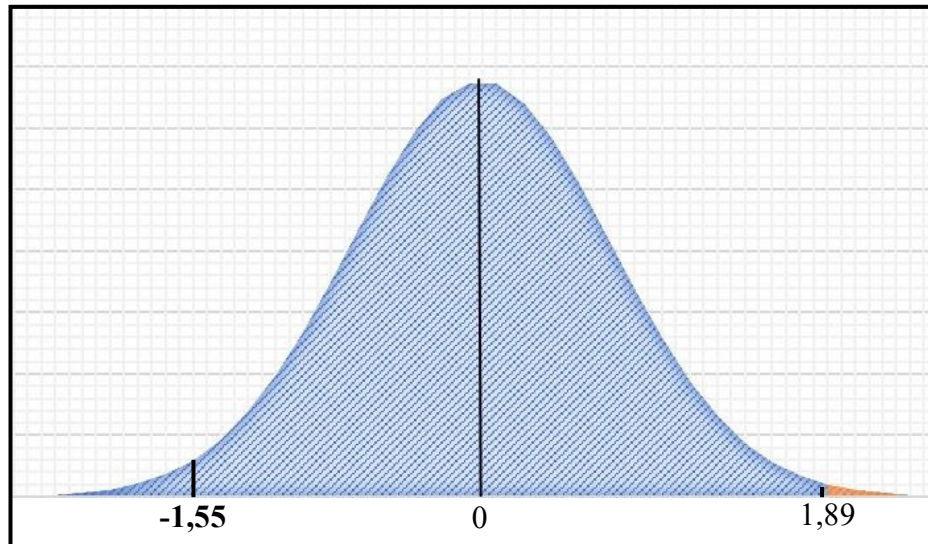
$$t_c = \frac{\bar{X} - \mu}{s / \sqrt{n}} = \frac{46.36 - 50}{6,64 / \sqrt{8}} = -1,55$$

$t_c = -1,55$ (t calculado)

Contrastamos la t (tabla) con t (calculado), para ver el rechazo o aceptación de la hipótesis.

Figura 45

Curva de "t de student"



Nota. Se observa que el valor de $t_c = -1,55$ es menor que el t (tabla) = 1,89, por lo tanto, se encuentra dentro del área de aceptación de la calidad del agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas, según el ICA-NSF es mala.

Conclusión: Se acepta la hipótesis nula (H_0), por lo tanto, la calidad del agua del humedal laguna de Tragadero es **MALA**.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los valores que se presentan en las Tablas 12 y 13 son los resultados de la evaluación en los puntos citados, en época de estiaje y avenida.

Los resultados de los niveles de concentración de coliformes fecales en el agua del humedal laguna de Tragadero se encuentra entre 120,6 y 480 NMP/100 mL, siendo relativamente baja comparándola con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua en la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, emitidos según D.S. N°004-87-2017/MINAM; debido a que el efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del distrito de Acolla no se descargan directamente en el humedal, sino en el río Yanamarca, que es afluente al humedal. Por su parte Rodríguez et al. (2017) en su estudio menciona que el humedal de Ventanilla, al interactuar con la población humana, genera abundantes fuentes de nutrientes contaminando el agua, estas a su vez desarrollan colonias de bacterias, posibilitando la supervivencia de coliformes termotolerantes que sobrepasaron los LMP. En ese sentido el estudio difiere de lo mencionado en líneas arriba toda vez que los coliformes termotolerantes referidos por Rodríguez sobrepasan los LMP, siendo esto preocupante; mientras que en el estudio realizado la cantidad de coliformes termotolerantes son menores. Por consiguiente, en ambos casos contaminan el cuerpo de agua.

Los resultados de pH varían entre 7,76 y 8,85 unidades de pH en tres puntos de muestreo, estos valores indican condiciones de agua ácida a casi neutra, y se encuentran dentro de los LMP de los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, con valores comprendidos entre 6.5- 9 unidad de pH; en el punto de muestreo que corresponde a Chocón el valor del pH fue de 9,88 unidades de pH, este valor alto está relacionado a las altas tasas de fotosíntesis fitoplanctónica que hace que se altere significativamente el equilibrio de carbonatos en los lagos, haciendo que aumente el pH esto

lo confirma Barthem et al. (2003 citado en Aréstegui, 2019)

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) registraron niveles altos de concentración entre 12,2 y 68,5 mg O₂/L, que sobrepasan los LMP de los Estándares de Calidad Ambiental CA para el agua, categoría 4: conservación del ambiente acuático; el alto nivel de DBO en el agua indica la presencia de una gran cantidad de materia orgánica en descomposición y por lo lento del flujo del agua que limita la capacidad de intercambio gaseoso con el aire. Esto lo confirma Alarcón y Ñique, 2016) en su estudio realizado en el humedal laguna los Milagros -Tingo María.

Los resultados de nitratos y fosfatos resultó entre 0,6 a 39 mg/L y 0,2 a 1,4 mg/L respectivamente que sobrepasan los LMP en la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, lo que indican contaminación de nitratos y fosfatos procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales sin tratar, del pastoreo de animales y de la escorrentía de fertilizantes de las zonas agrícolas aledañas al humedal, consideradas como nutrientes causantes de los procesos de eutrofización. Gómez et al. (2014 citado en Alarcón et al. 2016) lo confirma en su estudio realizado en el humedal laguna de los Milagros – Tingo María, donde determina que la presencia de elevadas concentraciones en el agua del referido nutriente se debe a la descomposición de la materia orgánica nitrogenada, proveniente de la muerte de algunas especies acuáticas.

Los resultados de los valores de temperatura registraron entre 15 y 24,7 °C y de la diferencia de temperatura ambiente y agua registró valores entre 2,88 y -1,99 °C. Esta problemática es similar al estudio realizado por López (2019) en la laguna de Colta donde los valores de temperatura están entre 16,5 a 18,9 °C, también determinó que la diferencia de temperatura ambiente y agua registró valores entre 2,9 y 5,9 la proyección de este valor resulta en la disminución de la densidad, una reducción de la viscosidad, un aumento en la tensión de

vapor saturante en la superficie, y la disminución de la solubilidad de los gases como el oxígeno, contribuyendo a la producción de otros gases como ácido sulfúrico, metano y cadenas parcialmente oxidadas, produciendo olores y sabores desagradables.

Los resultados de sólidos disueltos totales se registraron en el rango de 130 a 376 mg/L en la laguna de Tragadero las cuales son significativamente elevados y están relacionados con las altas precipitaciones y los procesos de escorrentía. Estos altos niveles de SDT indican la presencia de una cantidad considerable de materia disuelta en el agua. El estudio realizado por López (2019) en la laguna de Colta reporta valores entre 3 y 23 mg/L, confirmando que La variación de estos valores tiene efectos perjudiciales, como la penetración de la luz en el agua reduciendo la presencia de oxígeno al aumentar la turbidez, esto limita el desarrollo de la vida acuática, creando desequilibrios entre las especies.

Cabe resaltar que la turbidez del agua, a pesar de no estar incluida en los Estándares de Calidad Ambiental para el agua en la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, es un parámetro de suma importancia a considerar en la gestión y evaluación de la calidad del agua. Se obtuvo resultados de turbidez que varían entre 11,5 y 28,4 UNT, en el agua de la laguna de Tragadero. Estos valores indican que la claridad del agua es baja, lo que afecta a la fotosíntesis, consiguientemente la calidad del ecosistema acuático. López (2019) en su estudio, reporta valores de turbidez entre 5,1 y 1,3 NTU realizado en la laguna de Colta, por lo tanto, confirma el estudio realizado en el humedal laguna de Tragadero.

Los valores de oxígeno disuelto medidos en las cuatro estaciones de muestreo en la laguna de Tragadero se encuentran entre 0,46 y 1,13 mg /L, encontrándose por debajo de los LMP de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, esto se debe a la alta turbidez del agua, que no permite el paso de los rayos solares, para realizar la fotosíntesis de los productores primarios que viven en suspensión en la laguna; además, existe influencia del alto contenido

en materia orgánica, que demanda mayor consumo de oxígeno para su degradación. Alarcón & Ñique (2016) en su estudio realizado en el humedal laguna Los Milagros – Tingo María obtiene resultados en un rango aceptable según los ECAs para el agua, y esto se debe a la baja turbidez del agua, que permite el paso de los rayos solares, para realizar la fotosíntesis. en consecuencia, es contrario a los resultados obtenidos en el humedal laguna de Tragadero.

De los parámetros requeridos para determinar el ICA-NSF, se han encontrado tres parámetros que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental para el agua en la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático; se trata de la demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos y el oxígeno disuelto prácticamente superan los LMP.

El ICA-NSF de los puntos de muestreo del humedal laguna de Tragadero, en época de estiaje y avenida presentan valores muy distantes a los que un cuerpo de agua debería tener. Los humedales por sus funciones ecológicas y ambientales deberían estar entre la categoría excelente y buena, sin embargo, en la investigación no se cumple.

En la Tabla 22 se muestra el ICA-NSF calculado para cada punto de muestreo en época de estiaje y en época de avenida. El valor promedio en época de estiaje varía en un rango de 49,81 a 53,79 y el valor promedio en época de avenida varían en un rango de 36,89 a 43,43 y a partir del análisis realizado nos da el ICA total para el humedal laguna de Tragadero cuyo rango fluctúa entre 43,35 a 48,61 con un promedio de 45,98 lo que indica, según la Tabla 8. Clasificación del ICA-NSF propuesto por Brown (1970) que, la calidad del agua es **mala**. Según Custodio et al. (2017), las aguas con un ICA-NSF de categoría mala presentan una baja diversidad de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas de contaminación.

Para validar la hipótesis se ha utilizado la prueba *t de student*, de la aplicación de la formula se obtuvo el valor de t_c (t calculado) de -1,55 y se comparó con el valor de “ t ”

hallado en la tabla, denominado t crítico, dando una lectura de 1,89. Como el valor de “t” calculado (t_c) es menor que el valor de tabla (t crítico); el resultado se ubica dentro del área de aceptación correspondiente a la hipótesis nula (H_0), en ese sentido se concluye que la calidad del agua del humedal Laguna de Tragadero, es **mala**.

VI. CONCLUSIONES

1. El índice de calidad de agua del humedal laguna de Tragadero, cuyo valor es de 45,98 (aplicando la metodología ICA-NSF); comparando con la Tabla 8 del ICA-NFS propuesto por Brown, resulta que la calidad del agua es MALA. Esto es una preocupación seria, puesto que una mala calidad del agua tiene efectos negativos en el ecosistema acuático y en última instancia, en la cadena alimenticia. Asimismo, nos indica que hay un empobrecimiento en los ecosistemas acuáticos, proliferándose de manera descontrolada el crecimiento de algas fitoplactónicas, produciéndose la eutrofización y la contaminación de la cadena alimenticia. (Figura 45)
2. Los valores de los parámetros físicos obtenidos fueron: turbidez entre 11,5 a 28,4 NTU, sólidos totales disueltos entre 130 a 376 mg/L y cambios de temperatura entre -1,99°C a 7°C. En el caso de la turbidez no está considerados en los Estándares de Calidad Ambiental para el agua en la Categoría 4: Conservación del medio acuático. (Tabla 2).
3. Los valores de los parámetros químicos encontrados fueron: Demanda bioquímica de oxígeno entre 12,2 a 68,5 mg O₂/ L, nitratos entre 0,6 a 39 mg/L, fosfatos entre 0,2 a 1,4 mg/L y oxígeno disuelto entre 0,7 a 1,13 mg/L; muestran que las cantidades de dichos parámetros no cumplen con los límites máximos permisibles ya sea por ausencia o exceso en el cuerpo de agua tanto en la época de estiaje y avenida. pH entre 7,76 a 9,88 unidades. (Tabla 2)
4. Se analizo los coliformes fecales obteniendo valores entre 120,6 a 480 NMP/10° mL, comparados con la normativa ambiental se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, debido a que el efluente de la PTAR domesticas del distrito de Acolla no descarga directamente al humedal sino al rio Yanamarca, reduciendo la cantidad de coliformes fecales, ya que el río actúa como un agente de dilución durante su recorrido. (Tabla 2)

El análisis del ICA-NSF demuestra que las condiciones del agua son totalmente no

saludables para el mantenimiento de la vida acuática. Por lo cual se acepta la hipótesis nula, donde la calidad de agua del humedal laguna de Tragadero es MALA (Figura 45)

VII. RECOMENDACIONES

1. Mejorar los procesos de operación y mantenimiento periódico de la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acolla, para eliminar nitratos y fosfatos antes de que los efluentes se viertan en el cuerpo de agua y para garantizar que las descargas cumplan con los estándares ambientales.
2. Monitorear y gestionar los niveles de los nueve parámetros (coliformes termotolerantes, pH, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales, temperatura, nitratos, fosfatos y oxígeno disuelto) en el efluente de la planta de tratamiento para minimizar los impactos ambientales.
3. Capacitar a los agricultores en prácticas agrícolas responsables es una estrategia valiosa para promover el desarrollo sostenible y proteger los recursos naturales, como el humedal laguna de Tragadero. La colaboración entre las autoridades locales y la comunidad es fundamental para el éxito de este esfuerzo.
4. Monitorear anual o semestral de la calidad del agua y llevar a cabo esfuerzos de educación y concienciación para la comunidad local y los agricultores sobre la importancia de preservar el ecosistema acuático.

VIII. REFERENCIAS

- Alarcón, B., & Ñique, M. (2016). Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú). *Revista Indes*, 2(2), 98-107.
<https://doi.org/10.25127/indes.20142.81>
- Alvarado Michi, E. (2010). “*Agua: efectos provocados por las actividades antropogénicas en la microcuenca del río Pixquiac*”. [Tesis de título, Universidad Veracruz].
<https://www.uv.mx/oabcc/files/2019/02/Tesis-Lupita.pdf>
- ANA. (2 de marzo del 2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hidricos Superficiales*.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- ANA. (mayo del 2018). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA -PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*.
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Argandoña, L., & Macías, R. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en los efluentes de las lagunas de oxidación situados en la parroquia, Colón, Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí en el periodo de marzo a setiembre de 2013*. [Tesis de título, Universidad Técnica de Manabí].
<https://studylib.es/doc/7742731/determinacion-de-solidos-totales--suspendidos>
- Bautista Baygorrea, M. (2021). *Alteración de la Calidad del Agua por Efluentes Mineros en la Cuenca Alta del Río San Juan, Cerro De Pasco, 2020*. [Tesis de título, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio UNFV.
https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/5355/UNFV_FIGAE_Bautista_Baygorrea_Michael_Titulo_profesional_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=

Y

Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela. *Tecnología en Marcha* (Costa Rica), 30(4), pp. 15-27. DOI: 10.18845/tm.v30i4.3408.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>

Brown, R.M., McClellan, N.I., Deininger, R.A. y Tozer, R.G. (1970). A Water Quality Index—Do We Dare. *Water Sewage Works*, 117, pp. 339- 343. [A Water Quality Index—Do We Dare Water Sew Works, 117, 339-343. - References - Scientific Research Publishing \(scirp.org\)](#)

Caho-Rodríguez, C., López-Barrer, E. (diciembre del 2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *12*(2), pp.35- 49

<https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552017000200035

Cárdenas Novillo, P. (2020). *Evaluación de la Calidad del Agua en la microcuenca Hidrográfica del Rio Tutanangoza mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos y la aplicación del ICA-NSF*. [Tesis de título, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Repositorio UPS.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19608/1/UPS-CT008912.pdf>

Carrillo Alvarado, M. y Urgilés Calle, P. (2016). *Determinación del Índice de Calidad de Agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio UC.

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>

Cervantes, M. (2007). Conceptos Fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. En O, Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano (Eds.), *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (págs. 37–67) S y G Editores, S.A. de C.V.

<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perpectivas-sobre-conservaci%C3%B3n-de-ecosistemas-acu%C3%A1ticos-en-M%C3%A9xico.pdf>

Clavijo Moreno, A y Granja Escola, K. (2016). *Análisis del estado de conservación ambiental de la microcuenca del Río Chamachán en la Parroquia Mariano Acosta, provincia de Imbabura, a través de indicadores físico, bióticos y socioeconómicos*. [Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15225>

Custodio et al. (2017). Evaluación de la calidad del agua del río Cunas índices fisicoquímicos y biológicos, Junín – Perú. *Prospectiva Universitaria*, 10(1,2), pp. 13-16.

https://www.researchgate.net/publication/320749394_Evaluacion_de_la_calidad_del_agua_del_rio_Cunas_indices_fisicoquimicos_y_biologicos_Junin_-_Peru

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

[Redalyc. El agua: un recurso esencial](#)

Frías Quiñones, T. y Montilla Cabudiva, L. (2016). “Evaluación de los Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos en el Sector Puerto de Productores Río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015. [Tesis de título, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Digital.

<http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%C3%8DAS-MONTILLA-Evaluaci%C3%B3n-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guevara, E. (2016). Transporte y Transformación de Contaminantes en el ambiente y

contaminación de las Aguas. ANA.

<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3941/ANA0002523.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huamán-Vilca, S., Lucen-Espinoza, M., Paredes-Vite, M. y Changanqui-Alfaro, D. (2021).

Evaluación de la calidad del agua de la laguna Maravilla en los Pantanos de Villa (Lima, Perú). *South Sustainability* (Lima), 1(2), pp.1- 8. DOI: 10.21142/SS-0102-2020-019

<https://revista.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/download/779/747/>

Javier-Acuña, A., Américo-Szewczuk, J. y Natalia-Pucci, G. (2020). Calidad ambiental de la

Laguna María la Gorda de la ciudad de Río Gallegos Argentina. *Revista Internacional de contaminación Ambiental*, 37, pp. 539 – 551. <https://doi.org/10.20937/RICA.53915>.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992021000100131

Jiménez, I. (2019). *Estruvita: Fuente de fósforo reciclada obtenida a partir de residuos urbanos y agroindustriales* [Tesis de posgrado, Universidad de Sevilla]. Repositorio

US. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/99846/TFM-1421-JIMENEZ%20GARCIA.pdf?sequence=1>

Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de las aguas.

Revista interdisciplinaria de gestión ambiental, 2(23), 12-19.

<https://docplayer.es/8378661-Determinacion-de-los-parametros-fisico-quimicos-de-calidad-de-las-aguas.html>

López, K. (2019). *Determinación del índice de calidad del agua en la laguna de Colta mediante la valoración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*. [Tesis de

pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18202>.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18202/1/T-UCE-0012-FIG-097.pdf>

López Portillo, J., Vásquez Reyes, V., Gómez Aguilar, L., & Priego Santander, A. (s.f.).

Humedales.

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9655/09HUMEDALESB.pdf;jses>

Llovera, L. (2019). Determinación del índice de calidad ambiental del agua del manantial El Azufre y Quebrada El Azufre, en el caserío El Pabellón, La Escañada, Cajamarca 2016-2018. [Tesis de licenciatura]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte.

<http://hdl.handle.net/11537/22317>

Minaya, R. (2017). Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la Laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016. [Tesis de licenciatura]. Repositorio de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4690>

Miller, G. Tyler. (2007). Ciencias Ambientales Desarrollo Sostenible un enfoque integral. México: Thomson.

Ministerio del Ambiente. (30 de julio del 2008). *Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*

https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds_002_2008_minam_0_0_2.pdf

Ministerio del Ambiente. (7 de junio de 2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.* <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Ministerio del Medio Ambiente. Secretaria de Estado de Aguas y Costas. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. (2000). *Libro Blanco de Agua en España.*

<https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>

- Montaluisa Balcázar, K y Sánchez Cuenca, D. (2021). *Diagnóstico de la Calidad de Agua del Canal Internacional Zarumilla Frente a Actividades Antropogénicas Mediante Parámetros Físicoquímicos y Biológicos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20026/1/UPS-CT009012.pdf>
- Mora Campos, M y Tamy Heras, A. (2022). *Determinación del índice de Calidad de Agua mediante el monitoreo de macroinvertebrados, parámetros físicoquímicos y microbiológicos en el río Sinincay, Cuenca – Ecuador*. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21888>
- Osorio Rivera, M., Carrillo Barahona, W., Negrete Costales, J., Loor Lalvay, X., Riera Guachichullca, (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento (Ecuador)* 6(3), pp. 228-245.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>
- Raffo Lecca, E. y Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), pp. 71-80.
<https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Rodríguez et al. (2017). Evaluación Microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecología Aplicada*, 16(1), pp. 15–21. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v16n1/a03v16n1.pdf>
- Salcedo, M.A., Sánchez, J.A., Cruz-Ramírez, A., Álvarez-Pliego, N., Florido, R., Ruíz-Carrera, V., Garrido, A. y Alejo-Díaz, R.1 (agosto, 2018). Aplicación del índice de calidad de agua (WIQ-NSF) en lagunas metropolitanas y rurales. *Agroproductividad* 11(7), pp. 81- 86.
https://www.researchgate.net/publication/327120403_Aplicacion_del_Indice_de_cali

dad del agua WQI-NSF en lagunas metropolitanas y rurales

- Samboni Ruiz, N., Carvajal Escobar, Y., Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación (Universidad Nacional de Colombia)*, 27(3), pp. 172-181.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>
- Sampieri, R. & Mendoza, Ch. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Suárez-Landeo, E., Orrego-Morales, M. y Regal-Gastelumendi F. (2015). Evaluación Ecológica Rápida del Humedal de Tragadero (Junín, Perú). *Científica 12(2)*, pp. 132 – 144. <https://docplayer.es/55514871-Evaluacion-ecologica-rapida-del-humedal-de-tragadero-junin-peru.html>
- Téllez, A. (2016). Química Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
<http://pridca.csuca.org/images/Noticias/A3/Libro---Quimica-Ambiental.pdf>
- Toasa, T. (2012). Validación de los métodos de ensayo para fenoles, tensoactivos, sólidos suspendidos y total de sólidos disueltos (TDS).
<http://www.dospace.uce.edu.ec/bitstream/25000/894/1/T-UCE-0017/19.pdf>
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. y Zambrano, L. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México.
<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perpectivas-sobre-conservaci%C3%B3n-de-ecosistemas-acu%C3%A1ticos-en-M%C3%A9xico.pdf>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA- 2022”

PROBLEMA GENERAL Y ESPECIFICO	OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICO	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES E INDICADORES	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál es la calidad de agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domesticas en la provincia de Jauja-2022, aplicando la metodología ICA-NSF?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los niveles de concentración de los parámetros físicos del humedal laguna de Tragadero, contaminado por el vertimiento de aguas 	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la calidad de agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domesticas aplicando la metodología ICA- NSF, en la provincia de Jauja-2022.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar los niveles de concentración de los parámetros físicos del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales 	<p>Hipótesis General</p> <p>La calidad de agua del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domesticas en la provincia de Jauja 2022, aplicando la metodología ICA-NSF es mala.</p> <p>Hipótesis Especificas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los niveles de concentración de los parámetros físicos analizados influyen significativamente en la determinación de la calidad de agua del 	<p>Variable Dependiente</p> <p>Calidad de agua del humedal laguna de Tragadero</p> <p>Variabes Independientes</p> <p>Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</p> <p>Indicadores:</p> <p>OD pH DBO5 Tº</p>	<p>Diseño:</p> <p>No experimental - Longitudinal</p> <p>Tipo:</p> <p>Descriptivo</p>	<p>Método:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Muestreo Protocolo de monitoreo Observación de campo. Análisis de muestras 	<p>Población:</p> <p>La población en estudio es 1 903 500 m³</p> <p>Muestra:</p> <p>Muestras de agua es 50 litros para la época de avenida y estiaje.</p> <p>Tipo de muestreo:</p> <p>No probabilístico</p>

residuales domésticas en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022?	domésticas en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022.	humedal laguna de Tragadero en época de avenida y estiaje.	Fosfatos totales Nitratos Turbidez
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los niveles de concentración de los parámetros químicos del humedal laguna de Tragadero, contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los niveles de concentración de los parámetros químicos del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los niveles de concentración de los parámetros químicos analizados influyen significativamente en la determinación de la calidad de agua del humedal laguna de Tragadero en época de avenida y estiaje 	Solidos disueltos totales Coliformes Termotolerantes
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los niveles de concentración de los parámetros microbiológico del humedal laguna de Tragadero, contaminado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en época de avenida y estiaje, en la provincia de Jauja -2022? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos del humedal laguna de Tragadero contaminado por el vertimiento de aguas residuales en época de avenida y estiaje en la provincia de Jauja -2022. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los niveles de concentración de los parámetros microbiológicos analizados del humedal laguna Tragadero influyen significativamente en la determinación de la calidad de agua en época de avenida y estiaje. 	

Anexo A. Imágenes de la contaminación del Río Yanamarca por los efluentes de la laguna de oxidación del distrito de Acolla.

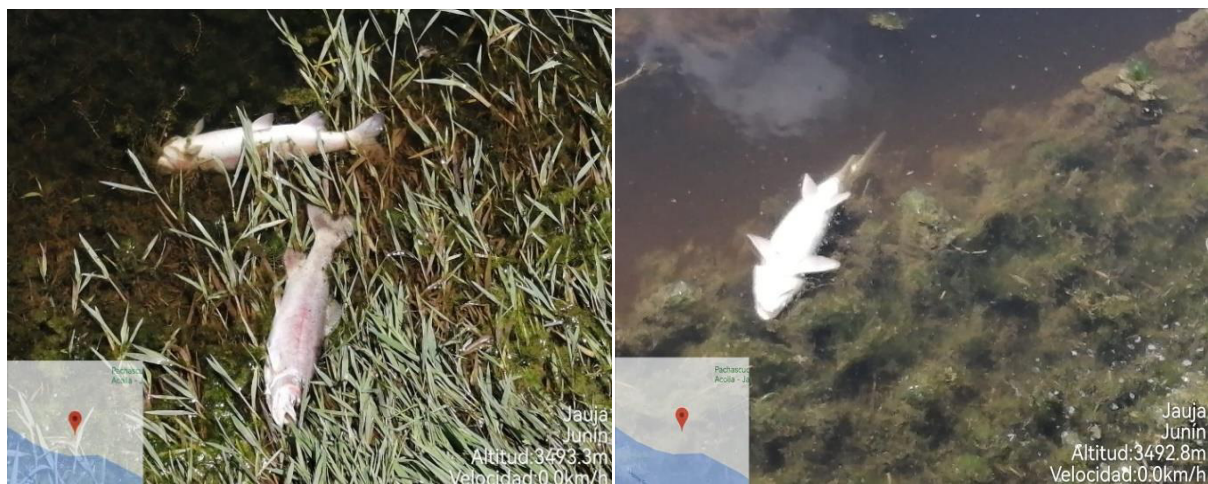
Figura 46

Contaminación del Río Yanamarca por los efluentes de la laguna de oxidación del distrito de Acolla.



Figura 47

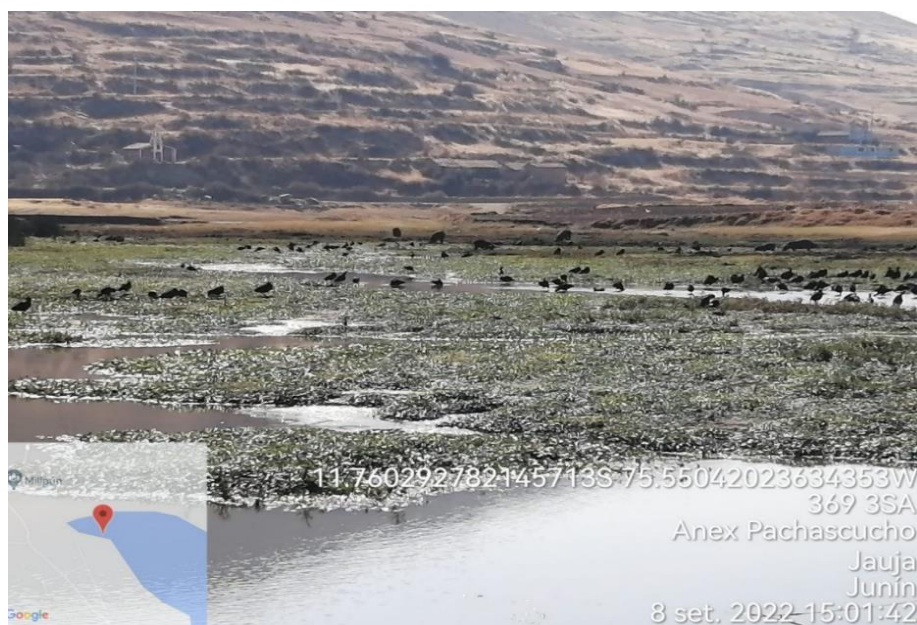
Imágenes del Impacto negativo en la Vida Acuática del Humedal Laguna de Tragadero



Nota. Muerte de las truchas por contaminación del Humedal Laguna de tragadero

Figura 48

Eutrofización del Humedal Laguna de tragadero



Nota. Eutrofización del Humedal laguna de Tragadero P-2

Anexo B. Imágenes del Muestreo del Humedal Laguna de Tragadero en Época de Estiaje**Figura 49**

Muestreo en el P-1 (Pachascucho) en Época de Estiaje



Nota. Parámetros evaluados “*insitu*”. Ubicación del S 11° 45.669' - W 075° 32.558'

Figura 50

Muestreo en el P-2 (Tragadero) en Época de Estiaje



Nota. Toma de muestra para evaluar los parámetros “*insitu*” y los análisis en el Laboratorio.

Ubicación: S 11° 45.613' - W 075 ° 33.025'



Nota. Medida de ubicación del P-2 con la ayuda del GPS



Nota. Envasado de las muestras del P-2 en época de estiaje.

Figura 51

Muestreo en el P-3(Muquillanqui) en Época de Estiaje



Nota. Toma de muestra para la evaluación de los parámetros “*insitu*” y su análisis en el laboratorio. Ubicación: S 11° 46.204’- W 075 ° 32.521’

Figura 52

Muestreo en el P-4(Chocón) en Época de Estiaje



Nota. Toma de muestra para la evaluación de los parámetros “*in situ*” y el análisis en el laboratorio. Ubicación: S 11° 46.056’-W 075 ° 31.935’

Anexo C. Imágenes de Muestreo del Humedal Laguna de Tragadero en Época de Avenida

Figura 53

Muestreo en el P-1 (Pachascucho) en Época de Avenida



Nota. Toma de muestra para la evaluación de los parámetros “*insitu*” y su análisis en el laboratorio. Ubicación del S 11° 45.669’ -W 075° 32.558’

Figura 54

Muestreo en el P -2 (Tragadero) en Época de Avenida





Nota. Toma de muestra del P-2 para la medida de los parámetros “*insitu*” y su análisis en el laboratorio. Ubicación del S 11° 45.669' - W 075° 32.558'

Figura 55

Muestreo en el P-3(Muquillanqui) en Época de Avenida





Nota. Toma de muestra del P-3 para la medición de los parámetros “*insitu*” y su análisis en el laboratorio

Figura 56

Muestreo en el P-4(Chocón) en Época de Avenida



Nota. Toma de muestra del P-4 y medida de los parámetros “*insitu*”. Ubicación del S 11° 46.056' - W 075° 31.935'



Nota. Muestras envasadas y rotuladas del P-4.

Figura 57

Muestras de los 4 Puntos de Muestreo en época de Avenida.



Nota. Muestras de agua de los 4 puntos enviadas al laboratorio.

Anexo D. Vida acuática en el Humedal Laguna de Tragadero

Figura 58

Imágenes de Vida Acuática en el Humedal Laguna de Tragadero



Nota. Hábitat de las Parihuanas,



Nota. Hábitat de los yanavicos

ASESORIA Y CONSULTORIA “ANDY”

Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N° 21526. MsC. Ingeniería Química Ambiental MsC. En Didáctica Universitaria, Doctor en Ingeniería Química y Ambiental. Doctor en Educ

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA N° 05-2023-ACRQ

UBICACIÓN	:	DISTRITO DE MARCO, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNIN
PROYECTO	:	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA- 2022
TESISTA	:	Mg. EMILIA MISARI CHUQUIPOMA-UNDAC
P-0 CAPTACION PUNTO	:	P-0 / SALIDA DE LA POZA DE OXIDACION
FECHA DE MUESTREO	:	12/02/2023, HORA: 10:30 am
FECHA DE ANÁLISIS	:	Del 12/02/2023 al 18/02/2023
ANALISTA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
COORDENADAS UTM	:	S: 11°, 75, 19 W: 75°, 54, 42
ALTITUD	:	3497,1 msnm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE	:	18°C

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADOS	LMP
FÍSICO - QUÍMICOS			
Conductividad a 25 °C	µS/cm	726.0	1000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg /L	34,3	5
Fosfatos (P ₀₄)	mg /L	1,2	0,4
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	62,0	13,0
Oxígeno disuelto	%	7,2	≥ 6
	mg/L	0,50	≥ 5
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	8.4	6,5- 9,0
Sólidos disueltos totales	mg/L	363.0	500
Turbiedad	UNT	25,0	---
Temperatura	°C	15.0	Δ 3
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes termotolerantes (44°C)	NMP/100 mL	459,0	1000

LMP: Límite máximo permisible

mg /L: Miligramos por litro

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mL.

µS/cm: Micro siems por centímetro

UNT: Unidades nefelométricas de turbidez

INSTITUCIÓN NORMATIVA: Decreto Supremo No 004-2017-MINAM, CATEGORIA 4, EI LAGUNAS Y LAGOS

OBSERVACIONES

Huancayo, 20 de febrero del 2023.



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA N° 06-2023-ACRQ

UBICACIÓN	:	DISTRITO DE MARCO, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNIN
PROYECTO	:	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA- 2022
TESISTA	:	Mg. EMILIA MISARI CHUQUIPOMA-UNDAC
CAPTACION PUNTO P-01	:	P-1 / ENTRADA LAGUNA - PACHASCUCHO
FECHA DE MUESTREO	:	12/02/2023, HORA: 11:23 am
FECHA DE ANÁLISIS	:	Del 12/02/2023 al 18/02/2023
ANALISTA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
COORDENADAS UTM	:	S: 11°, 75, 09 W: 75°, 54, 29
ALTITUD	:	3495,7 msnm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE	:	22°C

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

ANÁLISIS	UNIDADE S	RESULT ADOS	LMP
FÍSICO - QUÍMICOS			
Conductividad a 25 °C	µS/cm	388.0	1500
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg /L	13,1	5

Fosfatos (P0 ₄)	mg/L	0,6	0,4
Nitratos (NO ₃)	mg/L	36,0	13,0
Oxígeno disuelto	%	9,6	≥ 6
	mg/L	1,07	≥ 5
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	8.55	6,5 - 9,0
Sólidos disueltos totales	mg/L	193.0	500
Turbiedad	UNT	18,0	---
Temperatura	°C	15.0	Δ 3
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes termotolerantes (44°C)	NMP/100 mL	210,0	20

LMP: Límite máximo permisible

mg /L: Miligramos por litro

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mL.

μS/cm: Micro siems por centímetro

UNT: Unidades nefelométricas de turbidez

INSTITUCIÓN NORMATIVA: Decreto Supremo No 004-2017-MINAM, CATEGORIA 4, EI LAGUNAS Y LAGOS

OBSERVACIONES



Huancayo, 20 de febrero del 2023.

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA N° 07-2023-ACRQ

UBICACIÓN	:	DISTRITO DE MARCO, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNIN
PROYECTO	:	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA- 2022
TESISTA	:	Mg. EMILIA MISARI CHUQUIPOMA-UNDAC
CAPTACION PUNTO P-02	:	P-2 / TRAGADERO
FECHA DE MUESTREO	:	12/02/2023, HORA: 12:20 pm
FECHA DE ANÁLISIS	:	Del 12/02/2023 al 18/02/2023
ANALISTA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO

UTM	COORDENADAS	:	S: 11°, 75, 04 W: 75°, 55, 04
	ALTITUD	:	3489,8 msnm
	TEMPERATURA DEL AMBIENTE	:	22°C

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADOS	LMP
FÍSICO - QUÍMICOS			
Conductividad a 25 °C	µS/cm	635.0	1500
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15,8	5
Fosfatos (P ₀₄)	mg/L	1.3	0,4
Nitratos (NO ₃)	mg/L	35,0	13,0
Oxígeno disuelto	%	0,75	≥ 6
	mg/L	0,70	≥ 5
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	7,76	6,5- 9,0
Sólidos disueltos totales	mg/L	317,0	500
Turbiedad	UNT	28,4	----
Temperatura	°C	17,62	Δ 3
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes termotolerantes (44°C)	NMP/100 mL	163,0	20

LMP: Límite máximo permisible

mg /L: Miligramos por litro

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mL.

µS/cm: Micro siems por centimetro

UNT: Unidades nefelométricas de turbidez

INSTITUCIÓN NORMATIVA: Decreto Supremo No 004-2017-MINAM, CATEGORIA 4, EL LAGUNAS Y LAGOS

OBSERVACIONES



Huancayo, 20 de febrero del 2023.

UBICACIÓN	:	DISTRITO DE MARCO, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNIN
PROYECTO	:	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA- 2022
TESISTA	:	Mg. EMILIA MISARI CHUQUIPOMA-UNDAC
P-03 CAPTACION PUNTO	:	P-3 /MUQUILLANQUI
FECHA DE MUESTREO	:	12/02/2023, HORA: 13:01 am
FECHA DE ANÁLISIS	:	Del 12/02/2023 al 18/02/2023
ANALISTA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
COORDENADAS UTM	:	S: 11°, 77, 01 W: 75°, 54, 21
ALTITUD	:	3474,0 msnm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE	:	21°C

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADOS	LMP
FÍSICO - QUÍMICOS			
Conductividad a 25 °C	µS/cm	753,0	1500
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg /L	12,2	5
Fosfatos (P ₀₄)	mg /L	1,1	0,4
Nitratos (NO ₃)	mg/L	39,0	13,0
Oxígeno disuelto	%	12,6	≥ 6
	mg/L	0,78	≥ 5
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	7,89	6,5- 9,0
Sólidos disueltos totales	mg/L	376,0	500
Turbiedad	UNT	20,5	----
Temperatura	°C	18,12	Δ 3
MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes termotolerantes (44°C)	NMP/100 mL	120,6	20

LMP: Límite máximo permisible

mg /L: Miligramos por litro

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mL.

µS/cm: Micro siems por centímetro

UNT: Unidades nefelométricas de turbidez

INSTITUCIÓN NORMATIVA: Decreto Supremo No 004-2017-MINAM, CATEGORIA 4, EI LAGUNAS Y LAGOS

OBSERVACIONES



Huancayo, 20 de febrero del 2023.

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA N° 09-2023-ACRO

UBICACIÓN	:	DISTRITO DE MARCO, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNIN
PROYECTO	:	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE TRAGADERO, CONTAMINADO POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA PROVINCIA DE JAUJA- 2022
TESISTA	:	Mg. EMILIA MISARI CHUQUIPOMA-UNDAC
CAPTACION PUNTO P-04	:	P-4 / CHOCON
FECHA DE MUESTREO	:	12/02/2023, HORA: 13:43 am
FECHA DE ANÁLISIS	:	Del 12/02/2023 al 18/02/2023
ANALISTA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	:	Ing. ANDRES CORCINO ROJAS QUINTO
COORDENADAS UTM	:	S: 11°, 76, 76 W: 75°, 53, 23
ALTITUD	:	3487,0 msnm
TEMPERATURA DEL AMBIENTE	:	19°C

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADOS	LMP
FÍSICO - QUÍMICOS			
Conductividad a 25 °C	µS/cm	369,0	1500
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg /L	18,4	5
Fosfatos (P ₀₄)	mg /L	1,4	0,4
Nitratos (NO ₃)	mg/L	33.1	13,0
Oxígeno disuelto	%	14,5	≥ 6
	mg/L	0,85	≥ 5
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	9,88	6,5- 9,0
Sólidos disueltos totales	mg/L	376,0	500
Turbidez	UNT	18,0	--
Temperatura	°C	20,99	Δ 3
MICROBIOLÓGICOS			

Coliformes termotolerantes (44°C)	NMP/100 mL	180,7	20
-----------------------------------	---------------	-------	----

LMP: Límite máximo permisible

mg /L: Miligramos por litro

NMP/100 mL: Número más probable en 100 mL.

µS/cm: Micro siems por centímetro

UNT: Unidades nefelométricas de turbidez

INSTITUCIÓN NORMATIVA: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, CATEGORIA 4, EI LAGUNAS Y LAGOS

OBSERVACIONES



Huancayo, 20 de febrero del 2023.