



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL CANAL HUATICA Y PROPUESTA DE
TRATAMIENTO CON FINES DE RIEGO EN ÁREAS RECREATIVAS DEL DISTRITO
DE MAGDALENA DEL MAR, 2021**

Línea de investigación:

Condiciones oceanográficas y su impacto en los recursos hídricos

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental

Autora:

Abad Velásquez, Yoselin

Asesor:

Vásquez Aranda, Ahuber Omar
(ORCID: 0000-0002-2873-6752)

Jurado:

Alva Velásquez, Miguel
Mendoza García, Jose Tomas
Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima - Perú

2023



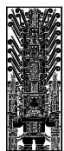
REPORTE DE ANÁLISIS DE SIMILITUD

Archivo:	1A_ABAD_VELASQUEZ_YOSELIN_TITULO_PROFESIONAL_2023
Fecha del análisis:	08/03/2023
Operador del programa informático:	Gamarra Jiménez, David Milton
Correo del operador del Programa informático:	dgamarra@unfv.edu.pe
Porcentaje:	8 %
Título	EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL CANAL HUATICA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO CON FINES DE RIEGO EN ÁREAS RECREATIVAS DEL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR, 2021
Asesor:	Vásquez Aranda, Ahuber Omar
Enlace:	https://secure.arkund.com/old/view/153175053-901054-372514#HYs7jIRBEATvMnYldf279iolA60AjcE6ayLuTg5GvledGfHn8fvz8fb1YJg+55XX6UooqZTSyihXWUzIC///F2pCTagJNaEm1ISaUM0u1IX66xbqQl2oC3WhLtsFatKiQb1qtYsjW7JcqTllypMmS1IQhzDCCd1JFNHEEJdYkjkU4GqWeRTQ55yaWoQxnIVFBjQWlqqEstTR/aaKeDTrpoIUNfehnmMMY4E0wyxTSj/jLL5R6ucZ0b3OQWt1n2sMY6G2yyI91vPD6fvz6eP5/v3z/efzzezpczeXzPHLesrjt//wE=



Mg. Braulio Armando Valdivia Orihuela

Jefe de la Oficina de Grados y Gestión del Egresado



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL CANAL HUATICA Y PROPUESTA DE
TRATAMIENTO CON FINES DE RIEGO EN ÁREAS RECREATIVAS DEL DISTRITO DE
MAGDALENA DEL MAR, 2021”

Línea de investigación:

Condiciones Oceanográficas y su Impacto en los Recursos Hídricos

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental

Autora:

Abad Velásquez, Yoselin

Asesor:

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

Jurado:

Alva Velásquez, Miguel

Mendoza García, Jose Tomas

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima – Perú

2023

Dedicatoria

A Dios, quien, en su infinito amor me da sabiduría y fuerzas para superarme y no darme por vencida en cada proyecto.

A Mis Padres, porque siempre han estado a mi lado inculcándome valores y comportamientos idóneos, pero en especial a mis madres Doris Velásquez y Matilde Cabrera, quienes son mi ejemplo de lucha y superación constante.

A mi amada Familia, por ser mi inspiración para alcanzar mis metas.

Agradecimiento

A mis docentes, quienes me impartieron en la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) sus enseñanzas, experiencias profesionales y motivaciones para lograr ser una líder. En especial al Ing. Ahuber Omar Vásquez Aranda y el Ing. Carlos Fernando Ballardo Reyes por su asesoría y motivación para la culminación de la tesis.

A mi familia, por su continuo apoyo y por creer en mí en todo momento para ser una correcta profesional.

A los directivos y compañeros de trabajo de la Municipalidad de Magdalena del Mar, quienes confiaron en mi como profesional, me dieron la oportunidad de ser parte de su equipo y me apoyaron para hacer posible la presente investigación.

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Descripción y Formulación del Problema.....	14
1.1.1. Descripción del Problema.....	14
1.1.2. Formulación del Problema.....	15
1.2. Antecedentes	16
1.2.1. Antecedentes Nacionales	16
1.2.2. Antecedentes Internacionales	20
1.3. Objetivos	23
1.3.1. Objetivo General.....	23
1.3.2. Objetivos Específicos	24
1.4. Justificación.....	24
1.5. Hipótesis.....	26
1.5.1. Hipótesis General	26
1.5.2. Hipótesis Especificas.....	26

II. MARCO TEÓRICO	28
2.1. Bases Teóricas.....	28
2.1.1 Calidad de Agua	28
2.1.2 Evaluación de la Calidad de Agua.....	28
2.1.3 Evaluación de la Calidad Microbiológica del Agua.....	29
2.1.6. Comisión de usuarios de Surco y Huatica.....	36
2.1.7. Agua de Riego	38
2.1.8. Calidad de agua para riego	38
2.1.9. Parámetros Microbiológicos.....	39
2.1.10 Estándares de calidad ambiental para el agua	40
2.1.11. Métodos de Tratamientos de Aguas	41
2.1.12. Sistema de Lodos Activados.....	43
2.2. Marco Conceptual	44
2.2.1. Agua.....	44
2.2.2. Características Bacteriológicas.....	44
2.2.3. Contaminación del agua	44
2.2.4. Helminto	45
2.2.5. Coliforme.....	45
2.2.6. Coliformes fecales.	45
2.2.7. Coliformes Termotolerantes.....	45

2.2.8. Escherichia coli.....	45
2.2.9. Coliformes totales.....	46
2.2.10. Efluente.....	46
2.2.11. Punto de monitoreo.....	46
2.2.12. Protocolo de monitoreo	46
2.2.13. Muestra de agua.....	46
2.2.14. Fuente contaminante puntual.....	47
2.3. Marco Legal	47
2.3.1. Constitución Política del Perú del año 1993.....	47
2.3.2. Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos	47
2.3.3. Ley General del Ambiente, Ley N.° 28611	48
2.3.5. D.S. 004-2017-MINAM referida a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA-Agua).....	49
2.3.6. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (RJ N° 010-2016-ANA).....	53
III. MÉTODO	55
3.1. Tipo de Investigación.....	55
3.2. Ámbito Temporal y Espacial.....	56
3.2.1. Ámbito temporal.....	56
3.2.2. Ámbito espacial	56

3.3. Variables.....	58
3.4. Población y Muestra.....	60
3.4.1. Población	60
3.4.2. Muestra	60
3.5. Instrumentos.....	60
3.5.1 Técnicas	60
3.5.2 Instrumentos	61
3.5.3 Equipos y Materiales	61
3.6. Procedimientos.....	61
3.6.1. Reconocimiento del área de estudio	61
3.6.2. Ubicación de las estaciones de monitoreo.....	63
3.6.3. Desarrollo del monitoreo de agua del canal Huatica.....	64
3.6.4. Determinación microbiológica del agua.....	65
3.6.5. Evaluación de la calidad microbiológica del agua	66
3.6.6. Formulación de propuesta para mejora del agua del canal Huatica	66
3.7. Análisis de Datos.....	66
3.8. Consideraciones Éticas.....	67
IV. RESULTADOS.....	68
4.1. Determinación de parámetros microbiológicos (coliformes totales, termotolerantes y huevos de helmintos).....	68

4.2. Comparación de Parámetros Microbiológicos con los ECAs	71
4.3. Propuesta de tratamiento para las aguas del Canal Huatica	77
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	81
VI. CONCLUSIONES	84
VII. RECOMENDACIONES.....	85
VIII. REFERENCIAS.....	86
IX. ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Usuarios de la comisión	37
Tabla 2 Clasificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales según el proceso u operación	43
Tabla 3 Estándares de calidad ambiental para agua - Categoría 3	51
Tabla 4 Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	54
Tabla 5 Ubicación geográfica en Coordenadas UTM.....	57
Tabla 6 Operacionalización de las Variables de investigación.....	59
Tabla 7 Ubicación de las estaciones de monitoreo	64
Tabla 8 Resultados del monitoreo del 24 de enero del 2020	68
Tabla 9 Resultados del monitoreo del 31 de enero de 2020	69
Tabla 10 Resultados del monitoreo del 07 de febrero del 2020.....	69
Tabla 11 Resultados del monitoreo del 29 de enero del 2021	70
Tabla 12 Resultados del monitoreo del 06 de febrero del 2021.....	70
Tabla 13 Resultados del monitoreo del 12 de febrero del 2021.....	71
Tabla 15 Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2020.....	71
Tabla 16 Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2020.....	72
Tabla 17 Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2020.....	73
Tabla 18 Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2021.....	74
Tabla 19 Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2021	75
Tabla 20 Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2021	76
Tabla 21 Dosis de Cloro para diferentes tipos de efluentes	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imagen satelital del Canal Huatica.....	57
Figura 2 Riego por inundación con aguas del canal Huatica.....	62
Figura 3 Residuos Sólidos encontrados en la limpieza del canal Huatica.....	62
Figura 4 Limpieza del canal Huatica	63
Figura 5 Imagen satelital de las estaciones de monitoreo de agua del canal Huatica.....	64
Figura 6 Esquema del Sistema de Tratamiento de Lodos Activados	80

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo realizar la evaluación microbiológica del agua del canal Huatica y proponer el tratamiento más adecuado con fines de riego en áreas recreativas en el distrito de Magdalena del Mar 2020 – 2021. Para ello, se realizó un análisis microbiológico al agua y se determinó coliformes totales, coliformes termotolerantes y huevos de helminto. Esta investigación es descriptiva cuantitativa porque únicamente pretenden recoger o valorar información de forma independiente acerca de las variables, mas no explicar cómo se relacionan entre ellas. Se ha obtenido como resultado que los valores de los parámetros microbiológicos correspondientes a coliformes termotolerantes superan los estándares de calidad ambiental para agua de riego con fines recreativos hasta en un millón de veces su valor límite establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, sin embargo, en lo que respecta al parámetro microbiológico de huevos de Helmintos, este si se encuentra por debajo del estándar. Para finalizar, se concluye que los parámetros microbiológicos incumplen el ECA Agua, Categoría N°3 con referencia al parámetro de coliformes fecal, por ende, la calidad del agua del canal Huatica simboliza un riesgo para toda persona o animal que tenga contacto con aguas del canal o áreas verdes regadas con las mismas, por lo que se propone realizar un tratamiento acorde a su calidad microbiológica que asegure su uso en la categoría correspondiente.

Palabras claves: huevos de helminto, coliformes totales, escherichia coli, coliformes termotolerantes, análisis microbiológico.

ABSTRACT

The objective of this research is to carry out the microbiological evaluation of the water from the Huatica canal and to propose the most appropriate treatment for irrigation purposes in recreational areas in the district of Magdalena del Mar 2020 - 2021. For this, a microbiological analysis of the water was carried out and total coliforms, thermotolerant coliforms were determined. and helminth eggs. Likewise, as part of the investigation, interviews were conducted with experts from the Municipality of Magdalena to identify proposals for improvement. This research is quantitative descriptive because it only intends to collect or assess information independently about the variables, but not to explain how they are related to each other. It has been obtained as a result that the values of the microbiological parameters corresponding to thermotolerant coliforms exceed the environmental quality standards for irrigation water for recreational purposes by up to a million times its limit value established in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM, however, regarding the microbiological parameter of Helminth eggs, this is below the standard. Finally, it is concluded that the microbiological parameters do not comply with the ECA of Water, Category 3 in the parameters of fecal or thermotolerant coliforms, therefore the water of the Huatica canal symbolizes a risk for any person or animal that has contact with water from the canal or green areas irrigated with them, so it is proposed to carry out a treatment according to their microbiological quality that ensures their use in the corresponding category.

Keywords: Helminth eggs, total coliforms, escherichia coli, thermotolerant coliforms, microbiological analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, el 80% de las aguas servidas vuelven al entorno sin pasar por algún proceso de tratamiento ni haber sido reutilizada, este accionar favorece a una situación donde alrededor de 1.800 millones de personas hacen uso de agua potable contaminada de materia fecal, el consumo de agua de mala calidad expone a la población a contraer enfermedades gastrointestinales (The United Nations World Water Development Report [UN WWDR], 2017). Por otro lado, si bien el agua utilizada para irrigar espacios verdes no necesita ser tratada a un estándar potable, es necesario controlar la presencia de bacterias coliformes en el agua, pues simboliza un riesgo para las personas y animales que tienen contacto directo en actividades recreativas.

Por otro lado, el país de Perú cuenta con un bajo alcance en la ejecución de tratamiento de aguas servidas, sólo se abarca el 32.7% a nivel nacional, lo que significa que 538 millones de m³ de agua residual son vertidos a un cuerpo receptor sin ningún tipo de tratamiento para mejorar la calidad. La Autoridad Administrativa del Agua Cañete efectuó un monitoreo en el río Rímac, cumpliendo con su función de control y cuidado de la calidad del agua, y manifestó que doce parámetros excedían los ECA. Este organismo precisó que los contaminantes identificados representan la carga más alta de contaminantes al año, y hacían referencia a los sólidos totales, DBO₅, DQO y nutrientes a nivel nacional (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2013).

El distrito de Magdalena no es ajeno posiblemente a la realidad del mundo y del Perú, esto se debe a que en el recorrido del canal Huatica desde el Agustino hasta su desembocadura en la playa Marbella – Magdalena del Mar, se arroja constantemente residuos sólidos al canal, se destruyen las tapas de concreto para comercializar los fierros y se realizan conexión de desagües

domiciliarios ilegales; además de la falta de acción de las municipalidades para empezar a involucrarse en la limpieza y mantenimiento del canal.

Por lo antes indicado, motivó el desarrollo del presente trabajo de investigación en el cual se plantea realizar una evaluación microbiológica al agua del canal Huatica en Magdalena del Mar, con una propuesta de tratamiento con fines de riego en áreas recreativas, de manera que se analice su calidad, en cumplimiento con los estándares de calidad ambiental para riego según el D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3.

1.1. Descripción y Formulación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

Hace muchos años en el margen izquierdo del río Rímac surgió el Canal Huatica, el cual fue de gran aporte económico y social para el desarrollo de la civilización durante varios periodos, entre ellos: el periodo prehispánico, colonial y republicano. Inclusive hasta el día de hoy el canal es un aporte para el desarrollo de las áreas verdes (Chuhue y Dalen, 2014). En la actualidad aún se siguen utilizando las aguas del canal Huatica para el regadío de parques y jardines de algunos distritos de la capital, sin embargo, su calidad se ha visto disminuida con relación a los años anteriores, asociado principalmente a vertimientos domésticos a lo largo de todo su recorrido, donde no se cuenta con un sistema de alcantarillado para el vertimiento de su efluente. Asimismo, debido a los procesos de infiltración del subsuelo ocurre una contaminación de las aguas subterráneas, y esto se convierte en un foco infeccioso atentando contra la salud de las personas, animales, flora y fauna de la zona (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

Bernex et al. (2015), declara que el futuro del Perú dependerá mucho del desarrollo de las ciudades, con el transcurrir de los años los ríos se transforman en vertederos, las viviendas son

instaladas en los conos de deyección y cauces, y a esto se le suma el despilfarro en exceso del recurso agua, lo cual refleja la escasa solidaridad y respaldo que existe entre nosotros y el ambiente.

Mientras parte de la población aledaña al canal Huatica no cuente con un sistema de alcantarillado donde se pueda verter sus efluentes domésticos, este seguirá siendo un cuerpo receptor de contaminación orgánica con presencia de microorganismos patógenos, en este sentido en la presente investigación se plantea realizar una evaluación microbiológica de la calidad del agua del canal Huatica con la finalidad de reusarlo para el regado de parques y jardines del distrito de Magdalena, previo a un tratamiento que asegure la remoción de los patógenos presentes.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1 Problema General.

- ¿De qué manera una evaluación microbiológica de las aguas del canal Huatica y una propuesta de tratamiento permitirá su reúso con fines de riego en áreas recreativas del distrito de Magdalena del Mar?

1.1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los niveles de Coliformes Termotolerantes con relación a los Estándares de Calidad Ambiental para riego de áreas recreativas en el distrito de Magdalena del Mar?
- ¿Cuáles son los niveles de Coliformes Totales con relación a los Estándares de Calidad Ambiental para riego de áreas recreativas en el distrito de Magdalena del Mar?
- ¿Cuáles son los niveles de Huevos de Helminto con relación a los Estándares de Calidad Ambiental para riego de áreas recreativas en el distrito de Magdalena del Mar?
- ¿Cuál es la propuesta de tratamiento que mejore la calidad microbiológica del agua del canal Huatica, con fines de riego en áreas recreativas en el distrito de Magdalena del Mar?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Nacionales

Calderón (2019), en su estudio que realizó sobre: “*Evaluación Microbiológica del Agua de Riego en épocas de estiaje en Carquín Chico, Distrito de Hualmay – 2018*”, planteó como objetivo: Evaluar de manera microbiológica el agua de riego en épocas de estiaje en Carquín Chico, distrito de Hualmay, 2018. En cuanto a la metodología que se utilizó en la investigación se procedió a realizar monitoreos para analizar coliformes fecales y escherichia coli contenidos en el agua; obteniéndose como resultados para los estudios microbiológicos de coliformes termotolerantes una tendencia progresiva desde 2600 a 3600 NMP/100 ml, y una media de 3125 NMP/100 ml, mientras que para el estudio microbiológico de Escherichia coli resulta de 50 a 210 ucf/100 ml, con una media de 122,5 ucf/100 ml. Llegando a la conclusión que la presencia de coliformes Termotolerantes en el agua es relevante y excede el estándar de 1000 NMP/100 ml permitido para el riego de parques y jardines; mientras que los resultados de escherichia coli no superan el límite permitido por el ECA en el agua de regadío.

Quispe (2018), en su investigación que realizó sobre: “*Gestión del Agua para Riego de Áreas Verdes en el Distrito de Pueblo Libre, Lima, Perú*”, planteó proponer opciones de manejo de agua para el riego del área verde del distrito de Pueblo Libre. En su investigación procedió a analizar la gestión hasta fines del año 2017, en la cual se aplicó un par de metodologías: La 1era herramienta se basó en caracterizar de manera cualitativa el agua de riego a través de análisis exploratorios para determinar sus características y la siguiente se trató de aplicar el Enfoque Ecosistémico por medio de una auditoría, este proceso implicó revisar el cumplimiento de los principios de la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH). Obteniendo como resultado que, a través del análisis cualitativo, la alta concentración de coliformes fecales y E. Coli sobrepasa los

estándares, lo que evidencia la escasa calidad del agua destinada al riego en el distrito y genera un riesgo en la salud de la población; por otra parte, la auditoría de Enfoque Ecosistémico logró evidenciar la deficiencia en el manejo del agua para riego de parques y jardines y la escasa ejecución de la GIRH en Pueblo Libre. La estación P1 está ubicada antes de la planta de tratamiento y la estación P2 se encuentra unos metros más allá del tratamiento preliminar, en ambos puntos la cantidad de coliformes Termotolerantes sobrepasan los valores dados por el ECA. P1 contiene 3500 NMP/100 ml (antes del tratamiento), y P2 tiene una concentración de coliformes fecales de 54 000 NMP/100 ml (después del tratamiento preliminar). Concluyéndose que los procedimientos que se realizan en la planta de tratamiento al agua del canal Huatica no es significativa, dado que la cantidad de microorganismos es mayor aguas abajo.

López et al. (2005) en su artículo científico sobre: “Contaminación de los parques públicos de los distritos de Lima Oeste con huevos de *Toxocara sp*”, plantearon como objetivo: determinar el nivel de contaminación con huevos de *Toxocara sp*. en los parques de acceso público de Lima Oeste. Dentro de la metodología empleada en esta investigación se procedió a tomar muestras de tierra y césped de 123 parques en los distritos de: La Victoria, Breña, Cercado de Lima, Jesús María, San Miguel, Magdalena del Mar, San Borja, Lince, Miraflores, San Isidro, Surquillo, Pueblo Libre y San Luis. Obteniéndose como resultado que 78 de los 123 parque evaluados dieron positivo a la presencia de huevos de *Toxocara sp*. Concluyéndose que las áreas verdes que se encuentran en las zonas con superior nivel socioeconómico tienen mayor grado de contaminación que aquellos que están ubicados en distritos con bajo nivel económico (69.2% para nivel alto, 66.6 % medio alto, 50.5 % medio, 50.0 medio bajo y 33.3 % bajo).

Meza (2016), en la investigación que realizó sobre: “Calidad del recurso hídrico de la subcuenca del río lampa-Huancayo”, planteo como objetivo general: evaluar la calidad del recurso

hídrico. Dentro de la metodología empleada, esta investigación se realizó a unos 2050 a 4510 m.s.n.m. en los periodos de lluvia (enero) y estiaje (agosto) en el año 2015, en la subcuenca del río Lampa, ubicada en el distrito de Pariahuanca - Huancayo, se procedió a usar el protocolo de monitoreo de aguas superficiales del ANA, el cual establece los parámetros bioquímicos y físicos: SST, pH, temperatura, DBO, DQO, OD, parámetros microbiológicos; tomándose como muestra 7 localidades (Occoro, Yuracyacu, Cabracancha, Palta Rumi, Panti, Pariahuanca, San Balvin), y consideró 3 puntos de fuentes subterráneas (Colquirumi, Chonta, Carahuasa). Los resultados conseguidos fueron contrastados con los ECA, obteniéndose que el valor del DBO supera el ECA en 23.35 (mG/L) en la localidad de Occor, asimismo, los sólidos suspendidos totales exceden los parámetros y en gran parte de las localidades, la demanda química de oxígeno tiene ECA categoría 1 A2: 20 (mG/L) que es destinada a la producción de agua potable con tratamiento convencional). Concluyéndose que los parámetros evaluados, de acuerdo con la D.S. N°002 – 2008- MINAM ECA, tienen una calidad media de agua para categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales.

Mayca (2019), en su investigación: “Calidad de agua del río Rímac sector Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima”, planteó determinar la calidad de agua del Río Rímac en el Distrito de Chicla, y su cumplimiento de acuerdo con lo establecido en el ECA. Dentro de la metodología empleada en esta investigación se procedió a analizar la información de los años comprendidos entre el 2010 al 2018, se evaluó los datos de los monitoreos desarrollados dentro del programa de vigilancia de la calidad del recurso hídrico de la DIGESA, DGCRH, ANA, OEFA y por SEDAPAL; asimismo se realizó 1 monitoreo de la calidad del agua del río Rímac en época de estiaje (2019) y para identificar la calidad del agua se analizó: elementos físico-químicos (OD, pH, DBO, DQO, conductividad, O, temperatura y ST), elementos microbiológicos (Coliformes Totales y Termotolerantes) y metálicos que altera su estructura, al igual que algunas fuentes con

elementos externos que originan la contaminación del agua. En la parte aledaña de la zona de estudio se ejecutan actividades de ganadería, minería, agricultura y comercio, las cuales impactan de forma desfavorable en la calidad del agua del río Rímac, esto se produce a raíz de las descargas de agua residual y la disposición de residuos sólidos en el cuerpo receptor. Finalmente, los resultados conseguidos se compararon con los ECA, concluyéndose que el agua posee concentraciones que superan los estándares, en parámetros como: DQO, AS, Cd, Fe, Pb, Al, Mn, Sb, Coliformes Termotolerantes, con un máximo valor de 23000 NMP/100ML y Coliformes Totales con un máximo de 16000 NMP/100ML, ambos en época de estiaje; frente a lo mencionado se llega a concluir que el agua se encuentra con contaminación fecal en gran porcentaje de materia orgánica.

Colonia (2015), en su investigación que realizado sobre “Calidad del agua para riego en la microcuenca de la quebrada Ampu – en el CP de Maya- Carhuaz – 2015”, planteó como objetivo: Caracterizar la calidad de agua que discurre a través de la quebrada Ampu y que es empleada para diferentes cultivos agrícolas. Dentro de la metodología empleada en esta investigación se aplicó 4 métodos de análisis y se establecieron 15 puntos de monitoreo a lo largo de la quebrada que van de las cotas del terreno de 2713 hasta 3672 msnm. Los 4 métodos de análisis mostraron como resultado los parámetros de metales pesados, bioquímicos, físicos y químicos. Concluyéndose que estos parámetros se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECA), según el D.S. N°002-2008, excepto del CO₃, del cual su valor tiene una diferencia de 7.68 meq/lit a 16.8 meq/lit, y corresponde a las muestras M - 06 hasta M- 15.

Atencio (2018), “Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, distrito de Simón Bolívar, provincia y Región Pasco - 2018”, planteó como objetivo: realizar el análisis físico, químico y biológico del

agua de consumo humano y la percepción local de la población. En esta investigación se parte que el estudio fue elaborado en la localidad de San Antonio de Rancas, distrito de Simón Bolívar; para ello se tomó como referencia el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano y los ECA Categoría 3. Así mismo se procedió a tomar 2 puntos donde se muestreó el agua de reservorio y el agua de la pileta de una vivienda, en cada caso se recogió tres muestras para su respectivo análisis, mientras que, para la indagación de opinión de la calidad del agua por percepción, se encuestó a la población de San Antonio de Rancas. Concluyéndose que la calidad del agua del lugar incumple con los niveles aceptables de los parámetros de coliformes (fecales y totales) de acuerdo con lo indicado en el D.S N°031-2010-SA por lo cual no es aceptada para consumo, además, los resultados de las encuestas indicaron que la población está conforme con la demanda de agua con la que cuentan, no obstante, desconocen la calidad.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

Acosta y Salvador (2017), en su estudio que realizaron sobre: “Evaluación de la calidad de agua para riego mediante el empleo de criterios actualizados”, plantearon como objetivo general: Determinar y comparar las normas e índices que diferentes criterios hacen uso para evaluar la calidad de diecisiete muestras de agua monitoreadas en la Provincia de La Pampa y tres muestras descendientes de Esquel (Chubut). Dentro de la metodología empleada en esta investigación se procedió a clasificar las muestras mediante las Normas de calidad de Riverside, FAO, IPG-INTA, Wilcox y H. Greene. Concluyéndose que las muestras de agua monitoreadas son en su mayoría de calidad aceptable (apta) para su utilización en el riego de los cultivos.

Pavón y Rocha (2015), en su estudio que realizaron sobre: “Cuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológico 2010-2011”, plantearon como objetivo general: evaluar la calidad del agua de la subcuenca del Río La Trinidad, a través de indicadores físico- químicos,

bacteriológicos y biológicos con la finalidad de obtener información base. Dentro de la metodología utilizada en esta investigación se analizó la calidad del agua superficial haciendo uso del método Biological Monitoring Working Party BMWP/Col para determinar la presencia de organismos microbiológicos en un periodo de tiempo entre julio (2010) y abril (2011). Obteniéndose como resultado que el río se ha clasificado en dos tipos: La Clase II, que se encuentra ligeramente contaminada y la clase III que es dudosamente contaminada, esto depende de las actividades agrarias que se ejecuten. Asimismo, resultados del estudio microbiológico indicó la presencia de coliformes fecales y totales altos (+ 1,200 NMP/100 ml), por consiguiente, el agua no es apta para uso doméstico ni para consumir. La relación en la parte alta en relación con el DBO5/DQO es de 0.01 mg/l, en el centro es de 0.14 mg/l y en la parte final de 0.02 mg/l, lo cual indica que en todo el recorrido de la cuenca se realizan vertimientos inorgánicos que es difícil de depurar. Finalmente se llegó a la conclusión que los métodos físico-químicos y biológicos no son procesos principales para la evaluación de la calidad del agua, pero si sirven como complementarios debido a que las presencias de algunos microorganismos tienen relación con estos parámetros.

Mera y Vásquez (2017), en su investigación que realizaron sobre: “Determinación de las características del agua para riego en el sistema de conducción, Santa Ana”, plantaron como objetivo: Determinar la calidad de agua para riego a través de un análisis espectrofotométrico dentro de los canales primarios de la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, Manabí. Dentro de la metodología trabajada en esta investigación se estableció tres puntos estratégicos, uno en la represa Poza Honda (fuente principal) y dos en la Parroquia Lodana (canal de conducción). Seguidamente, se hizo uso de espectrofotómetro para desarrollar el análisis físico y químico y análisis microbiológicos para determinación de coliformes. Los resultados arrojaron que el pH se encuentra

entre 6.69 y 8.03, en conductividad, salinidad y dureza, los valores son inferiores a los establecidos por la FAO 1987, al igual que para los resultados de coliformes totales (Max 1600 NMP/100ml) y fecales (Max 540 NMP/100ml). Concluyéndose que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua no significan un riesgo para regar los cultivos y son aceptables según la FAO 1987.

Valles et al. (2017), en su artículo científico sobre: “Calidad del agua para riego en una zona Nogalera del estado de Chihuahua”, plantearon como objetivo: Estudiar la composición química del agua de riego en el territorio Nogalera del Sur Chihuahua y comparar los resultados con la normativa mexicana. Dentro de la metodología se procedió a realizar un muestreo, para eso se seleccionó diez huertas y se analizó la calidad del agua en cada pozo. Se cuantificó la presencia de fierro, manganeso, zinc, cloruros, cobre, boro, plomo, arsénico, cadmio, níquel, sodio, nitratos, dureza, disueltos totales, alcalinidad, conductividad eléctrica, absorción de sodio y nivel de pH. Obteniéndose como resultados que en la mayoría de los parámetros la concentración es menor que la indicada en la normativa mexicana para consumo humano y para uso en cultivos (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2013). Concluyéndose que el agua para el riego de cultivos pecaneros tiene buena composición, pero se debe hacer un seguimiento a los parámetros de plomo, níquel, arsénico, boro y sólidos disueltos totales a fin de evitar el incremento de sus niveles.

Quintero (2019), en su artículo científico sobre: “Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco”, planteó como objetivo: Evaluar la calidad y cantidad de agua para el riego de un cultivo sustentable de quinua en la quebrada Togllahuayco, parroquia Guangopolo, Ecuador. Dentro de la metodología empleada en esta investigación se procedió a recoger muestras de agua con la finalidad de cuantificar la concentración de Na, Ca, K, Mg, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y la conductividad eléctrica;

empleándose el método de Pearson entre la conductividad eléctrica y RAS hallándose una relación entre variables. Se determinó el índice de relación de adsorción de sodio (RAS) el cual fue de 3,94 meq/L y la CE de 324 uS/cm. Concluyéndose que las características del agua destinadas al riego de la quebrada Toglhuayco pertenece a la codificación C2S1, lo que significa que tiene un nivel bajo de peligrosidad en sales y nivel medio de peligrosidad en sodio, esto hace que el agua sea útil para los cultivos y no sea nocivo en el tiempo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la calidad microbiológica de las aguas del canal Huatica y proponer un tratamiento con fines de riego en áreas recreativas del distrito de Magdalena del Mar.

1.3.2. Objetivos Específicos

1.3.2.1. Objetivo Específico 1.

Comparar los niveles de Coliformes Termotolerantes del canal Huatica con los Estándares de Calidad Ambiental para riego de áreas recreativas, en el distrito de Magdalena del Mar.

1.3.2.2. Objetivo Específico 2.

Comparar los niveles de Coliformes Totales del canal Huatica con los Estándares de Calidad Ambiental para riego de áreas recreativas, en el distrito de Magdalena del Mar.

1.3.2.3. Objetivo Específico 3.

Comparar los niveles de Huevos de helmintos del canal Huatica con los Estándares de Calidad Ambiental para riego de áreas recreativas, en el distrito de Magdalena del Mar.

1.3.2.4. Objetivo Específico 4.

Proponer una alternativa de tratamiento que mejore la calidad microbiológica del canal Huatica, con fines de riego en áreas recreativas, en el distrito de Magdalena del Mar.

1.4. Justificación

Justificación teórica, Arias Odón (2012); Baena (2017); Méndez (2011); Ñaupas Paitán et al., (2014), indican que una justificación teórica tiene inicio en la necesidad del investigador de buscar en las bases teóricas la explicación a algún problema a tratar, con la finalidad de incrementar la información de una línea de investigación. Fernández et al. (2014); Bernal (2010); Pyrczak (2014); Salinas y Cárdenas (2009), manifiestan que cuando existe un área en el campo científico que no tiene explicación, surge la necesidad de direccionar el conocimiento hacia ella con la justificación teórica que permitirá llenar ese vacío de manera parcial o total. De acuerdo con lo indicado anteriormente, la presente investigación no pretende innovar nuevas teorías de la variable de estudio, sin embargo, se evaluará la calidad microbiológica del agua del Canal Huatica, con

finés de riego en áreas recreativas, en el distrito de Magdalena del Mar, la cual tiene mucha significancia para la salud pública y el bienestar ciudadano.

Justificación práctica, Bernal (2010); Blanco y Villalpando (2012), indican que una investigación es justificada de manera práctica cuando su desarrollo, aporta en la solución de algún problema o plantea estrategias que al ejecutarse ayudarán a resolverlo. Asimismo, Arias Odón (2012); Baena (2017); Hernández et al. (2014); Salinas y Cárdenas (2009), dan a conocer que los estudios con justificación práctica pueden fundar contribuciones prácticas directas o indirectas concernientes al problema estudiado. Por lo general, según Bernal (2010), los estudios de investigación realizados por universitarios tienen la característica de ser de nivel práctico.

Por lo cual, la presente investigación tendrá justificación práctica porque permitirá identificar la cantidad de contaminantes microbiológicos existentes en el agua del Canal Huatica durante el año 2021 - 2022, con fines de riego en áreas recreativas. De los resultados que aporte la investigación se podrá evidenciar la calidad microbiológica del agua y plantear una propuesta de mejora de la calidad del agua que conlleve a garantizar el correcto uso de los recursos en favor de la ciudadanía.

Justificación metodológica, Bernal (2010); Blanco y Villalpando (2012), explican que cuando una investigación se desarrolla y aporta o formula un nuevo método o genera una estrategia que contribuye en la obtención de un nuevo conocimiento verídico, confiable o legítimo, se justifica metodológicamente. Asimismo, Fernández et al. (2014); Méndez Álvarez (2011); Ñaupas Paitán et al. (2014), brindan una definición más consolidada, en la cual manifiestan que una investigación es justificada metodológicamente cuando esta brinda una herramienta metodológica que recolecte o analice data, igualmente, es aceptado cuando en la investigación se

plantee una metodología que contenga diversas formas de estudiar a una población o experimentar con una o más variables.

En tal sentido, la presente investigación no se justifica metodológicamente, no obstante, los resultados de la investigación podrán ser utilizados principalmente por los decisores de la Municipalidad de Magdalena del Mar, la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Rímac, otros gobiernos locales e instituciones gubernamentales o privadas interesadas en el medio ambiente y la salud; para proponer diversas metodologías o estrategias que permitan mejorar la calidad del agua del Canal Huatica.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

- Una evaluación microbiológica de la calidad del agua en el canal Huatica permitirá proponer un sistema de tratamiento para ser utilizado con fines de riego en áreas recreativas del distrito de Magdalena del Mar.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Los niveles de Coliformes Termotolerantes se encuentran fuera de los Estándares de Calidad Ambiental en el agua del canal Huatica para ser usado con fines de riego en áreas recreativas en el distrito de Magdalena del Mar.

- Los niveles de Coliformes Totales se encuentran fuera de los Estándares de Calidad Ambiental en el agua del canal Huatica para ser usado con fines de riego en áreas recreativas en el distrito de Magdalena del Mar.

- Los niveles de Huevos de Helmintos se encuentran fuera de los Estándares de Calidad Ambiental en el agua del canal Huatica para ser usado con fines de riego en áreas recreativas en el distrito de Magdalena del Mar.

- Una propuesta de tratamiento acorde a la calidad microbiológica mejorará la calidad de agua del canal Huatica, con fines de riego en áreas recreativas, en el distrito de Magdalena del Mar.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

2.1.1 *Calidad de Agua*

La calidad del agua se define de acuerdo al uso. La Directiva Marco de las Aguas define este término haciendo referencia a las condiciones o cualidades que debe tener el agua a fin de mantener un equilibrio en el ecosistema y la misma cuenta con determinadas características (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2000).

Es preciso señalar que, este término se emplea al hacer la comparación de las características físicas y química de una muestra de agua con unos estándares. Estas directrices se establecen con la finalidad de asegurar un abastecimiento de agua libre de microorganismos, saludable y apta para el consumo, a fin de velar por la salud de la población. Estos estándares tienen su fundamento en ciertos niveles de toxicidad científicamente aceptados para los organismos del mar y para los humanos (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2014).

Los seres vivos requieren agua de óptima calidad para su supervivencia, por lo cual se debe tener en cuenta que el agua propiamente tiene contaminantes naturales como: virus, bacterias y otras formas de vida; minerales disueltos y sólidos orgánicos e inorgánicos suspendidos.

2.1.2 *Evaluación de la Calidad de Agua*

La verificación de la calidad del agua se logra mediante el uso de programas de monitoreo y en concordancia con los parámetros solicitados para su uso. Todos los parámetros evaluados en el monitoreo dependen del uso final del agua. (Romeu, 2012)

- **Parámetros organolépticos:** Coloración, turbiedad, sabor.

- **Parámetros físicos:** Conductividad, sólidos suspendidos no sedimentables, temperatura, Sólidos suspendidos sedimentables, sólidos totales y sólidos filtrables coloidales o disueltos.
- **Parámetros químicos:** Alcalinidad, pH, dureza, demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), materia orgánica, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), carbono orgánico total (COT), acidez, nutrientes (N, P) y otros compuestos como metales pesados, aniones, cationes, sustancias indeseables y sustancias tóxicas. (Costa Rodríguez, 2021)
- **Parámetros microbiológicos:** Dentro de este parámetro encontramos a las bacterias coliformes totales, enterococos fecales, bacterias termotolerantes, bacterias heterótrofas mesófilas, *Vibrio*, *Salmonella*, Hongos dermatofitos, *Legionella* y microalgas epibióticas tóxicas. (Costa, 2021)

2.1.3 Evaluación de la Calidad Microbiológica del Agua

Aquellos organismos que se asientan en todas partes y en mayor cantidad de población, son las bacterias, por lo cual, el agua no es la excepción, el agua puede contener microorganismos o bacterias que se pueden determinar a través de pruebas microbiológicas, análisis físicos o químicos, pruebas bacteriológicas, entre otras. Por eso es importante realizar una evaluación al agua con la finalidad de identificar dichos contaminantes.

2.1.3.1 Indicadores fecales (microorganismos). Es aquel ser vivo que presenta una conducta parecida a los agentes patógenos que se encuentran en concentraciones de agua y reaccionan con el ambiente, sin embargo, identificarlos no es difícil y requiere un costo económico su tipificación. Cuando en una muestra de agua se identifica indicadores de contaminación fecal, se logra inferir que otros patógenos se encuentran presentes y se podrá determinar su conducta

frente a diferentes componentes como: temperatura, pH, presencia de nutrientes, tiempo de retención hídrica y otros. (Larrea et al., 2013)

- a. **Coliformes totales:** Son bacterias Gram negativas que tienen forma de bacilos, los cuales fermentan la lactosa a una temperatura de 35 a 37 ° C y logran producir ácido y gas (CO₂) en un tiempo de 24 h, del tipo aerobias o anaerobias facultativas, es oxidasa negativa, no forma esporas y presenta actividad enzimática β-galactosidasa. Dentro de los coliformes totales tenemos: Klebsiella, Escherichia coli, Enterobacter, y Citrobacter.

En la identificación de coliformes, se hace uso de la prueba más notablemente utilizada, hidrólisis de la lactosa, el cual es catalizado por la enzima β-D-galactosidasa, a través del uso del Agar Chromocult para coliformes. (Larrea et al., 2013)

- b. **Coliformes Termotolerantes:** Este grupo se define por fermentar la lactosa entre una temperatura de 44 y 45 °C, y tener la capacidad de desarrollarse junto a sales biliares, dentro de este grupo destaca en su mayoría la especie del género Escherichia y en menor grado, la especie Enterobacter, Proteus, Citrobacter y Klebsiella.

Los Coliformes fecales tienen una distribución similar a la de una bacteria usual como la Escherichia coli y se trasfiere por el excremento.

El género Escherichia coli, se distingue con facilidad de otros grupos de coliformes fecales por su ausencia de ureasa o por la presencia de β-glucuronidasa, por lo cual, muchos autores proponen usar especialmente a la E. coli como indicador fecal. (Costa, 2021)

- c. **Escherichia Coli:** Pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa y se encuentra en la microbiota estándar del intestino del ser humano y de los animales homeotermos, esta bacteria es la más abundante de las bacterias anaerobias facultativas intestinales. De manera diaria, se elimina junto con las

heces (entre 108-109 Unidades Formadoras de Colonias (UFC).g-1 de heces) y debido a sus características, es el principal indicador de contaminación fecal y con mayor utilidad en los últimos años. (Larrea et al., 2009)

La característica más resaltante de la *Escherichia coli* es que no es capaz de producir oxidasa ni hidrolizar la urea, asimismo, puede lograr un tamaño de 1 a 3 micras de longitud y tiene la capacidad de movilizarse a través de flagelos peritricos o no móviles. (Costa, 2021)

Asimismo, cabe precisar que la *Escherichia coli* es un excelente indicador de contaminación fecal, puesto que dentro de su especie se han definido grupos patógenos con la capacidad de causar enfermedades intestinales y extraintestinales en el ser humano y animales. (Romeu, 2012)

2.1.4 Técnicas de Análisis Microbiológico de Aguas

2.1.4.1 Número más Probable NMP. Es una técnica o método en el que se va a calcular la probable cantidad de coliformes existentes en una muestra de agua a través del uso tubos de ensayo con resultado positivo, cuando la fermentación en los tubos sea positiva se va a comparar con una tabla de NMP para determinar un valor y expresarlo en las mismas unidades cada 100 ml de agua, cabe indicar que este método tiene un nivel de confianza al 95%. (Hernández, 2003)

- a. Conteo directo:** Se realiza a través de un microscopio o una cámara de conteo petroffHauser. Teniendo en cuenta que se conoce la profundidad, a cada cuadro de la cámara en una celda de conteo le pertenece un volumen específico, considerando que la profundidad es conocida, y como no es posible diferenciar células vivas de muertas, el ensayo resulta de un sumatoria en general. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

- b. Cultivo en placas:** Es un método utilizado para el conteo de bacterias, el sembrado, y la tipificación, el cual consiste en el vertido y el esparcido en placas. El método de vertido en placas radica en que la muestra de agua que se analizará se debe someter a constantes diluciones, luego se toma una parte de cada dilución y es ubicada en una placa con la finalidad de realizar el sembrado de bacterias; por otro lado, a una parte del medio de cultivo se le lleva a altas temperaturas hasta que pase a un estado líquido y pueda ser vertida en una placa a fin de mezclarse con una dilución, con la finalidad de conservarlo para una próxima incubación en escenarios controlados. Al término del tiempo de incubación calculado se retira la placa Petri de la estufa y se realiza el conteo de las colonias crecidas, la unidad de medida de las colonias aparecidas se expresa en Unidades Formadoras de Colonia UFC, por cada 100 ml de agua. (Crites y Tchobanoglous, 2000)
- c. Filtro de membrana:** En esta técnica de análisis microbiológico una porción de volumen de agua pasa por un tamizaje, atravesando un filtro de membrana de poros pequeños, de manera que las bacterias serán retenidas en el filtro, puesto que tienen mayor tamaño. Luego el filtro con las bacterias son puestas en contacto con el agar que ayuda al crecimiento de estas, de manera que luego de la incubación se pueda determinar el número de la concentración de las bacterias en la muestra de agua original, se debe considerar que los filtros son colocados en su medio de cultivo específico para lo que se quiere hallar, coliformes totales, coliformes fecales o microorganismos mesofílicos. (Crites y Tchobanoglous, 2000)
- d. Fermentación en tubos múltiples:** El método de fermentación de tubos múltiples establece el principio de disolver e incluso extinguir. La concentración de bacterias coliformes totales se cuantifican a través de la unidad de medida como número más

probable por 100 NMP/100 ml, al mismo tiempo, la determinación del NMP radica en la aplicación de la distribución de Poisson para valores excesivos que son encontrados en el análisis del número de resultados positivos y negativos, obtenidos de los ensayos de diversas fracciones de la muestra de agua que contengan volúmenes equivalentes y en fracciones que formen series geométricas. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

2.1.5 Canal Surco y Huatica

Los canales que derivan del canal Surco y Huatica han sido utilizados por culturas como: Ishma, Wari, Inca y Lima. El canal más caudaloso del valle fue el canal Surco, el cual llegó a tener hasta 10 m³/s; por esta razón hasta se le consideraba un río. Luego, a la venida de los españoles, estos se dieron cuenta que el sistema contaba con cuatro canales principales, los cuales eran: Canal Ate, Surco, Huatica y Magdalena, los cuales tenían hasta una amplitud de 4 metros, por consiguiente, se les consideró río. Sin embargo, a causa de que la urbe se ha expandido con los años, gran cantidad de canales se han transformado en conexiones en desagüe. (Quispe, 2018)

2.1.5.1. Ruta de los canales. El canal Huatica es exclusivo de la cuna prehispánica que atraviesa el actual Centro Histórico, principalmente en la zona de Barrios Altos. Por ello, esta zona ha sido la más intervenida y modificada. En el tiempo del Virreinato se descubrió la toma inicial en Coscaya, más conocido como Santa Rosa, el cual se encuentra en el lado izquierdo del río Rímac y colinda con la Atarjea. Actualmente, la bocatoma se encuentra situada a varios metros más allá dirigida el oeste, dentro de la ciudad de Lima, hoy jurisdicción de El Agustino. (Lizarzaburu, 2018)

a. Distrito de El Agustino:

La bocatoma en donde se inicia el canal se encuentra situada en la intersección de la calle Mar Rojo y Jordan, dentro del asentamiento humano Canaán, cerca de La Atarjea. Es ahí donde comienza su trayectoria, en orientación al suroeste dirigiéndose al centro de Lima. Luego, el canal traspasa la Vía de Evitamiento e ingresa a la avenida Los Jardines, después pasa por la avenida Las Begonias, atravesando la avenida José Carlos Mariátegui y se extiende de forma paralela a la avenida Ferrocarril, junto al ex Cuartel La Pólvara. (Lizarzaburu, 2018)

a) Lima Cercado y Barrios Altos

Luego de pasar por el distrito del Agustino, el canal cruza la sección norte del Cementerio Presbítero Maestro y se instala en la sección conocida como la Huerta Perdida, para proseguir con su recorrido por el Jr. Amazonas. El canal se dividió en dos, justo a partir de la esquina de Amazonas con Maynas, esto sucedió hasta la primera mitad del siglo XX, en ese tiempo un brazo se dirigía al sureste, hasta la hoy avenida Javier Prado, y el otro brazo se abría camino hasta el Jr. Huánuco. (Lizarzaburu, 2018)

El canal principal aún pasa por el Jirón Huánuco, en el sector de Barrios Altos, en donde existía un pretérito molino de Santa Clara y un convento, cerca de la Quinta Heeren. (Lizarzaburu, 2018)

Un brazo inactivo del canal tenía una curva prominente y esta se direccionaba al oeste por el jirón Jauja en orientación a la Casa de la Moneda. Este brazo iba después al Mercado Central y resurgía por el jirón Ucayali, para regresar al jirón Andahuaylas hasta el empalme con jirón Cusco, lugar donde se dividía en dos: un brazo directo por Mesa Redonda y el otro transcurría por Andahuaylas. (Lizarzaburu, 2018)

Varias conexiones secundarias salían del Huatica con dirección al oeste y regaban las añejas haciendas de Chacra Colorada, Breña, Santa Beatriz y el Parque de la Exposición.

Hoy en día, el canal discurre por el Jr. Huánuco, atraviesa Junín, y sigue por el Jr. Lucanas hasta la Av. Grau. Es ahí donde dobla en otra dirección y prolonga su recorrido por debajo de la avenida hasta la Plaza Grau. (Lizarzaburu, 2018)

b) Distrito de La Victoria

Dentro del distrito de la Victoria, se desplaza por debajo de la Plaza Grau hasta el lado este de la Vía Expresa. (Lizarzaburu, 2018)

c) Distrito de Lima Cercado

Cruza la Vía Expresa justo en frente del Estadio Nacional y entra cerca al Jr. Madre de Dios, irrigando el Parque de la Reserva o Circuito Mágico del Agua. Luego cruza la avenida Arequipa. Años pasados con las aguas de este canal se procedía a regar las áreas verdes de la residencia del embajador de Estados Unidos. (Lizarzaburu, 2018)

d) Distrito de Jesús María

El canal avanza por la calle Larrabure y Unanue, Máximo Abril, Pablo Bermúdez y Francisco de Zela. Luego se encuentra con el Jardín Botánico de Plantas Medicinales, ubicado actualmente dentro del Ministerio de Salud y cerca del Ministerio de Trabajo. En su recorrido, continúa por la Av. Cuba y el Jr. Coronel Zegarra, traspasando el Hospital Rebagliati, donde antes se encontraba una de las más grandes huacas de Lima; asimismo, irriga los jardines del Círculo Militar. (Lizarzaburu, 2018)

Luego pasa por el jirón Zegarra, ingresa a la Av. Salaverry y cruza por la Municipalidad de Jesús María. Seguidamente, gira y desciende por el jirón Pachacutec. Dobla en Húsares de Junín hasta la calle Sánchez Cerro, y traspasa por la Universidad del Pacífico. Después pasa la avenida San Felipe, se inclina en Giuseppe Garibaldi hasta llegar al jirón Huiracocha, donde finalmente se

topa con la urbanización San Felipe. Desciende por la avenida Salaverry, justo en frente del centro comercial, y riega toda la berma central de la zona, hasta Sánchez Carrión. (Lizarzaburu, 2018)

e) Distrito de San Isidro

Prosigue por la calle Flora Tristán, Bilbao y de la Roca Vergallo.

f) Distrito de Magdalena

El último distrito que ingresa es Magdalena del Mar, inicia por la Av. Javier Prado Oeste y entra a Juan de Aliaga, aquí se riegan las bermas centrales y los parques cercanos. Luego se dirige al jirón Miguel Soto Valle, que queda junto al Club Social Lima Cricket. Finalmente entra a la calle Justo Amadeo Vigil, y atraviesa el hospital Víctor Larco Herrera para finalmente desembocar en la Bajada de Marbella. (Lizarzaburu, 2018)

2.1.6. Comisión de usuarios de Surco y Huatica

Lizarzaburu (2018), son una sociedad civil sin ánimo de lucro y este grupo pertenece a las 13 comisiones de regantes en la Junta de Usuarios con las que cuenta el río Rímac. El abogado Luis Molina Arles fue el presidente de la comisión y Ing. Mario Ichiki Kuwamoto el vicepresidente desde el año 2017 al 2021.

Esta delegación está encargada de manejar 29.5 km del canal Surco y 15 km aproximadamente del Canal Huatica. A través del uso de las aguas de los canales, se logra abastecer a 69 beneficiarios en 17 distritos de la capital de Lima, teniendo un servicio que resguarda 1.113 hectáreas de áreas verdes de uso público, incluyendo clubes, hospitales, jardines, parques, bermas, instituciones y universidades.

Los beneficiarios de la Comisión de Regantes incluyen a municipalidades, instituciones públicas y privadas, como se indica en la siguiente tabla. Cabe indicar que todos los favorecidos retribuyen de manera económica a la Comisión de Regantes.

Tabla 1*Usuarios de la comisión*

Municipalidad	Institución pública	Institución privada
<i>San Luis</i>	Servicio Electrónico FAP	Viveros en Chorrillos
<i>Lima</i>	Cuartel General Ejército	Club Lawn Tennis
<i>San Borja</i>	Escuela Técnica Ejército	Jockey Club
<i>Lince</i>	Colegio Quiñones – FAP	Club Lima Cricket
<i>La Molina</i>	Cementerio El Ángel	Universidad Ricardo Palma
<i>Miraflores</i>	Escuela Sub Oficiales FAP	Club Lima Golf
<i>La Victoria</i>	Círculo Militar	Universidad San Martín de Porres
<i>San Isidro</i>	Cementerio PNP	Agricultores
<i>Ate</i>	Cementerio Presbítero Maestro	Universidad UNIFE
<i>Santa Anita</i>	RAT – FAP	
<i>Pueblo Libre, Surco, Jesús María, Surquillo, El Agustino y Magdalena</i>		

Nota. Los usuarios de la Comisión de Usuarios Surco Huatica fue tomada de “Canales Surco y Huatica. 2000 años regando vida”, por Lizarzaburu, 2018, Litho & Arte SAC.

2.1.6.1. Extensión del canal Huatica. Lizarzaburu (2018), todo nace del Valle del Rímac, de donde se desprenden canales y de ahí surge los cuatro sistemas más importantes para el abastecimiento de la ciudad, estos son: Ate, Surco, Huatica y La Magdalena-La Legua-Maranga-Callao. El sistema cronológico que se usa está fundado en el esquema del arqueólogo John Rowe. Entre los años 300 – 650 d. C. surge una red de intercambio relativamente amplia en diferentes valles, que para algunos significaría la representación del primer Estado en ese valle, el inicio de la cultura Lima, ubicada en la parte baja de los valles Rímac y Chillón, con su base en Maranga. De acuerdo con los estudios realizados por diferentes arqueólogos se plantea que sin agua no se

hubiese podido levantar la cantidad de sitios arqueológicos existentes, por ende, según la publicación mencionada por la Autoridad Nacional del Agua sobre el río Rímac, en esta época se asocian a los cuatro canales madres, las siguientes huacas:

2.1.6.2. Parques que riega el canal Huatica. El canal Huatica nace en el distrito del Agustino, en una zona contigua a la planta de tratamiento de agua potable La Atarjea de Sedapal, y después recorre distintos distritos de Lima hasta llegar a su desembocadura en la bajada de Marbella en el distrito de Magdalena del Mar. En el recorrido con el que cuenta, primero llega al buzón de paso que se encuentra en la avenida 28 de Julio, ahí los operadores del canal Huatica se encargan de abrir y cerrar la compuerta para dirigir las aguas hacia las redes del canal que discurren hacia el distrito de Pueblo Libre. (Quispe, 2018)

2.1.7. Agua de Riego

Es aquella agua que se utiliza para regar las plantas, los vegetales, cultivos, entre otros, los cuales en un futuro serán transformados y comercializados como productos agrícolas. Asimismo, depende de la clase de vegetal que queramos obtener para determinar el tipo de riego empleado en los cultivos. (MINAM, 2017)

Las plantas necesitan obtener agua para su crecimiento, no sólo para desarrollarse por procesos fisiológicos, sino también para conseguir los nutrientes necesarios que tiene el agua. Las plantas, cultivos y vegetales también aprovechan los otros tipos de aportes de agua, por lluvia u otro tipo de precipitación, sin embargo, no es lo suficiente para su desarrollo si es que no se almacena para su uso. (Ideas Books, 1998)

2.1.8. Calidad de agua para riego

Ruiz (2003), es importante que la calidad del agua para regar tenga las mismas condiciones que la requerida para el consumo humano, esto significa, que debería ser potabilizada; sin

embargo, no es necesario que se encuentre limpia, sino que, por el contrario, es mejor cuando contenga elementos en suspensión, porque por lo general estas partículas aumentan las propiedades físicas de la tierra, y todavía cuando la tierra no lo requiera, el limo de los ríos desarrollará mayor productividad. Por otro lado, las aguas no potabilizadas, pueden ser consideradas para el riego hasta cierto punto, porque es común que la tierra necesite una cantidad mayor de sal para contrarrestar propiedades opuestas, y ahí es justo proveer sustancias en caso escatimen.

2.1.9. Parámetros Microbiológicos

Cuando se habla de parámetros microbiológicos se hace referencia a los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos perjudiciales para la salud del ser humano, que se pueden encontrar en diferentes fuentes, pero por lo general son analizados en el agua.

El agua residual urbana tiene en gran cantidad de organismos vivos que son necesarios para mantener su actividad biológica, estos organismos pueden ser de origen animal o vegetal. Las aguas residuales presentan microorganismo como: bacterias, virus, hongos, entre otros.

La existencia de microorganismos en el agua depende de ciertos factores que favorezcan a su presencia y permanencia, como son: el pH, la temperatura, la materia orgánica, el oxígeno, la disponibilidad de alimentos nutrientes, entre otros. Los microorganismos se desarrollan en poblaciones mixtas, complicadas y conectadas, además poseen su propia curva de crecimiento. Por su parte, las bacterias son un conjunto muy destacado, ya que componen el sector de microorganismos con la función de oxidar la materia orgánica presente en las aguas residuales. Desde un punto de vista sanitario, los organismos patógenos que se hallan en el agua residual son derivados de desechos humanos por lo general, causando enfermedades como disentería, diarrea, cólera, entre otras. (Blanco y Mamani, 2014)

Dentro de los cuales tenemos:

- ✓ Coliformes Totales
- ✓ Escherichia Coli
- ✓ Huevos de Helmintos
- ✓ Coliformes Termotolerantes

2.1.10 Estándares de calidad ambiental para el agua

Según el ANA (2016), son definidos como los niveles de concentración máxima de ciertos elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que se encuentran presentes en cuerpos de agua o recursos hídricos superficiales que no muestran riesgo significativo para la salud de la población ni la contaminación del medio ambiente.

Estos estándares que han sido aprobados deben ser aplicados a los cuerpos de agua de territorio nacional cuando se encuentren en su estado natural y se recalca su obligatoriedad en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, siendo estos estándares un referente obligatorio al momento de diseñar y aplicar cualquier instrumento de gestión ambiental.

2.1.10.1. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Subcategoría D1: Riego de vegetales

Esta subcategoría aplica para las aguas que se utilizan para regar exclusivamente cultivos de vegetales, para este riego se debe considerar la clase de riego, el tipo de consumo (crudo o cocido) y los procesos de transformación o industriales a lo que serán sometidos los productos. (Estándar de Calidad Ambiental [ECA], 2017)

Agua para riego no restringido

Se refiere a las aguas que tienen una calidad permitida para ser utilizadas en la irrigación de: cultivos de alimentos que se consuman crudo como: los vegetales, las plantas de frutas de tallo

bajo; los árboles o arbustos de frutas que tengan sistema de riego por aspersión, en el cual el fruto o las partes comestibles ingresan en contacto directo con el agua de riego. (ECA, 2017)

Agua para riego restringido

Es aquella agua con características permitidas para ser utilizadas en el riego de cultivos alimenticios que se vayan a consumir hervidos, cultivos de tallo alto (en los cuales el agua de riego no entre en contacto con su fruto), árboles frutales, los cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (trigo, arroz, avena y quinua), los cultivos industriales no comestibles (algodón) y los cultivos forestales, pastos o similares (maíz forrajero y alfalfa) y forrajes. (ECA, 2017)

Subcategoría D2

Esta subcategoría hace referencia a las aguas utilizadas para la bebida de animales grandes como los ganados vacunos, equinos o camélidos, y para animales menores como ganados porcinos, ovinos, caprinos, cuyes, aves y conejos. (ECA, 2017)

2.1.11. Métodos de Tratamientos de Aguas

Las plantas de tratamiento de agua son útiles para eliminar, reducir o concentrar los contaminantes presentes en el agua residual, con la finalidad de cumplir con la normativa actual de descarga y poder reutilizar el agua tratada, manteniendo la armonía del medio ambiente y evitando futuros problemas sanitarios. Asimismo, el tratar las aguas ayuda a transformar las características iniciales de un agua contaminada y las convierte en aguas aceptables para su uso.

Existen diferentes métodos de tratamientos de agua, sin embargo, para escoger el adecuado en cada caso, se debe considerar ciertos puntos, como son: el origen del agua y la fuente, el flujo, las características (físicas, químicas y biológicas) y el destino de las aguas residuales. Adicional a ello, se debe considerar el costo que demandará, los recursos disponibles para la ejecución del proyecto y la normativa ambiental para cada caso. (Blanco y Mamani, 2014)

2.1.11.1. Operaciones Físicas Unitarias. Constituyen una serie de procedimientos, en el cual prevalece la aplicación de fuerzas físicas en busca de un cambio de características, entre ellas se encuentran: la floculación, la sedimentación, la flotación, la filtración, la mezcla y el tamizado. (Blanco y Mamani, 2014)

2.1.11.2. Procesos Químicos Unitarios. Comprenden una secuencia de actividades que lograrán la eliminación o transformación de contaminantes y se origina por la adición de insumos químicos o por reacciones químicas. Dentro de estos procesos químicos unitarios tenemos a: la precipitación, la adsorción y la desinfección. (Blanco y Mamani, 2014)

2.1.11.3. Procesos Biológicos Unitarios. Hace referencia a una serie de procesos que implica la actividad biológica como predominante, puesto que se busca la remoción de contaminantes biológicos, sin embargo, en el tratamiento de las aguas residuales se implementa procesos fisicoquímicos y biológicos. Entre estos procesos biológicos unitarios tenemos a: los procesos aerobios, anaerobios, facultativos, la nitrificación y desnitrificación.

Depende del tipo de agua residual a tratar, es el método por utilizar, por ejemplo, si buscamos tratar un agua residual industrial, debemos tener en cuenta que este tipo de agua cuenta con gran cantidad de contaminantes inorgánicos (sulfatos, cloruros, cromo metales en general, entre otros), por lo cual se tiene que aplicar procedimientos fisicoquímicos incluyendo reactivos, ya que , muchos de estos contaminantes en el agua son tóxicos para la flora microbiana, por lo cual no se puede llevar a cabo sólo un tratamiento biológico. También es importante resaltar que, en el caso de tener aguas industriales con alta carga orgánica, se puede aplicar técnicas de depuración anaerobias, más ofensivas en su control operativo, pero más eficaz con respecto a su rendimiento que las aerobias. (Blanco y Mamani, 2014)

Tabla 2

Clasificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales según el proceso u operación

Operaciones Físicas	Operaciones Químicas	Operaciones Biológicas
Desbaste	Coagulación	Lodos activados
Tamizado	Precipitación Química	Filtros Percoladores
Desarenado	Desinfección	Biodiscos
Dilaceración	Neutralización	Lagunas Aireadas
Desengrasado	Intercambio Iónico	Lagunas de Estabilización
Flotación	Adsorción	Reactores Anaerobios
Filtración	Procesos de Membranas	
Homogeneización		
Floculación		
Sedimentación		
Transferencia de Gases		

Nota. La clasificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales fue tomada de “Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización”, por Metcalf y Eddie, 1995, 3ra ed.

2.1.12. Sistema de Lodos Activados

Son sistemas de tratamiento biológico del agua residual, que ayudan a la depuración del agua haciendo uso de microorganismos que se encuentran suspendidos dentro del biorreactor (tanque de aireación), dentro de este biorreactor se inyecta el aire requerido para conseguir la oxidación de la materia orgánica.

En el biorreactor se realiza la mezcla para conservar microorganismos en suspensión, de manera que mantienen una mayor área de contacto con el agua a purificar. En cuanto a tiempo de retención se refiere, en los biorreactores se mantiene un intervalo de 18 a 36 horas para alcanzar una oxidación completa de la materia orgánica. Esta oxidación completa consiste en hacer entrar a los microorganismos en una fase endógena, donde se agotan sus fuentes de alimento (materia

orgánica) y comienzan a consumir sus reservas alimenticias, hasta llegar a un proceso de lisis celular, lo que disminuye la producción de lodo.

Una vez que tengamos el licor mezcla (agua del biorreactor) que es una composición de agua depurada y microorganismos que crecieron y se multiplicaron (lodos), se procede a pasar a un tanque de sedimentación secundaria donde por acción de gravedad, el lodo que es más pesado se va a dirigir a la parte inferior del sedimentador y el agua depurada se transfiere por la parte superior. Finalmente, el lodo activado es devuelto al tanque de aireación para que se continúe con el tratamiento del agua. Al mismo tiempo, el lodo en exceso será extraído del sistema para conservar una adecuada concentración de microorganismos (biomasa). (Reyes, 2020)

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Agua

Se define al agua como un recurso natural renovable, indispensable para el desarrollo de la vida y valioso para el desarrollo sostenible, el sostenimiento de los sistemas y ciclos naturales, y la seguridad de la Nación. (ANA, 2016)

2.2.2. Características Bacteriológicas

Es un conjunto de cualidades que se producen por la presencia de bacterias peligrosas para la salud humana. (Ccama, 2020)

2.2.3. Contaminación del agua

Se produce por la alteración de las características físicas, químicas o biológicas propias del agua, y resulta de la incorporación intencional o accidental de sustancias nocivas que perturben los usos del agua. (Ccama, 2020)

2.2.4. Helminto

Son parásitos que afectan a los animales y a los humanos, los más comunes de encontrar en las aguas residuales son las lombrices estomacales, la tenia solitaria, los gusanos y lombrices intestinales. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

2.2.5. Coliforme

Pertenecen a un grupo de bacterias que cuentan con algunas características bioquímicas en común, son de gran interés puesto que su presencia es relevante en las aguas residuales como indicadores de contaminación del agua y alimentos. (Ccama, 2020)

2.2.6. Coliformes fecales.

Es un subgrupo de coliformes que residen en el intestino del ser humano y animal de sangre caliente. Su principal característica es que logran fermentar la lactosa, formando gases a las 24 horas a una temperatura de 44,5°C. (Ccama, 2020)

2.2.7. Coliformes Termotolerantes.

Considerado un subgrupo, estos tienen la capacidad de fermentar lactosa a una temperatura de 44-45°C. Existen diferentes géneros, sin embargo, en muestras de agua, predomina el género *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. La más común, *Escherichia coli*, se puede diferenciar de otros coliformes termotolerantes por su desempeño al producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima B- glucuronidasa. (Ccama, 2020)

2.2.8. *Escherichia coli*.

Dentro del subgrupo de Coliformes Termotolerantes, se encuentra la especie del género *Escherichia*, perteneciente a la familia enterobacteriaceae; estos bacilos son cortos, anaerobios facultativos, móviles o inmóviles, gram negativos, formadores de gas y con la capacidad de

fermentar la glucosa y la lactosa. Se encuentran propagados en las heces, el agua y el suelo. (Ccama, 2020)

2.2.9. Coliformes totales.

También llamado grupo coliforme, son organismos indicadores de contaminación y pertenecen a un grupo de bacterias que pueden encontrarse en diversos ambientes, como el agua, las plantas, el suelo y otros. Cuando se encuentran en ambientes acuáticos son aerobios y anaerobios facultativos con formas bacilares y no forman esporas si son gram negativos. (Ccama, 2020)

2.2.10. Efluente

Efluente es todo aquel líquido o agua residual que surge del desarrollo de actividades antropogénicas y que puede ser vertido a un recurso hídrico o ser reusado. (ANA, 2016)

2.2.11. Punto de monitoreo

Se refiere a un lugar específico donde se va a realizar la toma de muestra de algún parámetro específico. El punto de monitoreo debe contar con ubicación geográfica exacta y en el caso de realizarse un monitoreo para determinar la calidad del agua, este debe estar ubicado dentro de cuerpo de agua. (ANA, 2016)

2.2.12. Protocolo de monitoreo

Es un documento guía que contiene una serie de pasos, instrucciones y/o procedimientos establecidos para desarrollar diversos monitoreos, este documento describe un método estándar para reducir errores en tanto a la medición, transporte y análisis. (ANA, 2016)

2.2.13. Muestra de agua

Es una parte representativa del material en estudio, en este caso se hace referencia a un cuerpo de agua natural superficial, de la cual se analizará los parámetros de interés. (ANA, 2016)

2.2.14. Fuente contaminante puntual

Hace referencia a una fuente única reconocible y localizada de contaminación real o potencial de los recursos hídricos, como por ejemplo la identificación de algún vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales, municipales y mineros o botaderos de residuos sólidos. (ANA, 2016)

2.3. Marco Legal

2.3.1. Constitución Política del Perú del año 1993

En su Título y Capítulo I artículo 2.-, se señala que todo individuo debe mantener su integridad física y tiene derecho a su libre desarrollo y bienestar. Asimismo, en el Cap II, donde se hace referencia a los recursos naturales y al ambiente, en los artículos 66 al 69, se interpreta que el estado tiene total competencia para hacer uso de los recursos naturales que se pueden renovar y no renovar, además son el principal responsable de la gestión garantizando el cuidado del ambiente. (Constitución Política del Perú, 1993)

2.3.2. Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos

Tiene como objetivo regular el uso y consumo del agua, sistematizando la gestión adecuada del agua, con la finalidad de velar por la preservación del valor económico, ambiental y social. Esta ley se basa en once principios, destacando el principio de prioridad, sostenibilidad y descentralización. Asimismo, esta ley surgió con la finalidad de establecer un sistema que integre a diferentes divisiones de manera multisectorial con enfoque de cuenca, conforme a esto se ha designado como máxima autoridad y ente rector a la Autoridad Nacional del Agua – ANA. (MINAM, 2009)

En su Capítulo V Artículo N°75, hace referencia a salvaguardar la integridad del agua. En dicho escrito se detalla que el ANA tiene la competencia de proteger el agua en todas sus formas de manera que incluya se preserve sus hábitats y riquezas naturales.

En su Artículo N°28 se designa a la Junta de Usuarios como responsable del ejercicio, sostenimiento de las bases hidráulica y comercialización del agua. En el caso del canal Surco y Huatica, es responsabilidad de la junta del Rímac a través de la Comisión de Regantes Surco. Asimismo, la ANA es el ente encargado de controlar que se efectúen los planes de ejercicio y sostenimiento y sancionar su incumplimiento. (MINAM, 2009)

2.3.3. Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611

A través de esta ley se hace posible reglamentar ciertos aspectos ambientales con la finalidad de preservar el medio ambiente, mantener un hogar en la tierra donde las personas tengan una mejora en la calidad de vida, regular los instrumentos ambientales, a través de las fiscalizaciones de entidades controlar la contaminación, entre otros. (MINAM, 2005)

En su Capítulo II Artículo N°08, hace referencia a la Política Nacional del Ambiente, entendiéndose como un conjunto de estrategias, maniobras, métodos, programas de carácter público que tiene la misión de perfeccionar la calidad de vida, avalando la preexistencia de ambientes saludables, factibles y prácticos en un periodo extenso. (MINAM, 2005)

Según el Artículo N.º 31 Estándar de Calidad Ambiental, la ley nos indica que es obligatorio incluir el ECA en cualquier instrumento de gestión, este referente ambiental contribuye a que no se incumplan los parámetros ni se agreda el hábitat de las personas y/o animales. (MINAM, 2005)

La ley señala en su artículo N°122, que las empresas o entidades responsables de servicios de saneamiento que ejecutan actividades que originen aguas residuales, tendrán a su cargo el compromiso de tratar los líquidos.

2.3.5. D.S. 004-2017-MINAM referida a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA-Agua).

Esta normativa consiste en reunir las disposiciones aprobadas mediante el DS N° 002-2008-MINAM, el DS N° 023-2009-MINAM y el DS N° 015-2015-MINAM, variando y excluyendo ciertos valores, con la finalidad de rediseñar un estándar que permita medir la calidad ambiental en el territorio. (MINAM, 2017)

En el Artículo N° 03 mencionan las categorías de los ECA Agua, los cuales se dividen en 04 categorías, siendo estas:

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Son aguas que cuentan con tratamiento y serán utilizadas para el consumo. Dentro de ellas tenemos aguas bebibles descontaminadas por desinfección (A1), aguas bebibles obtenidas de procesos tradicionales (A2), agua bebible por métodos industriales desarrollados (A3).

Subcategoría B: Aguas destinadas al uso recreativo de las personas, se clasifican en dos clases, la primera B1 que es apta para la ejecución de actividades como natación, pesca, surf, entre otras. La clase B2, es apta para deportes en el mar, lago, laguna, etc. (MINAM, 2017)

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continental

Se subdivide en tres subcategorías, la primer C1 hace referencia a la extracción o cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados, en la segunda C2: las aguas que se utilizan para la extracción o cultivos hidrobiológicos en aguas de mar costeras; C3: aguas contiguas a las construcciones marítimas, de industrias y/o servicios de saneamiento submarinos; finalmente C4: las aguas que se utilizan para la extracción o cultivo de variedades de lagos y lagunas de consumo. (MINAM, 2017)

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Esta categoría tiene dos subcategorías, la D1 comprende aquella agua que se utiliza para el riego de vegetales, dentro de esta categoría se subdivide para aguas de riego no restringido (siembras de alimentos que se comen crudos) y agua de riego restringido (siembras de alimentos que se comen cocidos). La subcategoría D2, hace referencia al agua destinada para el consumo de los animales. (MINAM, 2017)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

En esta categoría se encuentran los cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas. Subcategoría E1, contiene cuerpos de agua léntico e incluye humedales. Subcategoría E2, contiene cuerpos de agua lóticos (ríos). Subcategoría E3: contiene los ecosistemas marino y costeros, incluye estuarios y marinos.

El agua que contiene el canal Huatica, está destinada al regadío de las áreas verdes, por lo que se halla dentro de la clasificación de Categoría N°03, Subcategoría D1: Riego de Vegetales. (MINAM, 2017)

En la siguiente tabla se muestran los estándares de calidad ambiental para agua según su clasificación, la cual se encuentra en los anexos del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Tabla 3

Estándares de calidad ambiental para agua - Categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala PT/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**

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

Nota. Estándares de calidad ambiental para agua - Categoría 3, tomado del Decreto Supremo N°

004-2017-MINAM, por MINAM, 2017.

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

(b): Después de filtración simple.

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

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

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

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

2.3.6. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (RJ N° 010-2016-ANA)

Este protocolo de monitoreo contiene una serie de pasos que se debe de cumplir cuando una entidad o persona natural va a realizar una medición, muestreo o identificación de la existencia y/o el nivel de contaminación en un medio natural. Es de uso forzoso a nivel nacional en lo que respecta a monitoreo de agua en cuerpos naturales (continentales y marino – costeras). (ANA, 2016)

En el apartado N° 06, detalla información técnica para ejecutar el monitoreo de la calidad del agua en cuerpos hídricos superficiales. La sección se subdivide en 16 subsecciones.

Punto 6.1, se explica sobre la cantidad de personas con la que debe contar el equipo para realizar el trabajo.

Punto 6.2, detalla el presupuesto (recursos y capital) con el que se debe de contar.

Punto 6.3, define las clasificaciones de las muestras teniendo en consideración los diferentes cuerpos de agua (muestra simple, compuesta o integrada).

Punto 6.4, presenta la programación del estudio desde el reconocimiento del lugar hasta los análisis de muestra en laboratorio.

Punto 6.5, nos guía para poder establecer una ubicación adecuada de los puntos de monitoreo según el cuerpo de agua estudiado.

Punto 6.6, informa sobre la periodicidad con la que se requiere el monitoreo

Punto 6.7, detalla los parámetros sugeridos a medir según la categoría en la que nos encontremos.

Punto 6.8, indica la preparación de los insumos, materiales y equipos de protección con lo que se debe de contar para realizar un monitoreo.

Punto 6.15, presenta los pasos que se debe seguir para la toma de muestra. (ANA, 2016)

En el caso del monitoreo al canal Huatica, se emplea el tipo de muestra simple, por lo cual la toma de muestra es en un solo punto y se realiza el análisis de forma particular.

Tabla 4

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

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

Nota: Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales tomado del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, por ANA, 2016.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación se alinea a un nivel descriptivo de acuerdo con lo comentado por Hernández et al. (2014), los cuales explican que los trabajos de tipo descriptivo tienen la característica de ser estudiados, analizados o sometidos a una evaluación con la finalidad de describir sus características, composición, tipologías o calcular la cantidad de componentes que tienen sin necesidad de relacionar sus variables o conceptos.

El presente estudio está enmarcado en el método cuantitativo, el cual fue sustentado por Rodríguez (2010), en el cual comenta que, este método se basa en datos numéricos, contemplando el uso de encuestas numéricas, listas cuantificables, data numéricamente analizada, entre otros. Estos datos tienen la posibilidad de pasar un análisis de métodos estadísticos a fin de comprobar la existencia de alguna interrelación de variables. Los resultados de un estudio cuantitativo suelen presentarse en cuadros tabulados, esquemas y/o análisis numérico.

Conforme con Hernández et al. (2014), la presente investigación tiene un diseño no experimental porque, este diseño consistió en la observación de fenómenos en su hábitat y estado natural, con la finalidad de que luego sean analizados, por ende, no se pretende manipular variables. Así como también es de corte longitudinal, puesto que se analiza la alteración o disminución de los datos en el tiempo del evento, en este caso, los monitoreos representan mediciones periódicas desarrolladas entre los años 2020 y 2021.

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

3.2.1. Ámbito temporal

La temporalidad del estudio corresponde a la evaluación microbiológica del agua realizado en dos puntos de monitoreo en el canal Huatica del distrito de Magdalena del Mar, en los años 2020 y 2021.

En términos de ejecución, la investigación fue realizada en el mes de enero del año 2020 y enero del 2021, llegando a desarrollar la etapa de medición y análisis en las 02 estaciones de monitoreo desde el día 24 de enero hasta el 07 de febrero del 2020 y del 29 de enero al 12 de febrero del 2021 respectivamente.

3.2.2. Ámbito espacial

Para el desarrollo de la tesis corresponde a las siguientes coordenadas UTM, las cuales abarcan el espacio geográfico por donde transcurre el canal Huatica dentro de la jurisdicción de Magdalena del Mar, capital de Lima, departamento de Lima, Perú. Las aguas que abastecen el canal Huatica son provenientes del Río Rímac.

En la siguiente figura se muestra la delimitación del área de estudio dentro del distrito de Magdalena del Mar por donde transcurre el Canal Huatica.

Figura 1

Imagen satelital del Canal Huatica



Nota. Tomada de Google Earth [Fotografía], 2021, <https://www.google.com/intl/es/earth/>

A continuación, en la Tabla 6, se detallan las coordenadas UTM de los límites del área de estudio dentro del Distrito de Magdalena por donde transcurre el Canal Huatica.

Tabla 5

Ubicación geográfica en Coordenadas UTM

PUNTOS	Coordenadas UTM	
	WGS 84	
	Zona 18L	
A	275474.9 E	
	8663077.8 N	
B	276569.3 E	
	8662348.4 N	
C	276002.7 E	
	8661268.3 N	
D	274515.8 E	
	8661902.6 N	

3.3. Variables

El presente trabajo de investigación de nivel descriptivo presenta dos variables de investigación, las cuales generan dependencia una de la otra, considerando los resultados obtenidos de la variable independiente “Evaluación microbiológica del agua del canal Huatica”, de manera que se pueda proponer la mejor alternativa de “Tratamiento”, a fin de mejorar la calidad del agua. En la siguiente Tabla 7, se presenta la operalización de dichas variables.

Variable 1

- Evaluación Microbiológica del Canal Huatica

Variable 2

- Propuesta de Tratamiento

Tabla 6

Operacionalización de las Variables de investigación

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición
Evaluación microbiológica del del canal Huatica	Las bacterias son los organismos vivos más numerosos que existen, por lo cual se encuentran en todas partes. El agua no es la excepción por lo tanto es necesario realizar análisis bacteriológicos para determinar el grado de contaminación que presentan. (Costa, 2021)	El agua puede contener contaminaciones de aguas negras, las cuales no se detectan a través de análisis físicos, químicos y microbiológicos, por lo cual se han diseñado pruebas bacteriológicas para detectar dichos contaminantes.	Análisis microbiológicos	Coliformes Totales	NMP/100 ml
				Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
				Huevos de Helmintos	Huevo/L
			Estándares microbiológicos	Comparación ECA – Coliformes Totales	NMP/100 ml
				Comparación ECA – Coliformes Totales	NMP/100 ml
				Comparación ECA – Huevos de helmintos	Huevo/L
Propuesta de Tratamiento	La eliminación de los contaminantes de las aguas residuales se realiza en PTAR. Lo que se busca es recuperar la calidad del agua, modificando sus características con la finalidad de que se encuentren dentro de los estándares establecidos en la norma vigente y de esa manera pueda ser reutilizada. (Blanco y Mamani, 2014)	Las tecnologías de tratamiento que consiste en la intervención de fuerzas físicas y la añadidura de reactivos químicos. Entre ellos tenemos: floculación, sedimentación, flotación, filtración, precipitación, adsorción y desinfección. El procedimiento para tratar aguas contaminadas contiene procesos a nivel industrial fisicoquímico y biológico. En el caso de aguas servidas de hogares, es usual que se trabaje con procesos biológicos puesto predomina la carga orgánica.	Tratamiento Físicoquímico Tratamiento Biológico	Eficiencia	%

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La población corresponde a todos los distritos que interactúan con el canal Huatica como son: El Agustino, La Victoria, Pueblo Libre, Jesús María, San Isidro, Lince, Lima Metropolitana y Magdalena con un recorrido aproximado de 15 Km; y que de alguna manera modifican su calidad microbiológica.

3.4.2. Muestra

La muestra de estudio corresponde a 02 estaciones de monitoreos del canal Huatica dentro del distrito de Magdalena del Mar. El canal que recorre el distrito de Magdalena del Mar tiene un total de 5.3 Km de longitud, siendo 3.6 Km subterráneos y 1.7 Km de canal abierto.

3.5. Instrumentos

3.5.1 Técnicas

En relación con el origen de la variable y la unidad de análisis identificada, se procedió a usar las siguientes técnicas en el proceso de toma de muestra:

- Software Google Earth Pro: En la definición de las estaciones de monitoreo en el recorrido del canal Huatica y la información catastral fue tomada de imágenes satelitales.
- Software ArcGIS 10.6: Para la elaboración de un plano de estudio.
- Protocolo para la toma de muestra: Documento utilizado para el desarrollo del monitoreo, basado en el Protocolo Nacional de Monitoreo, Resolución Jefatural N° 010 - 2016 – ANA.

3.5.2 Instrumentos

- Ficha de Identificación de puntos de Monitoreo: Tomado del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales emitido por la ANA, año 2016.
- Fichas de recolección de datos: Se utilizó en la investigación para anotar toda la información relevante sobre la ubicación de las estaciones, descripción de la zona, datos de campo, etc.
- Cadena de Custodia: Documento que nos permitió realizar el seguimiento de la muestra desde su toma hasta su traslado al laboratorio.

3.5.3 Equipos y Materiales

- GPS: Marca Garmin
- Cámara Fotográfica
- Frascos estériles de 250 ml
- Cooler
- Ice Pack
- Rotulador, etiquetas, lapiceros.

3.6. Procedimientos

La investigación se desarrolló considerando las siguientes etapas:

3.6.1. Reconocimiento del área de estudio

En esta etapa se hizo el reconocimiento de la zona de estudio, para lo cual se realizó visitas in situ al canal Huatica en la jurisdicción del distrito de Magdalena del Mar, con la finalidad de identificar el recorrido y presenciar la problemática del canal Huatica respecto a la contaminación del agua y sus potenciales efectos en el riego de las áreas recreativas.

A continuación, se muestran las figuras 2, 3 y 4, donde se puede apreciar en su recorrido las condiciones en las que se encuentra el canal Huatica dentro del distrito de Magdalena del Mar.

Figura 2

Riego por inundación con aguas del canal Huatica



Figura 3

Residuos Sólidos encontrados en la limpieza del canal Huatica

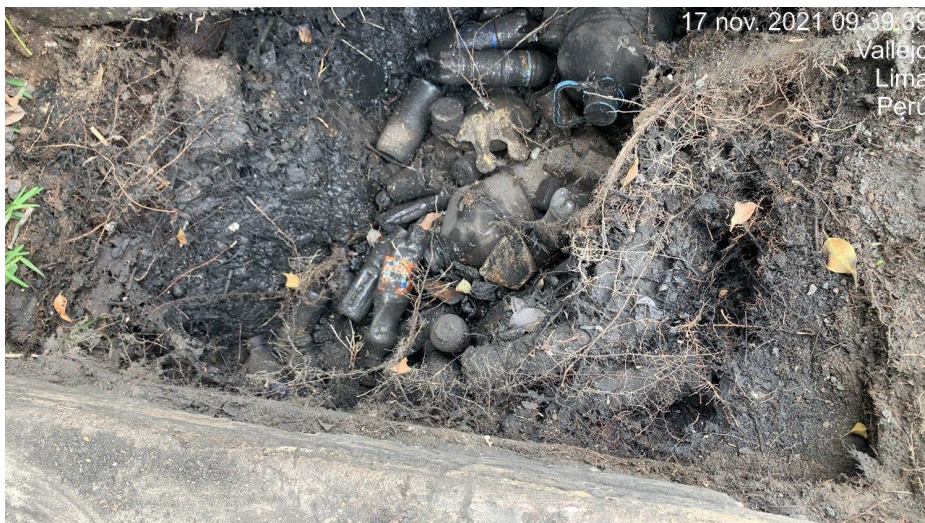


Figura 4

Limpieza del canal Huatica

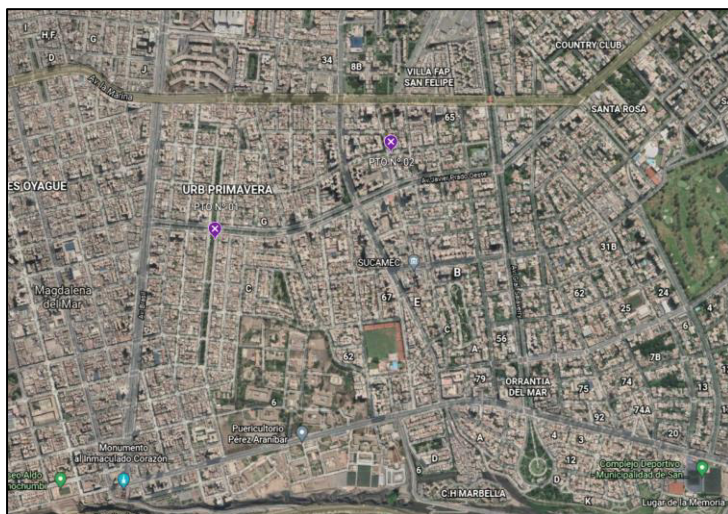
**3.6.2. Ubicación de las estaciones de monitoreo**

Después del reconocimiento de la zona de estudio ubicado en el Distrito de Magdalena del Mar, y en concordancia con los puntos de monitoreo analizados en el año 2020 por la Municipalidad de Magdalena del Mar, se identificaron los 02 puntos de monitoreo de donde se tomó la muestra de agua para el análisis microbiológico del año 2021. El primer punto corresponde a la entrada del canal Huatica al distrito de Magdalena y el segundo punto corresponde al punto intermedio del canal dónde se riega el parque Manuel Gonzales Prado.

A continuación, en la Tabla 7, se muestra la ubicación y descripción de las estaciones evaluadas.

Tabla 7*Ubicación de las estaciones de monitoreo*

Tipo de monitoreo	Código	Coordenadas UTM (WGS84)	Descripción de las estaciones
Agua superficial	W-01	275 282 E 8 662 427 N	Cruce Tomas Ramsey C/ De la Roca de Vergallo.
	W-02	276 066 E 8 662 355 N	Cruce Av. Javier Prado Oeste C/Av. Gonzales Prada.

Figura 5*Imagen satelital de las estaciones de monitoreo de agua del canal Huatica*

Nota. Tomada de Google Earth [Fotografía], 2021, <https://www.google.com/intl/es/earth/>

3.6.3. Desarrollo del monitoreo de agua del canal Huatica

Una vez localizado en el plano los puntos a monitorear, se procedió al muestreo de agua para la medición de los parámetros microbiológicos (detección de coliformes totales, termotolerantes y huevos de helminto), el cual se realizó en tres visitas al canal Huatica en un tiempo de tres semanas por cada año. El protocolo empleado para las visitas fue el propuesto por el ANA, Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el cual detalla lo siguiente:

Reconocimiento del entorno: En las áreas designadas al muestreo se ejecutó el reconocimiento del entorno y se anotaron las particularidades del cuerpo de agua, tales como

su coloración, existencia de residuos, su cauce, y otros elementos que puedan modificar el canal original. Estas observaciones se efectuaron durante el año 2020 y 2021.

Preparación de materiales: Se hizo uso de una jarra de plástico para recolectar la muestra e introducirlo a frascos herméticos y preservarlos en un cooler con paquetes de hielo a fin de mantener la temperatura correcta hasta su llegada al laboratorio. Con respecto a los equipos se utilizó un mandil aséptico, guantes quirúrgicos, mascarilla, cascos y otros para protección, también se hizo uso de una cámara fotográfica y un equipo GPS.

Medio de transporte: Para el traslado cómodo de los materiales y las muestras se utilizó una camioneta propia del laboratorio.

Asimismo, para recolectar la información de los datos obtenidos en campo se requirió de un tablero y lapiceros.

Finalmente, dichas muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio Certifical Certificaciones y Calidad S.A.C.

3.6.4. Determinación microbiológica del agua

El laboratorio Certifical Certificaciones y Calidad S.A.C. fue el responsable del análisis microbiológico del agua del canal Huatica. El laboratorio utilizó métodos acreditados a fin de determinar parámetros microbiológicos en las muestras, estos métodos brevemente se mencionan a continuación:

Para la determinación de Coliformes totales y termotolerantes en el año 2020 se utilizó la técnica por filtración de membranas. Para la ejecución de este procedimiento es necesario filtrar una muestra de agua por una membrana estéril que tenga un orificio igual a 0.22 μm de radio, este filtro va a retener bacterias y estas son incubadas en un medio, finalmente se procede a contabilizar colonias y se determina la cantidad próxima. (Rompré, s.f)

Para el año 2021 se utilizó la técnica de fermentación de tubos múltiples para identificar Coliformes. La técnica reside en conservar tubos con soluciones de agua en partes mínimas,

estos tubos se someten a una temperatura de 35 grados por dos días y se espera la generación de gas o ácido para pensar en un resultado positivo. (Eckner, 1998)

Sin embargo, no basta con la formación de gas para determinar presencia de coliformes, sino se debe formar un gas bajo un caldo lactosado con bilis verde brillante en las mismas condiciones, para confirmar el análisis positivo.

Para la determinación de huevos de Helminos en agua, se realizó la Cuantificación e Identificación, teniendo como norma de referencia MVAL-LAB-24, Validado, 2018.

3.6.5. Evaluación de la calidad microbiológica del agua

Los resultados del análisis microbiológico realizado en el año 2020 y 2021, fueron comparados con los valores de la normativa nacional (D.S N° 004-2017-MINAM), con la finalidad de determinar si estos resultados están dentro de estos Estándares de Calidad Ambiental establecidos para áreas públicas y recreacionales.

3.6.6. Formulación de propuesta para mejora del agua del canal Huatica

En la última etapa, después de haber obtenido y analizado los resultados finales de los parámetros microbiológicos y realizado los cálculos y comparaciones, se procedió a la identificación de la propuesta de mejora ante tal problemática existente.

3.7. Análisis de Datos

Se llevó a cabo un análisis y descripción de las variables según los indicadores de coliformes totales, coliformes termotolerantes y huevos de helmintos para lo cual se utilizó el programa Ms. Excel 2010; adicionalmente para mostrar la estadística de forma gráfica se utilizó tabla de datos. La presentación de distribución de datos se realizó usando gráfica combinada, lineal y en barra, a fin de dar a identificar cuáles fueron los parámetros microbiológicos que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental y probar la contratación de las hipótesis.

3.8. Consideraciones Éticas

En el presente estudio se tiene claro la importancia de la ética en el desarrollo de toda investigación, en tal sentido se respeta la propiedad intelectual o autoría, se presenta datos auténticos y confiables, tomando como base y de acuerdo con el reglamento de Investigación de la Universidad, Res. R. 4195-2018-CU-UNFV y su modificatoria Res. R. 7301-2020-CU-UNFV.

La tesis desarrollada por el investigador es original y auténtica, en el cual se ha respetado las autorías correspondientes, citándolas adecuadamente de acuerdo al uso de cada una de ellas.

Para los trabajos de toma de muestras se ha solicitado los permisos respectivos para el desarrollo de Monitoreo en cada una de las estaciones consideradas, en el cual ha prevalecido el cuidado del ambiente, manejo y protección de los recursos naturales y la biodiversidad.

IV. RESULTADOS

Los resultados de la investigación corresponden a los análisis microbiológicos del agua.

4.1. Determinación de parámetros microbiológicos (coliformes totales, termotolerantes y huevos de helmintos)

Las Tabla 08, 09 y 10, muestran los resultados obtenidos en la medición de los parámetros microbiológicos monitoreados en enero y febrero del año 2020. Se consideró 02 estaciones W-01 y W-02, los cuales corresponden a la intersección de la Cdra. Tomas Ramsey C/ De la Roca de Vergallo (punto de entrada del agua al distrito de Magdalena) y a la intersección de Javier Prado Oeste y Gonzales Prada (punto del parque más regado con agua del canal) respectivamente.

Tabla 8

Resultados del monitoreo del 24 de enero del 2020

Parámetros microbiológicos	Unidad	Estación de Monitoreo P-01	Estación de Monitoreo P-02
Numeración de Coliformes totales	NMP/100 ml	33×10^4	35×10^5
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	46×10^3	24×10^4
Huevos de Helmintos	Huevo/L	0	0

Nota. Resultados determinados por el laboratorio Certificafal del año 2020.

Tabla 9*Resultados del monitoreo del 31 de enero de 2020*

Parámetros microbiológicos	Unidad	Estación de Monitoreo P-01	Estación de Monitoreo P-02
Numeración de Coliformes totales	NMP/100 ml	41×10^5	70×10^3
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	17×10^4	17×10^3
Huevos de Helmintos	Huevo/L	0	0

Nota. Resultados determinados por el laboratorio Certificafal del año 2020.

Tabla 10*Resultados del monitoreo del 07 de febrero del 2020*

Parámetros microbiológicos	Unidad	Estación de Monitoreo P-01	Estación de Monitoreo P-02
Numeración de Coliformes totales	NMP/100 ml	35×10^5	22×10^3
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	46×10^4	79×10^2
Huevos de Helmintos	Huevo/L	0	0

Nota. Resultados obtenidos del laboratorio Certificafal del año 2020.

La Tabla 11, 12 y 13, detalla la cantidad parámetros microbiológicos identificados en la muestra de agua del canal Huatica tomados en el año 2021. Como se aprecia en los tres monitoreos no se observa la presencia de huevos de helmintos, sin embargo, se evidencia gran cantidad de coliformes.

Tabla 11*Resultados del monitoreo del 29 de enero del 2021*

Parámetros microbiológicos	Unidad	Estación de Monitoreo P-01	Estación de Monitoreo P-02
Numeración de Coliformes totales	NMP/100 ml	35 x 10 ⁵	35 x 10 ⁵
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	24 x 10 ⁵	13 x 10 ⁵
Huevos de Helmintos	Huevo/L	0	0

Nota. Resultados determinados por el laboratorio Alab del año 2021.

Tabla 12*Resultados del monitoreo del 06 de febrero del 2021*

Parámetros microbiológicos	Unidad	Estación de Monitoreo P-01	Estación de Monitoreo P-02
Numeración de Coliformes totales	NMP/100 ml	79 x 10 ²	70 x 10 ²
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	49 x 10 ²	33 x 10 ²
Huevos de Helmintos	Huevo/L	0	0

Nota. Resultados determinados por el laboratorio Alab del año 2021.

Tabla 13*Resultados del monitoreo del 12 de febrero del 2021*

Parámetros microbiológicos	Unidad	Estación de Monitoreo P-01	Estación de Monitoreo P-02
Numeración de Coliformes totales	NMP/100 ml	35 x 10 ³	92 x 10 ³
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	49 x 10 ²	17 x 10 ³
Huevos de Helmintos	Huevo/L	0	0

Nota. Resultados determinados por el laboratorio Alab del año 2021.

4.2. Comparación de Parámetros Microbiológicos con los ECAs

Los resultados reportados fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental (Agua) según la Categoría 3 (Riego de vegetales no restringido).

Tabla 14*Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2020*

MONITOREO 24-01-2020					
Parámetro	Unidad	Resultados		ECA	
		Estaciones de monitoreo		Subcategoría D1: Riego de vegetales	
		W-01	W-02	Agua para Riego No Restringido	Agua para Riego Restringido
Coliformes Totales	NMP/100 mL	33 x 10 ⁴	35 x 10 ⁵	**	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	46 x 10 ³	24 x 10 ⁴	1 000	2 000
Huevos de Helmintos	Huevos/L	0	0	1	1

Nota. Resultados determinados en el laboratorio Certifical del año 2020, y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría III, D.S N° 004-2017-MINAM.

De la Tabla 14, se aprecia que los resultados de Coliformes Termotolerantes presentan valores de 46×10^3 NMP/100 ml para la estación W-01, y de 24×10^4 NMP/100 ml para la estación W-02, excediendo el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego no restringido establecido en un valor de 1000 NMP/100 ml y para el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego restringido establecido en un valor de 2000 NMP/100 ml.

Para el caso de Huevos de Helmintos los resultados muestran que en las estaciones W-01 y W-02, no se excedieron los ECA, encontrándose 0 Huevos/L. Así mismo es preciso indicar que los Coliformes Totales, no cuentan con un Estándar de Calidad Ambiental para ser comparados.

Tabla 15

Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2020

MONITOREO 31-01-2020					
Parámetro	Unidad	Resultados		ECA	
		Estaciones de monitoreo		Subcategoría D1: Riego de vegetales	
		W-01	W-02	Agua para Riego No Restringido	Agua para Riego Restringido
Coliformes totales	NMP/100 mL	41×10^5	70×10^3	**	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	17×10^4	17×10^3	1 000	2 000
Huevos de Helmintos	Huevos/L	0	0	1	1

Nota. Resultados determinados en el laboratorio Certificial del año 2020, y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría III, D.S N° 004-2017-MINAM.

De la Tabla 15, se aprecia que los resultados de Coliformes Termotolerantes presentan valores de 17×10^4 NMP/100 ml para la estación W-01, y de 17×10^3 NMP/100 ml para la estación W-02, excediendo el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego no restringido establecido en un valor de 1000 NMP/100 ml y para el ECA para la Sub

categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego restringido establecido en un valor de 2000 NMP/100 ml.

Para el caso de Huevos de Helminos los resultados muestran que en las estaciones W-01 y W-02, no se excedieron los ECA, encontrándose 0 Huevos/L. Así mismo es preciso indicar que los Coliformes Totales, no cuentan con un Estándar de Calidad Ambiental para ser comparados.

Tabla 16

Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2020

MONITOREO 07-02-2020					
Parámetro	Unidad	Resultados		ECA	
		Estaciones de monitoreo		Subcategoría D1: Riego de vegetales	
		W-01	W-02	Agua para Riego No Restringido	Agua para Riego Restringido
Coliformes totales	NMP/100 mL	35×10^5	22×10^3	**	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	46×10^4	79×10^2	1 000	2 000
Huevos de Helminos	Huevos/L	0	0	1	1

Nota. Resultados determinados en el laboratorio Certificial del año 2020, y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría III, D.S N° 004-2017-MINAM.

De la Tabla 16, se aprecia que los resultados de Coliformes Termotolerantes presentan valores de 46×10^4 NMP/100 ml para la estación W-01, y de 79×10^2 NMP/100 ml para la estación W-02, excediendo el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego no restringido establecido en un valor de 1000 NMP/100 ml y para el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego restringido establecido en un valor de 2000 NMP/100 ml.

Para el caso de Huevos de Helminthos los resultados muestran que en las estaciones W-01 y W-02, no se excedieron los Estándares de Calidad Ambiental, encontrándose 0 Huevos/L. Así mismo es preciso indicar que los Coliformes Totales, no cuentan con un Estándar de Calidad Ambiental para ser comparados.

Tabla 17

Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2021

MONITOREO 29-01-2021					
Parámetro	Unidad	Resultados		ECA	
		Estaciones de monitoreo		Subcategoría D1: Riego de vegetales	
		W-01	W-02	Agua para Riego No Restringido	Agua para Riego Restringido
Coliformes totales	NMP/100 mL	35×10^5	35×10^5	**	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	24×10^5	13×10^5	1 000	2 000
Huevos de Helminthos	Huevos/L	0	0	1	1

Nota. Resultados determinados en el laboratorio Alab del año 2021, y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría III, D.S N° 004-2017-MINAM.

De la Tabla 17, se aprecia que los resultados de Coliformes Termotolerantes presentan valores de 24×10^5 NMP/100 ml para la estación W-01, y de 13×10^5 NMP/100 ml para la estación W-02, excediendo el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego no restringido establecido en un valor de 1000 NMP/100 ml y para el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego restringido establecido en un valor de 2000 NMP/100 ml.

Para el caso de Huevos de Helminthos los resultados muestran que en las estaciones W-01 y W-02, no se excedieron los ECA, encontrándose 0 Huevos/L. Así mismo es preciso indicar

que los Coliformes Totales, no cuentan con un Estándar de Calidad Ambiental para ser comparados.

Tabla 18

Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2021

MONITOREO 06-02-2021					
Parámetro	Unidad	Resultados		ECA	
		Estaciones de monitoreo		Subcategoría D1: Riego de vegetales	
		W-01	W-02	Agua para Riego No Restringido	Agua para Riego Restringido
Coliformes totales	NMP/100 mL	79×10^2	70×10^2	**	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	49×10^2	33×10^2	1 000	2 000
Huevos de Helmintos	Huevos/L	0	0	1	1

Nota. Resultados determinados en el laboratorio Alab del año 2021, y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría III, D.S N° 004-2017-MINAM.

De la Tabla 18, se aprecia que los resultados de Coliformes Termotolerantes presentan valores de 49×10^2 NMP/100 ml para la estación W-01, y de 33×10^2 NMP/100 ml para la estación W-02, excediendo el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego no restringido establecido en un valor de 1000 NMP/100 ml y para el ECA para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego restringido establecido en un valor de 2000 NMP/100 ml.

Para el caso de Huevos de Helmintos los resultados muestran que en las estaciones W-01 y W-02, no se excedieron los ECA, encontrándose 0 Huevos/L. Así mismo es preciso indicar que los Coliformes Totales, no cuentan con un Estándar de Calidad Ambiental para ser comparados.

Tabla 19

Comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental año 2021

MONITOREO 12-02-202					
Parámetro	Unidad	Resultados		ECA	
		Estaciones de monitoreo		Subcategoría D1: Riego de vegetales	
		W-01	W-02	Agua para Riego No Restringido	Agua para Riego Restringido
Coliformes totales	NMP/100 mL	35×10^3	92×10^3	**	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	49×10^2	17×10^3	1 000	2 000
Huevos de Helmintos	Huevos/L	0	0	1	1

Nota. Resultados determinados en el laboratorio Alab del año 2021, y su comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas Categoría III, D.S N° 004-2017-MINAM.

De la Tabla 19, se aprecia que los resultados de Coliformes Termotolerantes presentan valores de 49×10^2 NMP/100 ml para la estación W-01, y de 33×10^2 NMP/100 ml para la estación W-02, excediendo el Estándar de Calidad Ambiental para la Sub categoría D1:Riego de vegetales, agua para riego no restringido establecido en un valor de 1000 NMP/100 ml y para el Estándar de Calidad Ambiental para la Sub categoría D1: Riego de vegetales, agua para riego restringido establecido en un valor de 2000 NMP/100 ml.

Para el caso de Huevos de Helmintos los resultados muestran que en las estaciones W-01 y W-02, no se excedieron los Estándares de Calidad Ambiental, encontrándose 0 Huevos/L. Así mismo es preciso indicar que los Coliformes Totales, no cuentan con un Estándar de Calidad Ambiental para ser comparados.

4.3. Propuesta de tratamiento para las aguas del Canal Huatica

Para mejorar la calidad del agua del canal Huatica se propone la implementación de una planta de tratamiento de agua de Lodos Activados, a fin de tratar las aguas que ingresan al distrito y destinarlas para actividades de riego, donde existe una demanda aproximada de **65 400 m²** en parques y jardines y se requiere para satisfacer dicha demanda **320 m³/día** como caudal de diseño.

El tratamiento se realizará desde el momento que el agua ingresa al distrito a través del canal Huatica, realizando un almacenamiento previo antes de iniciar el tratamiento, se considerarán las características microbiológicas del agua, para lograr obtener un agua de calidad para riego. La propuesta de la planta de tratamiento se ha desarrollado en base a las características microbiológicas del agua que se va a tratar, para lograr que el agua sea apta para riego en el distrito. El tratamiento que se dará al agua en esta planta será capaz de mejorar los parámetros que están fuera del Estándar de Calidad Ambiental como Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y Huevos de Helmintos, principalmente, aunque el sistema también permitirá reducir la DQO, DBO, SST y Turbiedad, parámetros que no han sido considerados dentro de nuestros objetivos. La planta de tratamiento propuesta contará con 4 etapas en las que se incluye el pretratamiento, oxidación de materia orgánica, sedimentación y desinfección final del agua del canal Huatica. Seguidamente, se detalla cada una de las etapas consideradas:

➤ **Pretratamiento**

El agua del canal Huatica será direccionada y colectada en tanques de almacenamiento para luego derivarlas mediante canaletas hacia dos rejillas de desbaste para materiales, principalmente su funcionalidad consiste en retener el material de tamaño grueso y medio que contiene el agua como pedazos de cartón, madera, latas, papel, etc. El sistema mecanizado de rejilla o cribas se usará generalmente para remover los residuos sólidos antes mencionados

antes de su ingreso a la planta de tratamiento y su mantenimiento se realiza manualmente por operarios capacitados de la municipalidad de Magdalena del Mar. (Reyes, 2016)

➤ **Tanque de aireación**

Terminado el proceso de desbaste el agua restante ingresará a un tanque de aireación, donde se dará la dosificación con ciertos volúmenes de aire, el aire será administrado a través de bombas y gracias a los difusores el aire circulará de la base del fondo hasta la superficie, para homogenizar la materia orgánica y proveer oxígeno a las bacterias aeróbicas que se encargan de la biodegradación. (Reyes, 2016)

Hay un proceso muy importante que se basa en desarrollar de manera acelerada los microorganismos que se encuentran en el agua y responsable de este proceso es la aireación artificial, asimismo, el mezclado es un proceso de gran relevancia para un correcto desarrollo del tratamiento. El proceso permite que las bacterias aeróbicas presentes en un medio rico en nutrientes, como es el caso de las aguas residuales se desarrollan y crecen exponencialmente, formando una masa activa llamada lodos activados, finalmente, se trata las aguas residuales y se remueve la carga orgánica eficientemente. (Reyes, 2016)

➤ **Clarificador**

Esta etapa permite alcanzar una clarificación y sedimentación de lodo generado en el digester aerobio, donde se pierde velocidad y alcanza cierto reposo para favorecer la precipitación y sedimentación del lodo activado en el fondo del tanque, un porcentaje del lodo activado sedimentado es recirculado al tanque digester o de aireación, para mantener una concentración estable, mientras que el lodo restante pasa a un estanque digester de lodos, para su estabilización y deshidratación posterior. (Reyes, 2016)

➤ Filtración y desinfección

Terminada la etapa anterior, el agua ya clarificada será derivada a un proceso de filtración y desinfección final donde se plantea el uso de Cloro para la remoción completa de coliformes y finalmente el agua tratada será derivada mediante un conducto para ser empleada para riego. La dosis recomendada de Cloro para la propuesta de tratamiento está entre 4-8 mg/l. (Reyes, 2016)

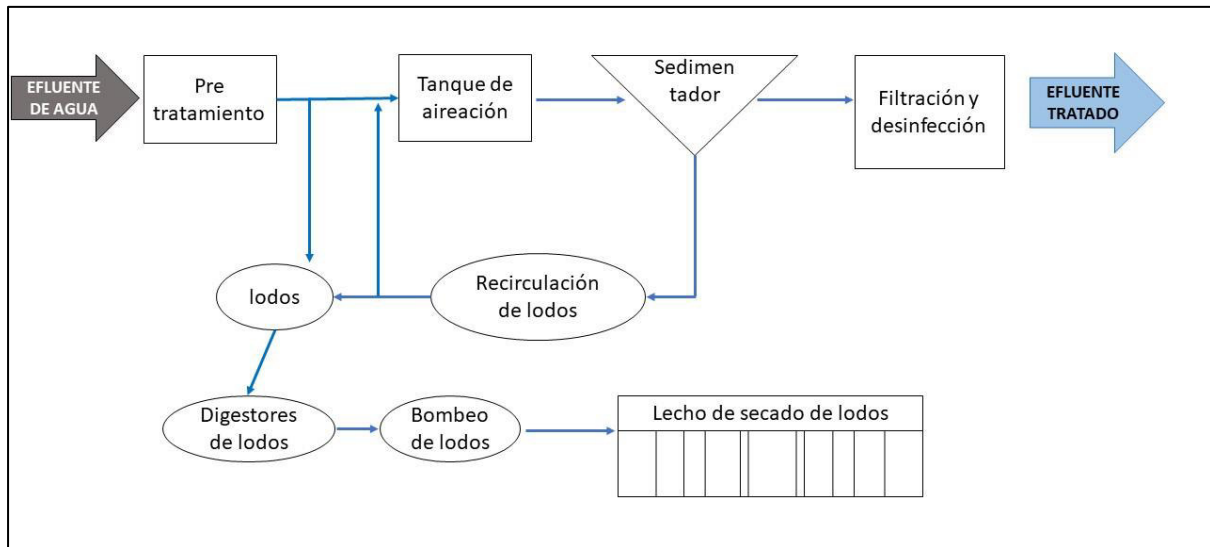
Tabla 20

Dosis de Cloro para diferentes tipos de efluentes

Tipo de efluente	Dosis recomendada de cloro (mg/L)
Efluente primario	10 a 25
Efluente de filtros percoladores	5 a 15
Efluente proveniente de lodos activados	4 a 10
Efluente de lodos activados filtrados	4 a 8
Efluente nitrificado	4 a 8
Efluente de pozo séptico	10 a 30
Efluente de filtro de arena intermitente	2 a 6

Nota. Dosis de Cloro para diferentes tipos de efluentes, Adaptada de “Uso del Cloro en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas: Desinfección y Formación de Subproductos”, por Reyes, 2016.

La aplicación de una tecnología por Lodos Activados ha demostrado tener buenos resultados en reducir los contaminantes de las aguas residuales, en este sentido podemos decir que cumplen con la normativa ambiental D.S. N°003-2010-MINAM (Límites Máximos Permisibles). En la Figura 6, se aprecia las etapas en el proceso de tratamiento de aguas residuales propuesta en la presente investigación mediante la tecnología de lodos activados.

Figura 6*Esquema del Sistema de Tratamiento de Lodos Activados*

➤ **Regado de Parques y Jardines con aguas tratadas del Canal Huatica.**

Con la finalidad de evitar el consumo de agua potable o dejar de utilizar aguas contaminadas para el regado de parques y jardines, el aprovechamiento de las aguas tratadas es de vital importancia para minimizar la escasez de agua en el futuro. El agua residual tratada minimizaría los residuos o contaminantes en el ambiente y generaría beneficios tanto económicos, así como ambientales. Las aguas residuales proveniente de actividades domésticas, tratadas con tecnología de lodos activados, seguido de un adecuado manejo y gestión, nos brindan la seguridad para el riego en áreas verdes como parques, jardines, centros recreativos, viveros, áreas de cultivo y forestales.

En este caso, al tratar las aguas del canal que presenten un caudal promedio de 500 l/s se pueden regar aproximadamente 9279 m² de áreas verdes que beneficiaría al municipio de Magdalena del Mar.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la investigación desarrollada por Quispe (2018), “Gestión del Agua para Riego de Áreas Verdes en el Distrito de Pueblo Libre, Lima, Perú”, se formuló propuestas de manejo del agua destinada al uso en las áreas verdes para el distrito de Pueblo Libre. La metodología usada en el trabajo consistió en recolectar información de la gestión municipal del año 2017, empleando dos metodologías: Se determinó la calidad del agua del canal Huatica a través de la aplicación de análisis de laboratorio y se realizó una auditoria para comprobar el cumplimiento de la gestión de los recursos del agua a través de un Enfoque Ecosistémico. Los puntos de monitoreo fueron tomados en dos estaciones y los resultados arrojaron cantidades fuera de los valores establecidos en el ECA, en la primera estación la cual correspondía a una muestra de agua que ingresaba al distrito donde obtuvo 3500 NMP/100 ml (antes del tratamiento) de coliformes fecales y el punto dos contenía 54 000 NMP/100 ml (después del tratamiento preliminar), concluyéndose que la planta de tratamiento con la que cuenta la municipalidad no es significativa en la mejora de las características del agua destinada al riego. En nuestro trabajo de investigación los resultados obtenidos para Coliformes Fecales (Termotolerantes) para el primer monitoreo del año 2020 para las estaciones W-01 y W-02 los resultados fueron de 46×10^3 y 24×10^4 NMP/100 ml, para el segundo monitoreo se obtuvo 17×10^4 y 17×10^3 NMP/100 ml y para el tercer monitoreo se obtuvo 46×10^4 y 79×10^2 NMP/100 ml. En los tres monitoreos realizados en el año 2021 para las mismas estaciones los resultados del primer monitoreo fueron 24×10^5 y 13×10^5 NMP/100 ml, para el segundo monitoreo se obtuvo 49×10^2 y 33×10^2 NMP/100 ml y para el tercer monitoreo se obtuvo 49×10^2 y 17×10^3 NMP/100 ml. De los resultados obtenidos en ambas investigaciones se aprecia que lo reportado por Quispe (2018), y lo obtenido en nuestra investigación, en ambos casos se exceden los Estándares de Calidad Ambiental, de acuerdo con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Con relación al estudio desarrollado por Calderón (2019), en su estudio realizado sobre “Evaluación Microbiológica del Agua de Riego en épocas de estiaje en Carquín Chico, Distrito de Hualmay – 2018”, se evaluó la calidad microbiológica del agua en tiempo de caudal mínimo, la metodología consistió en analizar coliformes fecales y escherichia coli en el agua; luego de la caracterización se obtuvo como resultados promedio 3125 NMP/100 ml para coliformes Termotolerantes, con una variación de 2600 a 3600 NMP/100 ml, por otro lado, para Escherichia coli resulta en promedio 122,5 ucf/100 ml, con una variación de 50 a 210 ucf/100 ml. En esta investigación se evidencia que la cantidad de coliformes Termotolerantes presentes en el agua excede el estándar permitido de 1000 NMP/100 ml, sin embargo, la cantidad de escherichia coli no superan el ECA para agua de regadío. A diferencia de nuestro trabajo de investigación, los resultados obtenidos para Coliformes Fecales (Termotolerantes) para el primer monitoreo del año 2020 para las estaciones W-01 y W-02 los resultados fueron de 46×10^3 y 24×10^4 NMP/100 ml, para el segundo monitoreo se obtuvo 17×10^4 y 17×10^3 NMP/100 ml y para el tercer monitoreo se obtuvo 46×10^4 y 79×10^2 NMP/100 ml. En los tres monitoreos realizados en el año 2021 para las mismas estaciones los resultados del primer monitoreo fueron 24×10^5 y 13×10^5 NMP/100 ml, para el segundo monitoreo se obtuvo 49×10^2 y 33×10^2 NMP/100 ml y para el tercer monitoreo se obtuvo 49×10^2 y 17×10^3 NMP/100 ml. De ambas investigaciones se aprecia que lo reportado por Calderón (2019), y lo obtenido en nuestra investigación, se exceden los ECA, según lo establecido por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Con relación al estudio desarrollado por Mayca (2019), en su tesis denominada: “Calidad de agua del río Rímac sector Chicla, provincia de Huarochirí, departamento de Lima”, al determinar la calidad de agua del Río Rímac en el Distrito de Chicla y su cumplimiento de acuerdo a lo establecido en el ECA, se analizó información histórica de 09 años (2010-2018) y se realizó un monitoreo de agua en el 2019, en el cual se identificó metales, Coliformes, y elementos físico-químicos (pH, OD, DBO, DQO, O, conductividad, temperatura y ST). Los valores encontrados con referencia a Coliformes Termotolerantes, tuvieron un máximo de 23000 NMP/100ML y Coliformes Totales con un máximo de 16000 NMP/100ML. En nuestro trabajo de investigación los resultados obtenidos para Coliformes Fecales (Termotolerantes) para el primer monitoreo del año 2020 para las estaciones W-01 y W-02 los resultados fueron de 46000 y 240000 NMP/100 ml, para el segundo monitoreo se obtuvo 170000 y 17000 NMP/100 ml y para el tercer monitoreo se obtuvo 460000 y 7900 NMP/100 ml. En los tres monitoreos realizados en el año 2021 para las mismas estaciones los resultados del primer monitoreo fueron 2400000 y 1300000 NMP/100 ml, para el segundo monitoreo se obtuvo 4900 y 3300 NMP/100 ml y para el tercer monitoreo se obtuvo 4900 y 17000 NMP/100 ml. De los resultados logrados en ambas investigaciones se evalúa que lo reportado por Mayca (2019), y lo obtenido en la presente investigación, exceden los ECA, y de acuerdo con los valores elevados de los parámetros microbiológicos del agua, se muestra que el agua tiene alto grado de contaminación en lo que respecta a materia orgánica de origen fecal, esta contaminación fecal es procedente humano o animal.

VI. CONCLUSIONES

- Los resultados de la evaluación microbiológica de la calidad del agua en el canal Huatica ha permitido proponer un sistema de tratamiento con tecnología de lodos activados para ser utilizado con fines de riego en áreas recreativas, lo cual permitirá mejorar la calidad ambiental y sanitaria de la población residente en del distrito de Magdalena del Mar.
- De acuerdo con el primer objetivo se concluye que, en los análisis realizados en los años 2020 y 2021, para las estaciones W-01 y W-02, los Coliformes Termotolerantes alcanzaron valores máximos de 24×10^5 y 13×10^5 NMP/100 ml respectivamente, excediendo significativamente el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.
- Según el segundo objetivo se concluye que, el monitoreo efectuado en los años 2020 y 2021, para las estaciones W-01 y W-02, la cantidad de Coliformes Totales alcanzaron valores máximos de 41×10^5 y 35×10^5 NMP/100 ml respectivamente, sin embargo, este parámetro no está normado dentro de los Estándares de Calidad Ambiental Nacional como medio de comparación.
- En relación al tercer objetivo se concluye que, para las estaciones W-01 y W-02 de donde se extrajo la muestra a monitorear en el año 2020 y 2021, no se registraron concentraciones de Huevos de Helminos, encontrándose dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecido en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.
- La propuesta de un sistema de tratamiento de agua se basa en una tecnología de Lodos Activados, la cual alcanza según estudios una eficiencia de hasta el 95% de remoción, dicha propuesta cuenta con 4 etapas: el pretratamiento, oxidación de materia orgánica, sedimentación y desinfección final del agua, siendo la dosis recomendada de cloro para la propuesta de tratamiento de 4-8 mg/l.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la Municipalidad de Magdalena del Mar evalúe la posibilidad de implementar la propuesta de la planta de tratamiento de agua con tecnología de Lodos Activados para alcanzar la mayor eficiencia en la remoción de patógenos y de esa manera pueda cumplir con los estándares de calidad ambiental para agua de riego en parques y jardines, alineándose a la normativa ambiental vigente de nuestro país.
- Se recomienda a la Municipalidad de Magdalena del Mar que en el marco de sus funciones coordine con la Comisión de Usuarios Surco-Huatica (CUSH) para identificar y erradicar las fuentes de contaminación. Asimismo, en conjunto logren crear estrategias que minimicen la contaminación del agua del canal Huatica, de tal manera que aporten a la mejora de la calidad microbiológica del agua del canal Huatica.
- Hacer de conocimiento a la población interesada de Magdalena del Mar, los resultados del presente trabajo, con la finalidad de informar a los ciudadanos sobre el estado en el que se encuentran las aguas del canal Huatica y de esa manera promover la concientización ambiental.
- Se recomienda que las autoridades competentes continúen con los controles y monitoreos periódicos de los parámetros evaluados en el presente informe, y amplíen a otros parámetros físicos y químicos.
- A fin de evitar colmataciones del canal Huatica, se recomienda realizar mantenimiento periódico con trabajos de descolmatación a lo largo de todo su trayecto, a fin de evitar inundaciones en los distritos que recorre.

VIII. REFERENCIAS

- Acosta, J.& Salvadori, J. (2017). Evaluación de la calidad de agua para riego mediante el empleo de criterios actualizados [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Pampa]. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/1376>
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). Plan nacional de recursos hídricos del Perú: Memoria 2013. Ediciones ANA, N°166. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/224>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Ediciones ANA , N° 151. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua Ica-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. Ediciones ANA, N°15. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S., & Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4), Art. 4. <https://doi.org/10.22490/24629448.338>
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a La Metodología Científica (6ta ed.). Editorial Espisteme. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Atencio, H. (2018). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y Región Pasco- 2018. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/428>

Baena, G. (2017). Metodología de la investigación. Serie integral por competencias (3ta ed.).

Grupo

Editorial

Patria.

http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

Bernal , C. (2010). Metodología de la Investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales. En C. A. Torres. Colombia: Pearson Educación.

Bernex, N, Carlotto, V., Cabezas, C., Shady, R., Roca, F., Durand, M., & Ismodes, A. (2015). El Agua urbana en el Perú. En Desafíos del agua urbana en Las Américas. Perspectiva de las Academias de Ciencias. México.

Blanco, A. & Mamani, H. (2014). Evaluación y optimización en el tratamiento de aguas residuales de la industria avícola para su reutilización en sistemas de refrigeración [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3887>

Blanco Jiménez , M., & Villalpando Cadena, P. (2012). Metodología para investigaciones de alto impacto en las ciencias sociales. (pp 442). Editorial DYKINSON, S.L.

dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=788494

Botero, D., & Restrepo, M. (2003). Parasitosis humanas, texto atlas. Medellín, Colombia: Corporación para Investigaciones Biológicas.

Calderon, F. (2019). Evaluación microbiológica del agua de riego en épocas de estiaje en Carquín Chico, distrito de Hualmay - 2018. [Tesis de Maestría, Universidad José

Faustino

Sanchez

Carrión].

<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/2816>

- Cava, T., & Ramos, F. (2016). Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/850>
- CEPAL - Naciones Unidas. (2021). Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo
<https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/instituciones/ministerio-del-ambiente-minam-de-peru>
- Chuhue, R., & Van Dalen, P. (2014). Lima Subterránea. Arqueología Histórica. Criptas, Bóvedas, Canales Virreinales Y Republicanos - Ed. 1 2014 (1a. ed). Dextra Editorial.
- Colonia, E. (2015). Calidad del agua para riego en la microcuenca de la quebrada Ampu - centro poblado de Maya- Carhuaz – 2015. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayol].
<https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1197>
- CONAGUA. (2013). Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales 2013. México: Coordinación General de Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua.
- Constitución Política del Perú. (1993). Lima, Lima, Perú.
- Costa, C. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4126>
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Bogotá, Colombia: McGraw.

- ECA. (2017). Estándar de calidad ambiental para agua. Decreto Supremo N° 004- 2017-MINAM.(pp 10).
- Eckner, K. (1998). Comparison of membrane filtration and multiple-tube fermentation by the colilert and enterolert methods for detection of waterborne coliform bacteria, *Escherichia coli*, and enterococci used in drinking and bathing water quality monitoring in southern Swed.<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC106820/>
- Erdal, U., Erdal, Z., & Randall, C. (2003). A thermal adaptation of bacteria to cold temperatures in an enhanced biological phosphorus removal system. *Water Sci. Technol.* 47, 123-128.
- Hernández, R. E. (2003). *Propuesta para la elaboración del manual de procedimientos normalizados de análisis microbiológico en aguas para el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5678/>
- Google Maps. (2022). Google Maps (Fotografía aérea). Obtenido de <https://www.google.com/maps>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación (6 ed.). México: Mc Graw Hill educación.
- Ideas Books. (1998). Biblioteca de la Agricultura (2 ed.). Barcelona, España: Lexus.
- Larrea, J., Rojas , M., Romeu , B., Rojas , N., & Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44 (3), 24-34.
- Larrea, J., Rojas, M., Heydrich, M., Romeu, B., Rojas, N., & Lugo , D. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica. *Hig Sanid Ambient.*

- Lizarzaburu, J. (2018). Canales Surco y Huatica. 2000 años regando vida. Lima, Perú. Litho & Arte SAC.
- López, F., Chavez, A., & Casas, E. (2005). Contaminación de los parques públicos de los distritos de Lima Oeste con huevos de *Toxocara* sp. *Revista de Investigación Veterinarias del Perú* , 01-06.
- Mayca , G. (2019). Calidad de agua del Río Rímac sector Chicla, Provincia de Huarochirí, departamento de Lima [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_8af97fe359cbe31efba33cb724c0cc1b
- Méndez , C. (2011). Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales (4ta.ed) México: Limusa.
- Mera, J., & Vásquez, D. (2017). Determinación de la calidad de agua para riego en el sistema de conducción, Santa Ana. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Manabí]. <http://repositorio.utm.edu.ec/items/3cf42073-e805-4492-97d8-a455ecf58df6>
- Metcalf & Eddie. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización (3ra ed.). España: Mcgraw Hill.
- Meza, V. (2016). Calidad del recurso hídrico de la subcuenca del río lampa-Huancayo.[Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_2dc31fed828c0c703f57f00906cedd4f/Details
- MINAGRI. (2006). Resolución Administrativa N° 359-2006-AG-SGAM/ATDR.CHRL. Aprueban Padrón de usuarios de la Comisión de Regantes del Subsector de Riego Surco. .
- MINAGRI. (2010). Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. Ley N° 29338. Lima, Lima, Perú.

- MINAM. (2005). Ley General del Ambiente. LEY N° 28611. Lima, Lima, Perú.
- MINAM. (2009). Ley de los Recursos Hídricos. Ley N° 29338. Lima, Lima, Perú.
- MINAM. (2015). . Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, Decreto Supremo N° 015-2015
- MINAM. Ministerio del Ambiente, Lima.<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-N%C2%B0-015-2015-MINAM.pdf>
- MINAM. (07 de Junio de 2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. Lima, Lima, Perú.
- MINAM. (2000). La Situación Actual y los Problemas Existentes y Previsibles. En Libro Blanco del Agua en España. España.https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2_Libro_blanco_del_agua.pdf
- Ñaupas , H., Villagomez , A., Novoa, E., & Mejía, E. (2014). Metodología de la investigación. Cualitativa – cualitativa y redacción de tesis (4ta ed.). Colombia: Ediciones de la U.
- OEFA. (s.f.). Fiscalización ambiental en Aguas residuales. 2014. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Lima.
- ONU. (22 de Octubre de 2014). Decenio Internacional para la acción "El agua fuente de vida" 2005-2015. Calidad del agua.<https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Pavón, Y., & Rocha, J. (2015). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológico 2010-2011. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua]. <https://repositorio.una.edu.ni/3227/>

- Pyrczak , F. (2014). Evaluating research in academic journals. A practical guide to realistic evaluation (6ta ed.). Estados Unidos de América: Routledge.
- Quintero, J. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglahuayco. Siembra. 6(2), 16– 41. [DOI: 10.29166/siembra.v6i2.1641](https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641).
- Ccama, D. (2020). Calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa—Melgar [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3276099>
- Quispe , Y. (2018). Gestión del agua para riego de áreas verdes en el distrito de Pueblo Libre, Lima, Perú [Tesis de grado - Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11915>
- Reyes, W. (2020). Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma—AQUAFIL [Tesis de grado - Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15532>
- Reyes López, G. M. (2016). Uso del cloro en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas: Desinfección y Formación de Subproductos [Tesis de grado - Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2894633>
- Rodriguez, M. (2010). Métodos de investigación.(1a.ed).Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, México. : México.
- Romeu, B. (2012). Caracterización de cepas de Escherichia coli de importancia clínica humana aisladas de ecosistemas dulceacuícolas de La Habana.[Tesis de grado - Doctorado, Universidad de La Habana, Cuba.]

- Rompré , S. (s.f.). Methods of detection and enumeration of. 2002. J Microbiol Methods.
- Ruiz, A. (2003). El agua en la agricultura. México: Instituto de Tecnología del Agua.
- Sagordoy, A. (1993). Guidelines for drinking water quality. Geneva.(3ra.ed).
- Salinas , P., & Cárdenas , M. (2009). Métodos de investigación social (2 ed.). En Métodos de investigación social (2 ed.). Ecuador: Quipus CIESPAL.
- Sanchón, M. (2002). Contaminación del agua. Salud Pública y AP de Salud.<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1090/Contaminacion%2520de1%2520agua.pdf>
- SUNASS, & GIZ. (2016). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
- UN WWDR. (2017). Calidad del agua y aguas residuales.<https://www.unwater.org/water-facts/quality-and-wastewater-2/>
- Valles, M., Guerrero, V., Sanchez, E., Ojeda, D., & Prieto, A. (2017). Calidad del agua para riego en una zona Nogalera del estado de Chihuahua. Rev. Int. Contam. Ambie. 33 (1) 85-97. [DOI: 10.20937/RICA.2017.33.01.08.](https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.08)

IX. ANEXO A

MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO EN EL CANAL HUATICA DEL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR

