

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

SISTEMA ANTRÓPICO Y CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO DOÑA ANA, DISTRITO DE CHOTA - 2018

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Sc. ALFONSO SANCHEZ ROJAS

Asesor:

Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA

Cajamarca, Perú

2023

COPYRIGHT © 2023 by
ALFONSO SANCHEZ ROJAS
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

SISTEMA ANTRÓPICO Y CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO DOÑA ANA, DISTRITO DE CHOTA - 2018

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Sc. ALFONSO SANCHEZ ROJAS

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Asesor

Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez
Jurado evaluador

Dr. José Francisco Huamán Vidaurre
Jurado evaluador

Dr. Wilfredo Poma Rojas
Jurado evaluador

Cajamarca, Perú

2023



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las 16 horas, del día 14 de julio del año dos mil veintitrés, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el Dr. MARCIAL HIDELSO MENDO VELÁSQUEZ, Dr. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE, Dr. WILFREDO POMA ROJAS y en calidad de Asesor, el Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **SISTEMA ANTRÓPICO Y CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO DOÑA ANA, DISTRITO DE CHOTA - 2018**; presentada por el Magister Scientiae en Producción Agrícola **ALFONSO SANCHEZ ROJAS**

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordóAPROBAR..... con la calificación deDieciocho (18)..... la mencionada Tesis; en tal virtud, el Magister Scientiae en Producción Agrícola **ALFONSO SANCHEZ ROJAS**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las 17:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Asesor


.....
Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez
Presidente-Jurado Evaluador


.....
Dr. José Francisco Huamán Vidaurre
Jurado Evaluador


.....
Dr. Wilfredo Poma Rojas
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mi Padre Dios Todopoderoso y a la Santísima Virgen, mi capitana de siempre
A la memoria de mi queridísima madre Rosita Rojas Jara y de mi amado nieto Oscar Lenio

Sánchez Ruíz.

A mi esposa Regina Elizabeth, mis hijos Regina Yané, Oscar Alfonso, Karina
Roxana, Milagros del Rosario, Francis Miguel y Karina Alejandra, nietos y
demás familiares.

A mis compañeros de doctorado por su apoyo y cariño.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis, el Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia, por el estímulo a seguir creciendo intelectualmente, por su apoyo, trabajo y capacidad para guiar esta investigación y que ha sido una contribución invaluable en el impulso de este trabajo de tesis.

Mi agradecimiento a todos los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca por compartir sus conocimientos, dedicación, tiempo y motivarme a salir adelante.

A los doctores Juan de Dios Aguilar Sánchez, Mariela Nuñez Figueroa y Azucena Chávez Collantes por su incondicional apoyo y aporte en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de investigación	5
2.2. Marco teórico – bases científicas	22
2.3. Definiciones conceptuales	62
CAPÍTULO III	65
MATERIALES Y METODOS	65
3.1. Ubicación	65
3.2. Características generales de la cuenca	67
3.3. Materiales y equipos	71
3.4. Metodología	73
CAPÍTULO IV	79
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	79
4.1. Sistema antrópico:	79
4.2. Calidad del agua	88
CAPÍTULO V	129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
5.1. Conclusiones	129
5.2. Recomendaciones	130
CAPÍTULO VI	132
LISTA DE REFERENCIAS	132
CAPÍTULO VII	153
ANEXOS	153

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<i>Tabla 1. Materiales y equipos de laboratorio</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 2. Unidad de análisis, población y muestra en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota 2018</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 3. Estaciones de muestreo en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota - 2018.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 4. Parámetros seleccionados para determinar los ICA del agua de la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota - 2018</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 5. Métodos de detección</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 6. Actividades económicas de la microcuenca del Río Doña Ana, distrito de Chota-2018... </i>	<i>79</i>
<i>Tabla 7. Actividades agrarias realizadas en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018. </i>	<i>82</i>
<i>Tabla 8. Cultivos sembrados, rendimiento máximo, mínimo y promedio en la cuenca río Doña Ana, distrito de Chota-2018</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 9. Percepción de pobladores sobre el rendimiento de sus chacras en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 10. Percepción de pobladores sobre las causas del bajo rendimiento de sus chacras en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 11. Prácticas agrícolas utilizadas por los pobladores en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 12. Problemas asociados al rendimiento en la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 13. Percepción de la producción de sus parcelas o chacras en los últimos 10 años y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 14. Percepción sobre la práctica de la Minimización y Degradación, y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 15. Percepción sobre la práctica de labranza de la tierra y la Contaminación del agua del río</i>	

<i>Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 16. Percepción sobre la práctica del riego y la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 17. Percepción sobre las prácticas agrícolas y la contaminación del agua del ríoDoña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 18. Relación entre las actividades agrarias y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 19. Distribución porcentual según plantaciones forestales y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 20. Distribución porcentual según tipo de insumos utilizados en el área forestal y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 21. Relación entre la actividad forestal y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 22. Percepción sobre las prácticas pecuarias y la contaminación del agua del ríoDoña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 23. Percepción sobre las prácticas de instalación en la producción pecuaria y la contaminación del agua del ríoDoña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 24. Percepción sobre las prácticas del manejo sanitario y la contaminación del agua del ríoDoña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 25. Percepción sobre las prácticas de alimentación y agua y la contaminación del agua del ríoDoña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 26. Percepción sobre las prácticas de mejoramiento genético y la contaminación del agua del ríoDoña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 27. Percepción sobre las prácticas de manejo de pastos y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 28. Relación entre las prácticas pecuarias y la percepción de la Contaminación del agua del</i>	

<i>río Doña Ana, distrito de Chota-2018</i>	102
<i>Tabla 29. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua de acuerdo a la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales</i>	108
<i>Tabla 30. Promedios de datos obtenidos y sistematizados en tres etapas de monitoreo por época seca y época lluviosa en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota - 2018</i>	108
<i>Tabla 31. Datos de parámetros microbiológicos y físico químicos que corresponden a resultados de seis (06) muestras de agua para 01 punto de monitoreo en la quebrada Colpa</i>	117
<i>Tabla 32. Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE) para 01 punto de monitoreo en la cuenca de la quebrada Colpa</i>	118
<i>Tabla 33. Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE) para 01 punto de monitoreo en la cuenca de la quebrada Pingobamba</i>	119
<i>Tabla 34. Datos de parámetros microbiológicos y físico químicos que corresponden a resultados de seis (06) muestras de agua para 01 punto de monitoreo en la quebrada Pingobamba</i>	120
<i>Tabla 35. Datos de parámetros microbiológicos y físico químicos que corresponden a resultados de seis (06) muestras de agua para 01 punto de monitoreo en la cuenca del río Doña Ana</i>	121
<i>Tabla 36. Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE) para 01 punto de monitoreo en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018</i>	122
<i>Tabla 37. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales en los 3 puntos de monitoreo en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018, según calificación ICARHS</i> ...	123
<i>Tabla 38. Resultados de análisis físicos, químicos y biológicos del agua en la quebrada Colpa</i>	153
<i>Tabla 39. Resultados de análisis físicos, químicos y biológicos del agua en la quebrada Pingobamba</i>	154
<i>Tabla 40. Resultados de análisis físicos, químicos y biológicos del agua en el río Doña Ana</i>	155

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<i>Figura 1. Calidad de agua</i>	36
<i>Figura 2. Parámetros a evaluar en el ICARHS</i>	43
<i>Figura 3. Valoración del ICARHS</i>	47
<i>Figura 4. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua de acuerdo a categorías</i>	48
<i>Figura 5. Mapa de ubicación de la cuenca del río Doña Ana</i>	66
<i>Figura 6. Mapa hidrológico de la cuenca del río Doña Ana</i>	68
<i>Figura 7. Trasvase de las aguas del río Conchano a la cuenca del río Doña Ana</i>	69
<i>Figura 8. Riego por aspersión de parcelas de alfalfa en la comunidad del Campamento</i>	81
<i>Figura 9. Reservorio de cosecha de agua en la comunidad de Pingobamba Alto</i>	81
<i>Figura 10. Superficie sembrada por cultivo en la cuenca del río Doña Ana</i>	84
<i>Figura 11. Temperatura y Ph en las quebradas Colpa, Pingobamba y río Doña Ana</i>	125
<i>Figura 12. Coliforme termotolerantes, sólidos totales, y turbidez en las quebradas Colpa, Pingobamba y río Doña Ana</i>	126
<i>Figura 13. Nitratos (mgL^{-1}), fosfatos (mgL^{-1}) y oxígeno disuelto (mgL^{-1}) en Colpa, Pingobamba y río Doña Ana</i>	127
<i>Figura 14. Vista panorámica de la cuena del río Doña Ana</i>	159
<i>Figura 15. Quebrada Colpa</i>	159
<i>Figura 16. Quebrada Pingobamba en la unión con el río Doña Ana</i>	161
<i>Figura 17. Río Doña Ana</i>	161
<i>Figura 18. Producción agrícola</i>	162
<i>Figura 19. Producción pecuaria</i>	163
<i>Figura 20. Producción forestal</i>	164
<i>Figura 21. Otras actividades antrópicas</i>	164

RESUMEN

El sistema de drenaje superficial, de la cuenca del río Doña Ana en su recorrido atraviesa varios centros poblados como El Campamento, Pingobamba, entre otros, donde predomina la actividad agraria. Esta investigación se centró en describir el sistema antrópico en cuanto a los usos agrícola, pecuario y forestal del suelo, además describió la calidad del agua de la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota, 2018. Para determinar los usos agrícola, pecuario y forestal se aplicó una encuesta, encontrándose que el 100 %, 95 % y el 89 % realizaron actividad agrícola, pecuaria y forestal, respectivamente. Se seleccionaron 3 estaciones de muestreo en dos momentos para determinar la calidad del agua; en los meses de junio, julio y agosto del 2019 y diciembre, enero y febrero 2020. Se utilizó el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales que comprende nueve parámetros: coliformes fecales, pH, DBO5, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbidez, sólidos totales y oxígeno disuelto; y que según la Ley de Recursos Hídricos del Perú N° 29338 concibe la calidad del agua como “aquellas condiciones que deben mantenerse en el agua para que ésta posea un ecosistema equilibrado y que cumpla con los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua)”, fijados por el Ministerio del Ambiente. Los usos agrícolas y urbanos ubicados en las áreas circundantes a los cursos fluviales aportaron desde 2,3 a 12,3 mg L⁻¹ de nitratos; desde 2,3 a 5,0 mg L⁻¹ de fosfatos, valores que superan los límites máximos permisibles lo que indica que las aguas de este río están siendo contaminadas por la acción antrópica. Los resultados de la calidad del agua en los tres puntos de muestreo del Cálculo de los Factores del ECA-PE excedentes de cada parámetro en cada monitoreo fueron de calidad regular para riego de vegetales.

Palabras Clave: *Sistema Antrópico, Calidad del agua, Cuenca hidrográfica.*

ABSTRACT

The surface drainage system of the Doña Ana river basin in its route crosses several populated centers such as El Campamento, Pingobamba, among others, where agricultural activity predominates. This research focused on describing the anthropic system in terms of agricultural, livestock and forestry uses of the soil, in addition to describing the water quality of the Doña Ana river basin, Chota district, 2018. To determine the agricultural, livestock and forestry, a survey was applied, finding that 100 %, 95 %, 89 % carried out agricultural, livestock and forestry activities, respectively. 3 sampling stations were selected at two times to determine the water quality; in the months of June, July and August 2019 and December, January and February 2020. The Environmental Quality Standards (ECA) were used for water. Category 3: Irrigation of vegetables and animal drinking that includes nine parameters: fecal coliforms, pH, BOD5, nitrates, phosphates, temperature change, turbidity, total solids and dissolved oxygen; and that according to the Water Resources Law of Peru No. 29338, water quality is conceived as "those conditions that must be maintained in the water so that it has a balanced ecosystem and that it complies with the Environmental Water Quality Standards (ECA-Water)", established by the Ministry of the Environment. The agricultural and urban uses located in the areas surrounding the fluvial courses contributed from 2.3 to 12.3 mg L⁻¹ of nitrites; from 2.3 to 5.0 mg L⁻¹ of phosphates, values that exceed the maximum permissible limits, which indicates that the waters of this river are being contaminated by anthropic action. The results of the water quality in the three sampling points of the Calculation of the ECA-PE Factors exceeding each parameter in each monitoring were of regular quality for vegetable irrigation.

Key words: *Anthropic System, Water Quality, Hydrographic Basin.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El ser humano en la mayoría de las veces realiza acciones que desequilibran lo natural, originando algo llamado sistema antrópico, el cual está integrado por una serie de elementos que van de la mano con el desarrollo tecnológico, urbanístico, industrial y cultural de la sociedad.

Entre las diversas actividades antrópicas hechas por el hombre se encuentra la construcción de carreteras, represas hidroeléctricas; así como, la transformación de plantaciones por complejos urbanísticos y su influencia comenzaría con la deforestación de bosques para convertirlos en tierras de cultivo y pastoreo.

La mayoría de nuestro planeta está cubierto por agua, siendo este material un bien que facilita la existencia de los seres vivos en el planeta. Entre las distintas masas de agua encontramos en su mayoría los Océanos, que separan los continentes como tierras emergidas, mientras que por otro lado tenemos las conglomeraciones a menor escala, como son los mares, ríos y lagunas, considerándose como tales a la conformación de las denominadas Cuencas Hidrográficas, que tienen una forma en particular y una gran utilidad en su combinación con otros Recursos Hídricos (García, 2012). En la Cuenca Hidrográfica, como la cuenca del río Doña Ana, los recursos naturales y habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares a cada una, importantes para considerarlas como unidades de planificación (Ordoñez, 2011).

La importancia de contar con información sobre la calidad de los cuerpos de agua, para el eficiente aprovechamiento de estos recursos, así como de una gestión adecuada de los mismos, ha llevado a realizar numerosos estudios para hallar los índices que permitan una interpretación fiable del estado real de los cuerpos de agua. En Europa es muy común la búsqueda de información sobre la calidad de un cuerpo de agua para una adecuada gestión, como es el caso del humedal de Spreewald, en Alemania; donde WETwin (2012) mejoraron la gestión del humedal realizando un monitoreo de seis años en el que determinaron las principales actividades antropogénicas que afectaban a la calidad de la masa de agua.

En la presente investigación se ha observado que al carecer de los servicios básicos de agua potable y desagüe y el uso de agroquímicos en las actividades agrosilvopastoril, los pobladores del área rural ocasionan efectos en la cantidad y calidad del agua, ya que las exigencias del contexto social, cultural y político generan en ellos un interés por incrementar la productividad dejando en un segundo plano la conservación y cuidado del medio ambiente, especialmente del recurso hídrico. Esto llevó a estudiar al sistema antrópico y su relación con el estado actual del agua en la cuenca del Río Doña Ana, distrito de Chota, para el periodo 2018, ya que la población de esta cuenca es netamente rural dedicado mayormente a la agricultura, ganadería y en la parte alta a la acuicultura, de tal manera que la mayor parte de los recursos hídricos de la cuenca se ven expuestos a las actividades humanas y a fenómenos naturales que en conjunto, influyen tanto en la disponibilidad para su uso, como en la calidad del propio recurso (Méndez, 2010).

La cuenca del río Doña Ana se ubica en la naciente del río Chotano, importante recurso hídrico que se caracteriza por albergar un valle casi plano, donde se distribuyen una serie de centros poblados rurales como el Campamento, Uchuclachulit, Sivingan, Llasavilca,

Pingobamba alto y bajo y los Lanches; en conjunto abarcan 570 con una población de alrededor de 2850 habitantes (INEI, 2017). Esta situación ha generado fragmentación territorial y, a la vez, un cambio en la técnica de la producción agrícola; así, el rendimiento de los cultivos tiende a disminuir con el tiempo debido a que la tierra no descansa y es cultivada permanentemente. Los pobladores han convertido la chacra en una actividad central generadora de ingresos económicos, deben preocuparse por la productividad del suelo, la tecnología y el acceso a los mercados. En este contexto, la principal actividad económica de la comunidad es la agricultura siendo los principales cultivos el maíz, papa, hortalizas, árboles frutales como paltas, naranjas, mandarinas, manzanos y la explotación de pasturas con rye grass y alfalfa que alimentan a vacunos, cerdos, gallinas y cuyes.

A este proceso, se suma el aumento de la presión demográfica y el deficiente manejo de los recursos naturales, especialmente del agua ya que el agua lo utilizan para actividades agrícolas, en riegos por inundación y solo un 6% utilizan el riego por aspersión; para consumo, pecuario y acuícola, que ha acarreado como consecuencia la disminución de su calidad y la escasez de ésta en comparación con lo que antes tenían (Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA, 2007), ya que sabemos que la calidad del agua de un río depende de un conjunto de factores como su régimen hidrológico y las características hidráulicas del sistema fluvial que influyen en su composición. Sin embargo, esta calidad “natural” se ve muchas veces afectada debido al ingreso de contaminantes de origen antropogénico provenientes de fuentes puntuales y difusas (Aquino, 2017).

La diversidad en calidad y cantidad de los desechos sólidos y efluentes vertidos en ambientes acuáticos es tal que exige el análisis de múltiples variables que interactúan entre sí, por ello motivados en conocer la calidad del agua del río Doña Ana nos planteamos la siguiente

investigación con el objetivo general de describir el sistema antrópico en cuanto al uso agrícola, pecuario y forestal del suelo y la calidad del agua en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota; y, los objetivos específicos de determinar la relación entre la densidad demográfica, el uso agrícola, pecuario y forestal del suelo con la calidad del agua en la cuenca del río Doña Ana y caracterizar la calidad del agua de la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota.

Cómo parte de la investigación, el presente informe contiene en el capítulo I la introducción, donde se recopila la problemática, justificación, objetivos que guiaron la investigación e hipótesis planteada, el capítulo II comprende el marco teórico; donde se evidencia los antecedentes y marco bibliográfico que apoya a la investigación, el capítulo III trata sobre los materiales y métodos; describe ubicación de la investigación, materiales y procedimiento que fueron posible para el desarrollo de la investigación, en el Capítulo IV se describen los resultados y discusión y en el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones y al final se presentan la lista de referencias bibliográficas y apéndices.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. A nivel internacional

Según Lifeder (2022) cuando nos referimos a las actividades antrópicas nos estamos refiriendo a todas aquellas acciones que realizan los seres humanos que pueden afectar los ciclos y el equilibrio de la naturaleza, las cuales, según su magnitud le ocasionan alteraciones, y modificaciones que ponen en riesgo la vida de diversos organismos en el planeta. Estos impactos fueron incrementados desde el inicio de la revolución industrial (siglo XVIII), degradando el ambiente debido a la obtención de una serie de bienes, productos, servicios que satisfagan las demandas de la población que cada día crece más y se incrementa sus patrones de consumo, para lo cual se requieren ingentes cantidades de energía, agua y de diversas materias primas, que superan los límites del planeta. Actualmente la fuente principal de energía es la proveniente de los combustibles fósiles como el gas natural, petróleo y carbón, la cual es altamente contaminante de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Esta energía es utilizada en la obtención de alimentos para el consumo directo por los humanos, para la alimentación de animales y producción de otros productos distintos a los alimentos los cuales generan un alto impacto sobre los ecosistemas. Así pues, el sistema antrópico es un término que proviene del griego ἄνθρωπος cuya pronunciación es anthropos lo que significa “humano”, ya que antrópico es todo aquello que tiene que ver con los seres humanos y

su posición en cuanto a lo natural, ya que engloba a todas las modificaciones que sufre la naturaleza por causa de la acción humana. El ser humano en la mayoría de las veces realiza acciones que desequilibran lo natural, originando algo llamado sistema antrópico, el cual está integrado por una serie de elementos que van de la mano con el desarrollo tecnológico, urbanístico, industrial y cultural de la sociedad. Entre las diversas actividades antrópicas hechas por el hombre se encuentra la construcción de vías férreas, carreteras, represas hidroeléctricas, así como la transformación de plantaciones por complejos urbanísticos ha hecho que el mundo responda de manera contundente ocasionando grandes daños tanto materiales como de vidas.

Como consecuencia de la acción antrópica, que son las acciones que realiza el hombre sobre la naturaleza, la UNESCO (2018-2) reporta que el sueco Johan Rockström y el estadounidense Will Steffen, confeccionaron en 2009 y 2015 una lista que comprende nueve límites del planeta cuyo traspaso resultaría peligroso y dentro de ellos tenemos a cuatro como los más trascendentales: al clima, eliminación de la cobertura vegetal, la pérdida de la biodiversidad y la alteración de los flujos biogeoquímicos, especialmente del ciclo del fósforo y del nitrógeno. Así mismo resaltan la manera en que se habían disparado desde la Segunda Guerra Mundial todos los indicadores disponibles sobre consumo de recursos primarios, utilización de energía, crecimiento demográfico, actividad económica y deterioro de la biosfera.

Díaz y Granada (2018) al estudiar el efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia encontraron que este río es uno de los más contaminados del mundo debido al vertimiento directo de aguas residuales domésticas e industriales sin ningún tratamiento, para ello se trazaron como objetivo determinar el efecto de las

actividades antrópicas del municipio de Villapinzón, sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá, para lo cual midieron 26 variables fisicoquímicas y 4 microbiológicas en nueve estaciones de la parte alta del río Bogotá. Las variables químicas incluyeron cromo, plomo y mercurio y las microbiológicas *Escherichia Coli*, coliformes totales, *Enterococcus faecalis* y *Pseudomona aeruginosa*. Como producto de esta investigación encontraron que en todas las estaciones las variables microbiológicas presentan valores por encima del nivel saludable, concluyendo que existe un deterioro progresivo de la calidad del agua del río Bogotá, lo cual es ocasionado por las actividades antrópicas que se realizan en Villapinzón y que posiblemente ésta sea la causa de la alta prevalencia de enfermedades infecciosas y parasitarias del sistema digestivo en niños mayores a 5 años del municipio (Díaz-Martínez, J. ,2018).

En la ciudad de Veracruz, México se hizo un estudio (López Ortiz, 2015) donde se analizó el impacto de la presión del sistema antrópico sobre los ecosistemas desarrollando un caso de estudio desde la óptica del diseño de paisaje, en una zona urbana que ejerce presión sobre un parche ecológico no catalogado. Como consecuencia de esta investigación se proponen una serie de elementos de diseño que servirán de estrategias para un punto inicial que permita mitigar gradualmente el daño que se está haciendo a estos ecosistemas, concluyendo con ofrecer alternativas que permitan desarrollar infraestructura sin poner en riesgo a los ecosistemas y a la población.

En la Sierras Chicas de Córdoba, Argentina se encuentran las cuencas de los ríos Ceballos y Salsipuedes, los cuales constituyen su principal fuente de abastecimiento de agua para consumo y recreación. En esta región el desarrollo urbano ha aumentado

significativamente en los últimos años, lo que afecta directamente la calidad de estos recursos hídricos. Melina et al. (2013) realizaron un trabajo de investigación sobre los recursos hídricos, para lo cual utilizaron técnicas de muestreo, métodos de análisis estándar y modelado geoquímico en el análisis de la calidad del agua e identificar los factores naturales y antrópicos que determinan su naturaleza y dinámica. Sus resultados indican que por la acción antrópica el agua del río Ceballos es bicarbonato calcárea con tendencia a la mezcla de sulfatos en las zonas urbanas, mientras que el río Salsipuedes, en toda su cuenca, mantiene su carácter bicarbonato-calcáreo.

Tripathi et al.(2019) estudiaron el impacto de la reutilización de aguas residuales municipales a través del sistema de microirrigación en la incidencia de coliformes en cultivos de coliflor y berenjena hortalizas seleccionados, en Nueva Delhi, India, encontrando que en todos los procesos de filtración del agua de riego redujeron significativamente las poblaciones de coliformes totales en un rango de 12-20% y de E. coli en 15–25% respecto al uso de las aguas no tratadas; así mismo reportaron que E. coli en el suelo se redujo hasta 20 días después del cese del riego y estuvo altamente correlacionado con la humedad del suelo; concluyendo que el papel fundamental del riego por goteo subterráneo es básico en la reducción de la carga de coliformes en el suelo y en los productos agrícolas, disminuyendo los riesgos para la salud.

En el estudio realizado por Baghapour et al. (2013) se utilizó el CCME-WQI como herramienta para evaluar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas utilizadas con fines de riego, en donde se evaluaron la calidad fisicoquímica y microbiológica del efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales en Shiraz, Irán, para riego agrícola, para este estudio se tomaron en cuenta 20 parámetros fisicoquímicos y 3 microbiológicos durante el período cálido y frío, correspondiendo el primero a los meses de abril a septiembre y el segundo de octubre. a marzo. Los índices calculados

de los parámetros fisicoquímicos de los efluentes fueron los mismos (87) en los meses cálidos y fríos y 85 para toda la temporada. Encontrando que cuando el índice se calcula con parámetros microbianos, se reduce a 67 para las estaciones cálidas y frías y a 64 para todas las estaciones juntas. Respecto a los parámetros fisicoquímicos TDS, EC y NO₃- y a los parámetros microbianos coliforme fecal, huevo de helmintos y coliformes totales fueron los parámetros que tuvieron la mayor contribución a la reducción del valor del índice. Así mismo se utilizó el CCME – WQI para evaluar la calidad del agua del río Diwaniyah para irrigación (Falih-Al-Khalidi & Al-Asady, 2019) donde se seleccionaron cinco estaciones a lo largo del río. Entre enero y diciembre de 2019 se realizaron algunas pruebas físicas y químicas, entre ellas (conductividad, valor de pH, SAR, cloruro, boro, plomo, cobre, zinc, cadmio, manganeso, cromo). Los resultados confirmaron que los valores guía de calidad del agua para riego están entre (56,12 y 86,72), lo que significa que la calidad del agua del río Divania utilizada para riego está entre las dos categorías (marginal - buena).

En el trabajo de Al-rekabi & Al-khafaji (2014), ICAR se determinó utilizando CCME - WQI, para lo cual colaboraron con 4 estaciones ubicadas a lo largo del río Éufrates en la ciudad de Al-Nassiryia, Irak. El seguimiento se llevó a cabo desde el verano de 2012 hasta la primavera de 2013. Se utilizaron once parámetros de calidad del agua: Tasa de Adsorción de Sodio (SAR), Carbonato de Sodio Residual (RSC), Conductividad, pH, Bicarbonato, Cloruro, Boro, Plomo, Hierro, Cadmio, Cobre. Los resultados de ICAR para el Éufrates oscilaron entre 47,66 y 67,93, lo que indica que el río tiene una calidad de riego moderada.

Ahmed et al. (2020), realizó un estudio donde el objetivo fue conocer la situación de la calidad del agua en la zona de Mathura, para ello se recolectaron 65 muestras de agua en julio de 2016 y se realizó un análisis fisicoquímico comparando sus valores y Assessment se lleva a cabo en cooperación con la Oficina de Normas de la India (BIS). Los resultados mostraron que la dureza total (TH), los sólidos disueltos totales (TDS), Cl^- y Mg^{2+} estaban muy por encima (50%) de los límites permisibles. Los valores de NO_3^- y Cl^- estaban elevados en la mayoría de las muestras. Las fuentes de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ provienen del proceso de meteorización. Los valores del CCME – WQI oscilan entre 1.862 y 82.254, lo que indica una calidad del agua de buena a mala.

Elordi et.al. (2016) evaluaron el impacto antrópico sobre la calidad del agua del arroyo Las Piedras, en Buenos Aires, se planteó determinar y evaluar los factores antrópicos que afectan directa o indirectamente la calidad de sus aguas, encontró que existía una degradación del arroyo y su entorno debido principalmente a la carencia de servicios de saneamiento, al vertido de aguas residuales sin tratamiento previo, que generan contaminación fecal en sus aguas, y a basurales y quemazones en sus márgenes, creando así sitios puntuales de contaminación y diseminación de plagas, potenciales focos infecciosos.

Trovatto et. al. (2015) estudiaron el impacto antrópico sobre el recurso hídrico en cuencas del noreste de la provincia de Buenos Aires afluentes del río de La Plata. El objetivo de este estudio fue analizar mediante herramientas hidroquímicas e hidrodinámicas el impacto de la actividad antrópica, donde se midieron niveles, se analizaron parámetros fisicoquímicos in situ y extrajeron muestras para determinaciones bacteriológicas y de iones mayoritarios, metales pesados,

hidrocarburos totales y plaguicidas en donde se registraron la presencia de coliformes totales en la mayoría de las perforaciones muestreadas en el acuífero Pampeano, y en algunos puntos del acuífero Puelche, en coincidencia con los niveles más deprimidos. Además, para este último, se hallaron contenidos de sodio, nitrato, nitrito, amonio, aluminio, de influencia antrópica, y el Arsénico de origen natural, como limitantes de la calidad. Se concluye que tanto las alteraciones hidrodinámicas como hidroquímicas se han mantenido en el tiempo, y han avanzado hacia la parte superior de las cuencas, frente a la mayor demanda de agua subterránea por parte de la actividad industrial, agrícola y el crecimiento urbano en barrios cerrados, hallándose el sistema en situación crítica frente a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.

Caicedo et. al. (2016) al realizar un estudio sobre la evaluación de impactos ambientales por acción antrópica en la cuenca del río Súa encontró que un 34% de la parte urbana y un 51% de la parte rural, descargan sus aguas residuales al río por la acción de las actividades propias de los seres humanos que habitan a su alrededor como las actividades domésticas, ganaderas, agrícolas, pesqueras, así mismo encontró que utilizan agroquímicos y otros elementos químicos, que destruyen la calidad del agua de la cuenca del río de manera anti técnica, que han hecho que el porcentaje de calidad de agua disminuya considerablemente, lo que se ve incrementado por la eliminación de excretas y basura provocando la contaminación que afecta a la salud de los moradores del sector. El método de investigación que se utilizó para realizar un diagnóstico participativo fue el FODA (Fortaleza, Oportunidades, Debilidades, Amenaza), con los habitantes y propietarios de fincas o haciendas de la cuenca.

Vicente Ferrer y Torrero (2015) al hacer un estudio sobre el manejo integrado de cuencas hídricas: Cuenca del río Gualjaina afluente del río Chubut, Patagonia, Argentina, desarrollaron una cuenca de 2,800 km², concluyendo que el conocimiento de las variables físicas y antropogénicas de una cuenca hidrográfica, sumado al marco legal aplicable, permiten el manejo integrado de la misma con el objetivo de preservar y asegurar la sustentabilidad del ambiente. Tanto desde el aspecto institucional como normativo, la gestión de las cuencas en la provincia de Chubut tiende a la integralidad, a través de la coordinación de instituciones como el Instituto Provincial del Agua junto con la participación local, representada a través de los consorcios, la comunidad educativa y los medios de información. Así mismo concluye que hay evidencias que en esta cuenca hidrográfica existen, desde el marco jurídico-institucional, las herramientas para construir una eficiente y equitativa gestión de cuencas hídricas.

Carbone et al. (2013) analizaron la calidad de agua de los cursos superficiales de la cuenca media del arroyo Claromecó, Argentina, para estudiar el impacto humano, para ello seleccionaron cinco estaciones de muestreo y las mediciones se realizaron en el mes de agosto del 2007 y 2009. Encontraron que los valores de nutrientes hallados presentaron mayor variabilidad entre los años 2007 y 2009. Detectaron variables superiores a los niveles guía de protección de la vida acuática, como el caso de nitratos y fosfatos en el Arroyo Claromecó, tendencia que se mantuvo en casi todos los parámetros químicos, lo que se correspondería con descargas cloacales y secundariamente industriales de las plantas procesadoras por las que atraviesa este curso fluvial en el área urbana y periurbana de la localidad Tres Arroyos, así mismo encontró que el análisis de las variables físicas y químicas del agua reflejan las

características del sustrato y la influencia del uso agrícola ganadero circundante.

Conesa et al. (2013) con el objeto de mostrar las modificaciones impuestas por el hombre estudiaron los efectos de la acción antrópica en uno de los sistemas hidromorfológicos semiáridos más activos y peligrosos de la región de Murcia: la cuenca de la Rambla de las Culebras, Águilas (Murcia, España), donde analizaron los rasgos del sistema de ramblas del Renegado y de las Culebras, en particular su régimen hidráulico y los aportes torrenciales asociados a su elevada capacidad de transporte. Encontraron que hubo cambios morfológicos inducidos por la acción antrópica en el conjunto de la cuenca, entre ellos los ocasionados por la reactivación geomorfológica de las laderas y en la red de drenaje, cauces y lechos de inundación. Así mismo que desde la intervención humana ha producido una notable alteración de las laderas encontrando entre las principales causas la intensa roturación de tierras para el aprovechamiento agrícola, el aplanamiento del terreno para la instalación de invernaderos y los desmontes realizados con motivo de la construcción de infraestructuras viarias han hecho aumentar la inestabilidad de las laderas en muchos casos, lo que ha traído como consecuencia los deslizamientos de derrubios sueltos y la aceleración de los procesos de erosión en taludes de roca desnuda excavados para el paso de la autopista AP-7 Cartagena-Vera.

El recurso natural hídrico como es el agua es un derecho humano básico y fundamental, así como se constituye en un elemento esencial para la vida de todos los seres vivos (Rickert, Chrus y Schmoll, 2016). Como consecuencia de la actividad antrópica este líquido elemento está amenazado por la continua contaminación, así como por una consecuencia del calentamiento global que disminuye los recursos hídricos del planeta

Ripple *et al* (2017). Desde el año 2015, la Organización Mundial de la Salud reporta que solo el 89% de la población mundial tiene acceso a agua apta para consumo y además anticipa que este porcentaje continuará disminuyendo World Health Organization (2018). Este incremento de la contaminación de agua fresca produce una serie de problemas en la salud pública que afectan a poblaciones humanas y animales y al ecosistema en general. Un ejemplo claro de los resultados de la contaminación del agua son las elevadas tasas de morbilidad infantil por enfermedad diarreica aguda. Se calcula que 1 800 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada con heces fecales. Bain y *et al.* (2014) en Colombia se estima que el 64% de la población tiene riesgo de consumo de agua contaminada y que las regiones más afectadas pertenecen al área rural, en especial el Pacífico y la Amazonia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). El continuo consumo de agua contaminada por la población infantil no solo se traduce en diarreas recurrentes, sino que también se manifiesta en desnutrición aguda, desnutrición crónica y alteraciones en el desarrollo psicomotor (Owino y *et al.*, 2016)

Dentro de las causas que permiten la contaminación de agua fresca como ríos, lagos y otros recursos naturales tenemos, por un lado, microorganismos bacterianos, virales, fúngicos y parasitarios y, por el otro, las actividades del sistema antrópico que aportan sustancias químicas simples o complejas como los metales pesados, las sustancias radiactivas, los insecticidas, los fertilizantes, los derivados del petróleo, los residuos tóxicos industriales, los jabones, entre otras, las zonas rurales no escapan de la actividad humana contaminante, pues las aguas servidas contienen excretas humanas y animales, residuos químicos e industriales de empresas privadas o estatales, contaminantes de

minería o de la explotación del petróleo y residuos químicos de campos agrícolas que usan antibióticos, insecticidas y fertilizantes Rickert, Chrus y Schmoll (2016).

El problema de contaminación del agua y del ambiente está llegando a niveles críticos, en especial en países de bajos y medianos recursos en donde las grandes o medianas ciudades no cuentan con plantas de tratamiento de agua y donde los ríos contaminados terminan afectando a las poblaciones cercanas y destruyen a su paso los recursos naturales de flora y fauna hasta llegar al océano. De acuerdo al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015), 1 400 millones de libras de basura terminan en el mar cada año. Así, los océanos también sufren contaminación por metales pesados, químicos, drogas, insecticidas, sustancias radioactivas y demás contaminantes hidrosolubles. La mayoría de los países ricos en recursos son conscientes del problema de la contaminación ambiental y de lo que significa para sus habitantes si sus recursos hídricos naturales se ven afectados. Estos países cuentan con medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua bajo leyes que prohíben que empresas e industrias viertan desechos contaminantes en los ríos. Además, se canalizarán las aguas residuales para no contaminar los recursos hídricos naturales o artificiales, y se instalarán plantas de tratamiento de agua en ciudades grandes y medianas para limitar el nivel de contaminantes. Muchos países de ingresos bajos y medianos también tienen políticas regulatorias, pero la mayoría de ellas no se implementan.

Ante la dramática situación que enfrenta la población mundial en cuanto a la escasez de agua para consumo en el futuro cercano, es muy importante evaluar la situación de la contaminación del agua en los ríos que fluyen por las ciudades en países de medios y bajos recursos. A menudo, en esos lugares, los ríos contaminan los recursos hídricos en todo su territorio, en los países vecinos y, finalmente, el agua de mar, de la que

depende la población mundial entera. Por lo tanto, el problema de los países de bajos y medianos ingresos es un problema global que afecta a toda la población mundial. La información sobre el grado de contaminación de los recursos hídricos en estos países es muy importante para alertar a sus gobiernos y organismos internacionales de protección ambiental sobre la necesidad de establecer medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua. La mayoría de estos países no pueden iniciar, implementar y mantener medidas para prevenir y controlar la contaminación de sus recursos hídricos, por lo que necesitan inversión internacional. Un artículo de Díaz Martínez y Granada Torres (2018) da cuenta de una investigación sobre el grado de contaminación del río Bogotá antes de llegar a la capital colombiana. Las mediciones de contaminación microbiana y de metales pesados se realizan en diversas estaciones desde el nacimiento del río hasta el sector ubicado luego del paso de 20,000 habitantes aledaños. El artículo señala que incluso las muestras tomadas en los tramos superiores del río Bogotá degradan significativamente la calidad del agua circulante debido a los altos niveles de microbios derivados de los desechos humanos y animales y los recuentos de metales pesados resultantes de la liberación de residuos industriales. Este estudio muestra que, aun cuando la densidad poblacional es baja, el sistema antrópico ha contaminado gravemente los recursos hídricos naturales, poniendo en peligro la salud de la población, así como a la flora y fauna que se encuentran en este lugar.

2.1.2. A nivel nacional

En un informe del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huallaga, el ANA (2019) reportó 359 fuentes de contaminación de las

aguas superficiales, indicando que las fuentes de mayor contaminación a las siguientes causas: en primer lugar, se tiene a las descargas de aguas residuales domésticas y municipales, en segundo lugar, a la ineficiente gestión de residuos sólidos y en tercer lugar a las aguas residuales provenientes de la agricultura. Así mismo enfatiza que se han registrado ampliamente casos de contaminación por uso de aguas residuales con fines de riego, casos de contaminación por metales como cadmio, plomo, cobre, zinc, hierro, cromo, níquel, arsénico, selenio.

Al evaluar la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huallaga en el período 2014-2019, que es destinada para riego, Cerna-Cueva et al. (2022) tomaron muestras en 139 puntos y evaluó 41 parámetros usando como valores de referencias al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales en la categoría 3 D1 (aguas de regadío) encontró que el 18,71% tuvieron una calidad excelente, el 44,60% calidad buena, el 25,18% presentó una calidad regular, el 9,35% con calidad mala y el 2,16% tuvo pésima calidad; dentro de los principales contaminantes encontrados fueron Coliformes Termotolerantes, *Escherichia coli*, los cuales en promedio sobrepasaron el ECA en 53,4% y 38,9%. Respecto al pH, en el 25,6% de las mediciones el agua se encontró fuera de los rangos tendiendo a la alcalinidad.

Existe una necesidad creciente de evaluar la calidad del agua para proteger la salud pública. El estudio realizado por Gamarra *et al* (2018) se realizó en el río Utcubamba, Amazonas, donde se instalaron cuarenta y tres estaciones de muestreo y se evaluaron, en dos épocas húmeda y seca, diecinueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y los resultados se utilizaron para identificar posibles fuentes de contaminación del sistema. Se trata de la presencia de residuos agrícolas y domésticos, vertidos ilegales y

canteras, y la falta de bosques afecta la calidad del agua. Finalmente, se establecieron correlaciones significativas entre parámetros microbiológicos, indicando un origen orgánico de la contaminación. Entre parámetros físico químicos como Turbidez, Conductividad eléctrica, nitratos y fosfatos que nos indican el origen agrícola de las aguas residuales, y entre Dureza y alcalinidad, es el resultado de la contaminación de origen geológico natural del área de estudio.

En la investigación titulada Uso del territorio y la Calidad de agua en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Moyobamba 2016 desarrollada por Aquiles (2016), tuvo como objetivo estudiar la relación entre la ocupación del territorio y la calidad de agua de estas dos microcuencas, analizándose los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos como la temperatura del agua y el pH, nitratos, fosfatos, coliformes fecales, turbidez, sólidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de Oxígeno para ser comparados con un índice de calidad de agua de acuerdo a los estándares (ICA). Se concluyó que se encuentran dentro de la categoría “regular”, destacándose los parámetros turbidez y coliformes fecales los que influyeron negativamente en el comportamiento del ICA. Los resultados fueron contrastados con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA).

Al identificar los impactos que generan las actividades antropogénicas en la calidad del agua del río Cunas, en las provincias de Chupaca y Concepción del departamento de Junín (Custodio y Pantoja, 2012) utilizando los métodos de observación, descripción y explicación en una investigación básica y diseño no experimental longitudinal, muestrearon tres estaciones para determinar la concentración de nitratos y fosfatos, y

coliformes termotolerantes. Los parámetros medidos in situ fueron: oxígeno disuelto (mg L^{-1}), sólidos totales disueltos (mg L^{-1}), conductividad (ms cm^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH y turbidez (FTU). Encontraron que la calidad del agua en las estaciones 1, 2 y 3 fue de calidad media con valores de 65,38, 61,08 y 57,18, respectivamente, concluyendo que en la estación 1 el impacto fue ligeramente moderado; en la 2, moderado; y en la 3, severo. (Calla, 2010).

Aquiles (2016) realizó un trabajo de investigación sobre el uso del territorio y la calidad de agua en las microcuencas Rumiyacu y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos cuyo objetivo fue estudiar la relación entre la ocupación del territorio y la calidad de agua en las microcuencas de Rumiyacu y Mishquiyacu, para lo cual tomó muestras de agua en seis puntos del cauce: dos en la cuenca alta, dos en la cuenca media y dos en la cuenca baja y se analizó los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Esta investigación concluye que el cambio de uso del suelo genera contaminación, especialmente en épocas de cosecha, también deforestación y daños al bosque en un área de 60,06%, lo que ocasiona pérdida de la biodiversidad, causando degradación, contaminación, disminución de la fertilidad del suelo, disminución del régimen hídrico y contaminación del agua. El índice de contaminación poblacional (ICP) es más considerable en la cuenca alta seguido de la cuenca baja, y el menor índice está en la cuenca media debido a que en esta área se encuentra el mayor territorio de bosque primario, 18,84% del área de la microcuenca Mishquiyacu. Así mismo demostró que las microcuencas de Rumiyacu y Mishquiyacu presentan deterioro significativo de la calidad del agua, que la ocupación del territorio por 657 personas y el uso actual del suelo influye negativamente; asimismo, el bosque primario influye

positivamente en la calidad del agua.

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

En nuestro país, la Autoridad Nacional de Agua (ANA), para evaluar la calidad de los diferentes cuerpos de agua (ICARHS, 2020) , utiliza el Índice de Calidad del Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME – WQI, el cual se caracteriza por tener valores comprendidos entre 1 y 100 (de menor a mayor calidad), integrando a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017 del Ministerio del Ambiente (MINAM), el cual cuenta con 4 categorías de uso, siendo la Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales y la Subcategoría D1 Riego de vegetales la que es de interés en mi investigación.

2.1.3. A nivel regional

García (2014) al estudiar la Calidad y uso del agua de la subcuenca del San Lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown, demostró que existe diferencia sustancial entre los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), considerados para los diferentes usos a los que son destinados las aguas superficiales en el D.S. N° 002-2008- MINAM y el ICA; así mismo determinó que las aguas de los ríos Tres Ríos, Ronquillo y estación Barrio Urubamba II del río Urubamba califican en la categoría regular; mientras que la estación Barrio Urubamba I y las dos estaciones del río San Lucas califican en la categoría de mala.

Así mismo, con el objetivo de determinar la calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú Cajamarca, Huancavelica y Huánuco durante el período comprendido entre 2012-2013 (Mamani,2016) realizó un estudio transversal con muestreo probabilístico, estratificado multietápico en 706 viviendas. Para ello se evaluó presencia de coliformes totales y E. coli mediante el kit Readycult en colectas de 100 ml de agua que se utilizaban en la preparación de alimentos y la determinación de cloro residual se hizo mediante análisis semicuantitativo, estableciéndose como concentración ideal de cloro residual $\geq 0,5$ mg/L. Así mismo se definió buena calidad bacteriológica al agua con cloro libre adecuado, ausencia de coliformes totales y E. coli. Encontrándose que el 78,6 % tuvieron coliformes totales en Cajamarca, 65,5 % en Huancavelica y 64,1 % en Huánuco; así mismo el 72,0 % tuvieron E. coli en Cajamarca, 37,4 % en Huancavelica y 17,5 % Huánuco. En Cajamarca, el 8,6 % de las muestras de agua fueron de buena calidad bacteriológica, mientras que en Huancavelica fue 4,3% y en Huánuco, 7,2 %. Concluyendo que en Cajamarca las tres cuartas partes de los hogares, la tercera parte de Huancavelica y casi la quinta parte de Huánuco tuvieron E. coli en el agua de consumo humano.

El objetivo del estudio sobre la evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón Cajamarca 2016 realizado por Palomino (2018) fue evaluar la calidad del agua en el río Mashcón determinando sus características fisicoquímicas y microbiológicas, y relacionándolas con los Estándares de Calidad Ambiental para cuerpos de agua de la ECA. Para ello se seleccionaron cinco estaciones de muestreo (E1, E2, E3, E4 y E5) de las cuales se tomaron muestras de agua para análisis físicos, químicos y microbiológicos, de acuerdo con los procedimientos estándar. Los parámetros de calidad del agua en las cinco estaciones de muestreo presentaron variación significativa en cuanto a variables relacionadas con la cantidad de materia orgánica presente en el agua como DBO5 y DQO; y coliformes totales. Este parámetro está relacionado con la perturbación de origen antrópico, que está relacionada con la proximidad de la estación de muestreo a los asentamientos humanos. Cuando se compara con los estándares de calidad ambiental del agua de ECA, la estación E1 supera significativamente los ECA para DBO5, DQO y coliformes totales. Seguido por la estación E2. Esto indica un fuerte nivel de perturbación en el cuerpo de agua, por lo que se concluye que la calidad del agua en el río Mashcón no es buena, en la estación de muestreo que se encuentra cerca del casco urbano.

2.2. Marco teórico – bases científicas

2.2.1. Acción antrópica

Respecto al deterioro del agua, todos los seres vivos necesitamos agua para vivir, aproximadamente el 70% de la superficie terrestre está cubierta por agua, en su mayor parte es salada en los mares, y una gran parte es dulce como en los ríos y otros cuerpos

de agua, o congelada en los polos y en los nevados. El agua puede ser contaminada fácilmente por las acciones humanas. Los cuerpos de agua son considerados vertederos de desechos, por lo que reciben grandes cantidades de sustancias provenientes de la actividad humana como restos de comida, detergentes, grasas y heces. En las heces pueden estar presentes agentes biológicos de contaminación como microorganismos que pueden ocasionar enfermedades serias y hasta mortales. Los detergentes son agentes químicos que alteran las propiedades físicas del agua.

Al evaluar las actividades antrópicas que inciden en las propiedades físico químicas del agua de la Quebrada la Torcaza, ubicada en el corregimiento El Encano, al oriente del municipio de Pasto-Nariño, Ojeda y Santacruz (2017) concluyeron que las actividades como ganadería, agricultura, cría de especies menores, generan alteraciones en las propiedades físicas químicas del agua.

Así mismo, Espinosa et al. (2011) al estudiar la degradación de los suelos por actividades antrópicas al norte de Tamaulipas, México, reporta que la degradación de los suelos es un proceso que puede estar inducido por el hombre y que disminuye la capacidad actual y/o futura para sostener la vida humana. Los resultados muestran como el 74% del área estudiada presenta evidencias de degradación. Los tipos dominantes son: erosión hídrica, compactación y erosión eólica. Las causas principales son el sobrepastoreo y las prácticas agrícolas superficiales, a lo que hay que añadir las actividades industriales recientes de PEMEX.

El recurso natural hídrico como es el agua es un derecho humano básico y fundamental, así como se constituye en un elemento esencial para la vida de todos los seres vivos (Rickert, Chrus y Schmoll, 2016). Como consecuencia de la actividad antrópica este

líquido elemento está amenazado por la continua contaminación, así como por una consecuencia del calentamiento global que disminuye los recursos hídricos del planeta Ripple *et al* (2017). Desde el año 2015, la Organización Mundial de la Salud reporta que solo el 89% de la población mundial tiene acceso a agua apta para consumo y además anticipa que este porcentaje continuará disminuyendo World Health Organization (2018). Este incremento de la contaminación de agua fresca produce una serie de problemas en la salud pública que afectan a poblaciones humanas y animales y al ecosistema en general. Un ejemplo claro de los resultados de la contaminación del agua son las elevadas tasas de morbilidad infantil por enfermedad diarreica aguda. Se calcula que 1 800 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada con heces fecales. Bain y *et al.* (2014) en Colombia se estima que el 64% de la población tiene riesgo de consumo de agua contaminada y que las regiones más afectadas pertenecen al área rural, en especial el Pacífico y la Amazonia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). El continuo consumo de agua contaminada por la población infantil no solo se traduce en diarreas recurrentes, sino que también se manifiesta en desnutrición aguda, desnutrición crónica y alteraciones en el desarrollo psicomotor (Owino y *et al* , 2016)

Dentro de las causas que permiten la contaminación de agua fresca como ríos, lagos y otros recursos naturales tenemos, por un lado, microorganismos bacterianos, virales, fúngicos y parasitarios y, por el otro, las actividades del sistema antrópico que aportan sustancias químicas simples o complejas como los metales pesados, las sustancias radiactivas, los insecticidas, los fertilizantes, los derivados del petróleo, los residuos tóxicos industriales, los jabones, entre otras, las zonas rurales no escapan de la actividad

humana contaminante, pues las aguas servidas contienen excretas humanas y animales, residuos químicos e industriales de empresas privadas o estatales, contaminantes de minería o de la explotación del petróleo y residuos químicos de campos agrícolas que usan antibióticos, insecticidas y fertilizantes Rickert, Chrus y Schmoll (2016).

El problema de contaminación del agua y del ambiente está llegando a niveles críticos, en especial en países de bajos y medianos recursos en donde las grandes o medianas ciudades no cuentan con plantas de tratamiento de agua y donde los ríos contaminados terminan afectando a las poblaciones cercanas y destruyen a su paso los recursos naturales de flora y fauna hasta llegar al océano. De acuerdo al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015), 1 400 millones de libras de basura terminan en el mar cada año. Así, los océanos también sufren contaminación por metales pesados, químicos, drogas, insecticidas, sustancias radioactivas y demás contaminantes hidrosolubles. La mayoría de los países ricos en recursos son conscientes del problema de la contaminación ambiental y de lo que significa para sus habitantes si sus recursos hídricos naturales se ven afectados. Estos países cuentan con medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua bajo leyes que prohíben que empresas e industrias viertan desechos contaminantes en los ríos. Además, se canalizarán las aguas residuales para no contaminar los recursos hídricos naturales o artificiales, y se instalarán plantas de tratamiento de agua en ciudades grandes y medianas para limitar el nivel de contaminantes. Muchos países de ingresos bajos y medianos también tienen políticas regulatorias, pero la mayoría de ellas no se implementan.

Ante la dramática situación que enfrenta la población mundial en cuanto a la escasez de agua para consumo en el futuro cercano, es muy importante evaluar la situación de la contaminación del agua en los ríos que fluyen por las ciudades en países de medios

y bajos recursos. A menudo, en esos lugares, los ríos contaminan los recursos hídricos en todo su territorio, en los países vecinos y, finalmente, el agua de mar, de la que depende la población mundial entera. Por lo tanto, el problema de los países de bajos y medianos ingresos es un problema global que afecta a toda la población mundial. La información sobre el grado de contaminación de los recursos hídricos en estos países es muy importante para alertar a sus gobiernos y organismos internacionales de protección ambiental sobre la necesidad de establecer medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua. La mayoría de estos países no pueden iniciar, implementar y mantener medidas para prevenir y controlar la contaminación de sus recursos hídricos, por lo que necesitan inversión internacional. Un artículo de Díaz Martínez y Granada Torres (2019) da cuenta de una investigación sobre el grado de contaminación del río Bogotá antes de llegar a la capital colombiana. Las mediciones de contaminación microbiana y de metales pesados se realizan en diversas estaciones desde el nacimiento del río hasta el sector ubicado luego del paso de 20,000 habitantes aledaños. El artículo señala que incluso las muestras tomadas en los tramos superiores del río Bogotá degradan significativamente la calidad del agua circulante debido a los altos niveles de microbios derivados de los desechos humanos y animales y los recuentos de metales pesados resultantes de la liberación de residuos industriales. Este estudio muestra que, aun cuando la densidad poblacional es baja, el sistema antrópico ha contaminado gravemente los recursos hídricos naturales, poniendo en peligro la salud de la población, así como a la flora y fauna que se encuentran en este lugar

2.2.2. Calidad de agua

- Definición de calidad de agua

Como se manifiesta en Villena (2018), la calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y el crecimiento económico. En Perú, la naturaleza mineralógica de la presencia de la cordillera de los Andes y una economía dependiente de las actividades de extracción de minerales complementado con las actividades agropecuarias han creado las condiciones para que los contaminantes químicos, especialmente los metales, lleguen a los lechos de los ríos y por ende al agua potable. Por lo tanto, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada. Es decir que los estándares y objetivos de calidad T5Rde agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, u otro.

Los límites permisibles para diversas sustancias en el agua están regulados por la OMS, la OPS y los gobiernos nacionales y pueden variar ligeramente. Otros autores sostienen que la calidad del agua se refiere a las condiciones en las que se encuentra el agua en su estado natural o después de haber sido alterada por el sistema antrópico en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas. El concepto de calidad del agua está asociado al uso del agua para consumo humano y se entiende que es de alta calidad si puede ser utilizada sin perjuicio. Sin embargo, la calidad del agua para esos se puede determinar dependiendo de otros usos para los que se requiera el agua.

En este contexto, se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y está exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el

consumo, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos.

- **Calidad de aguas superficiales**

El estudio de la calidad del agua, particularmente de las aguas superficiales, es un tema de deliberación, sin embargo, la complejidad de definir la calidad del agua dificulta la precisión.

El agua superficial disponible en el Perú es relativamente abundante dada su desigual distribución espacial. Sin embargo, la calidad es importante en algunas regiones fluviales (ANA, 2016). Las principales causas de esta mala calidad del agua son el tratamiento inadecuado de las aguas residuales domésticas, el vertido de aguas residuales sin tratar, el manejo inadecuado de los residuos sólidos, los problemas ambientales (minería, hidrocarburos, agricultura, población) y características naturales como la disolución y arrastre de sustancias naturales que son propias de los terrenos por los que previamente han circulado las aguas

Cualquier análisis químico - biológico de las aguas manifiesta en sí mismo el efecto conjunto de las dos contaminaciones anteriores, sin que resulte posible, en la mayoría de ocasiones, separarlas e identificarlas plenamente.

De ahí la importancia que tiene el definir un concepto de calidad del agua que permita efectuar una abstracción total, tanto del origen como de los efectos de una determinada hidraulicidad, y que resulte de su composición en sí misma.

La creciente demanda de agua viene con las correspondientes presiones sobre las cuencas hidrográficas, lo que obliga al establecimiento de sistemas de monitoreo,

alerta temprana y control de la contaminación a la luz del deterioro de la calidad del agua. Determinar la calidad del agua disponible es un requisito indispensable previo al consumo humano o animal, el riego, los fines industriales y recreativos o la capacidad de suministro de agua para la vida acuática.

Al respecto Martínez y Villalejo (2018) afirman que la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) constituye el paradigma actual para la gestión global del agua y se articula en las políticas nacionales para la gestión global del agua. La gestión integrada de los recursos hídricos tiene como objetivo orientar el desarrollo de la política pública sobre los recursos hídricos a través de la coordinación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas. Este concepto ha evolucionado a través de varias etapas de desarrollo. Sin embargo, aún está pendiente el perfeccionamiento de las definiciones universalmente acordadas y las propuestas de conceptualización.

Contaminación del agua

La polución del agua es una alteración de su calidad que provoca que su utilización sea peligrosa para determinados usos y que perturba los ecosistemas acuáticos. El agua es un elemento esencial para la vida de todos los seres vivos del planeta, además es un derecho humano fundamental. El agua potable está amenazada por la continua contaminación que genera la actividad humana y por la disminución de los recursos hídricos como consecuencia del calentamiento global (Ripple W, Wolf C, Newsome T, Galetti M, Alamgir M, Crist E, *et al*, 2017), desde el año 2015 solo el 89% de la población mundial tiene acceso a agua apta para consumo y se anticipa que este porcentaje continuará disminuyendo, aunque se estima que la situación ya es crítica para 260 millones de personas que carecen de agua apta para el consumo.

Los altos niveles de contaminación del agua dulce conducen a problemas de salud pública que afectan no solo a las poblaciones humanas y animales, sino también al medio ambiente natural en general. La alta morbilidad y mortalidad infantil por enfermedad diarreica aguda es un claro ejemplo de las consecuencias de la contaminación del agua. Se estima que 1 800 millones de personas en todo el mundo consumen agua contaminada con heces (Bain R, Cronk R, Hossain R, Bonjour S, Onda K, Wright J, *et al.*, 2014). En Colombia se estima que el 64% de la población está en riesgo de consumir agua contaminada, con las zonas más afectadas ubicadas en las zonas rurales, especialmente el Pacífico y la Amazonía. No solo conduce a diarrea recurrente, sino que se manifiesta como desnutrición aguda, desnutrición crónica y alteraciones en el desarrollo psicomotor. Los contaminantes del agua dulce incluyen bacterias, virus, hongos y organismos parásitos, por un lado, y sustancias químicas simples o complejas, por el otro. Los productos químicos que representan la mayor amenaza para la salud humana incluyen metales pesados, sustancias radiactivas, pesticidas, fertilizantes, derivados del petróleo, desechos industriales, jabones y drogas legales e ilegales. Los contaminantes en ríos, lagos y otros recursos naturales son causados principalmente por actividades antropogénicas y la vulnerabilidad del suelo en áreas urbanas grandes y pequeñas. Sin embargo, las aguas residuales incluyen desechos humanos y animales, productos químicos y residuos industriales de empresas privadas y estatales, contaminantes de la explotación minera y petrolera, antibióticos, pesticidas y productos químicos de tierras agrícolas que utilizan fertilizantes. Los problemas de contaminación del agua y del medio ambiente se encuentran en niveles críticos, especialmente en países de ingresos bajos y medianos donde las ciudades grandes o medianas carecen de

instalaciones de tratamiento de agua y los ríos contaminados afectan a los residentes cercanos, la flora, y la fauna en el camino hacia el mar.

- **Autodepuración del Agua**

Cuando un medio vivo se altera y elimina de forma natural (total o parcialmente) su contaminación, se le conoce como autodepuración (Agencia Catalana del Agua [ACA], 2015). Gracias a los fenómenos de filtración y oxidación, combinados con la acción de una serie de organismos como plantas, insectos y bacterias que viven en el medio acuático y en el cauce, el agua asegura su calidad y mantiene el equilibrio de su ecosistema.

Se trata principalmente de bacterias aeróbicas, que consumen materia orgánica con la ayuda del oxígeno disuelto en el agua. Además, hay que añadir a esto las plantas acuáticas que asimilan algunos de los componentes en forma de nutrientes, así como a través de otros procesos fotoquímicos. La capacidad de regeneración de un río dependerá de los tres aspectos siguientes: el caudal, que licuará el vertido y facilitará la degradación posterior, la turbulencia del agua, que proporcionará oxígeno diluido al medio ambiente, favoreciendo la actividad microbiana, y la naturaleza y tamaño de los vertidos que han ocurrido a lo largo de su recorrido (Escuela de formación de posgrado STEM, Structuralia, 2017).

Si el nivel de contaminación no llega a ser crítico, el agua es capaz de auto purificarse, es decir elimina gradualmente los agentes contaminantes. Este proceso tiene sus límites así por ejemplo la presencia de sal o plásticos que se caracterizan por no ser degradables, alteran este fenómeno de autodepuración.

Según su contaminación y fase de depuración, en los mecanismos naturales de autodepuración de un río se distinguen **cuatro zonas**:

- **Zona de degradación** próxima al vertido; donde desaparecen las formas de vida más delicadas como algunos peces y algas y aparecen otras más resistentes. Se caracteriza por el aspecto sucio del agua, disminución del contenido en oxígeno y aumento de la DQO. Comienza la degradación por parte de la flora microbiana.
- **Zona de descomposición activa** donde aparecen aguas ennegrecidas, sucias, malolientes con espumas. Existe una descomposición anaerobia que provoca un desprendimiento de gases.
- **Zona es la de recuperación.** Reaparecen los vegetales y el agua se clarifica, debido a la presencia de oxígeno disuelto o procedente de la actividad fotosintética de los vegetales, que ayuda a degradar los compuestos contaminantes.
- **Zona de aguas limpias**, donde las propiedades físico-químicas y la presencia de animales y plantas de acuerdo a la naturaleza del cauce.

A pesar de contar con el inestimable recurso de la autoregeneración de las aguas, en los grandes caudales de aguas residuales, es indispensable contar con la instalación de una completa infraestructura depuradora, para poder evitar con ella la contaminación irremediable de los cauces.

Factores que determinan la calidad del agua

Según Escolero et al. (2016), los factores que determinan la calidad del agua son:

a) **Factores físicos:** La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua como su turbidez, temperatura, color y los sólidos en suspensión.

b) **Factores químicos:** Las actividades industriales generan contaminación al agua por el aporte de metales pesados tóxicos para los humanos tales como plomo, cromo, arsénico y mercurio.

La actividad agrícola y pecuaria contamina cuando emplea fertilizantes que son arrastrados hacia las aguas, especialmente nitratos y nitritos. Además, el uso inadecuado de plaguicidas contribuye, con sustancias tóxicas, a contaminar el agua.

c) **Factores biológicos bacteriológicos:** Existen diversos organismos que contaminan el agua. Las bacterias son uno de los principales contaminantes del agua.

Los coliformes representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica, pero los coliformes totales no son indicadores estrictos de contaminación de origen fecal, puesto que existen en el ambiente como organismos libres. Sin embargo, son buenos indicadores microbianos de la calidad de agua.

La *Escherichia coli* es la única bacteria que sí se encuentra estrictamente ligada a las heces fecales de origen humano y de animales de sangre caliente. También contaminan el agua virus, algas, protozoos y hongos.

La calidad del agua se mide por la presencia y cantidad de contaminantes, y para saberlo con certeza es necesario analizar las muestras de agua en un laboratorio especializado, son muchas las razones por las que el agua pierde su calidad y generalmente las actividades humanas tienen una gran influencia. La mala calidad del agua afecta muchos procesos de la vida, las consecuencias más evidentes de beber agua de mala calidad se ven reflejadas en enfermedades humanas, como las

digestivas, diarreas, parasitismo intestinal, cólera, fiebre tifoidea y shigelosis. La mala calidad del agua también afecta la salud de los ecosistemas, ya que la contaminación también afecta la biodiversidad.

Normas nacionales sobre calidad del agua

La calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado. Según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2020), las normas nacionales de calidad del agua se inscriben en el marco de la legislación ambiental. Sustentándose en la Constitución Política del Perú, la Ley General de Salud, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales y la Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.

La Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Por su parte, la Ley General de Salud estipula que la condición indispensable para el desarrollo humano y el medio fundamental para alcanzar el bienestar colectivo es la salud. El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales determina que el Estado es el gran vigía encargado de mantener la calidad de vida de las personas en un nivel compatible con la dignidad humana.

Dentro del Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (1990) se encuentra la Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, cuyo objeto es no sólo garantizar la libre iniciativa y las inversiones privadas sino también estimular el equilibrio racional entre el desarrollo socioeconómico, la conservación del ambiente y el uso sostenido de los recursos naturales. Así, el medio ambiente y los recursos

naturales constituyen patrimonio común de la nación. Su protección y conservación son de interés social y pueden ser invocadas como causa de necesidad y utilidad públicas.

La constitución política del Perú establece que toda persona tiene derecho a disfrutar de un medio ambiente equilibrado y adecuado para su desarrollo en la vida, y establece que la salud es el medio básico para lograr las condiciones y el bienestar de la población. El Código de Medio Ambiente y Recursos Naturales determina que el Estado es el gran custodio responsable de mantener la calidad de vida de su pueblo en un nivel compatible con la dignidad humana.

El Código de Medio Ambiente y Recursos Naturales cuenta con una ley marco para el crecimiento de la inversión privada, cuyo objeto no es sólo garantizar la libre iniciativa y la inversión privada, sino también promover el desarrollo socioeconómico, la conservación del medio ambiente y el desarrollo sustentable y promover un equilibrio razonable entre estos desarrollos. Uso de los recursos naturales. Como tal, el medio ambiente y los recursos naturales constituyen el patrimonio compartido de una nación. Su protección y preservación es un bien social y puede invocarse como causa de necesidad y utilidad pública.

En cuanto a la protección de las fuentes de agua, la Ley General de Aguas establece que para que cualquier ser humano pueda hacer uso sostenido de estos recursos, ya sea sobre el suelo o bajo el suelo, se requiere un permiso por exceso de recursos o un permiso para obtener u operar estos recursos por un período de tiempo determinado, se requiere un proyecto—, excluyendo los fondos destinados a satisfacer las necesidades básicas de la población. La misma ley establece que los efluentes sólo

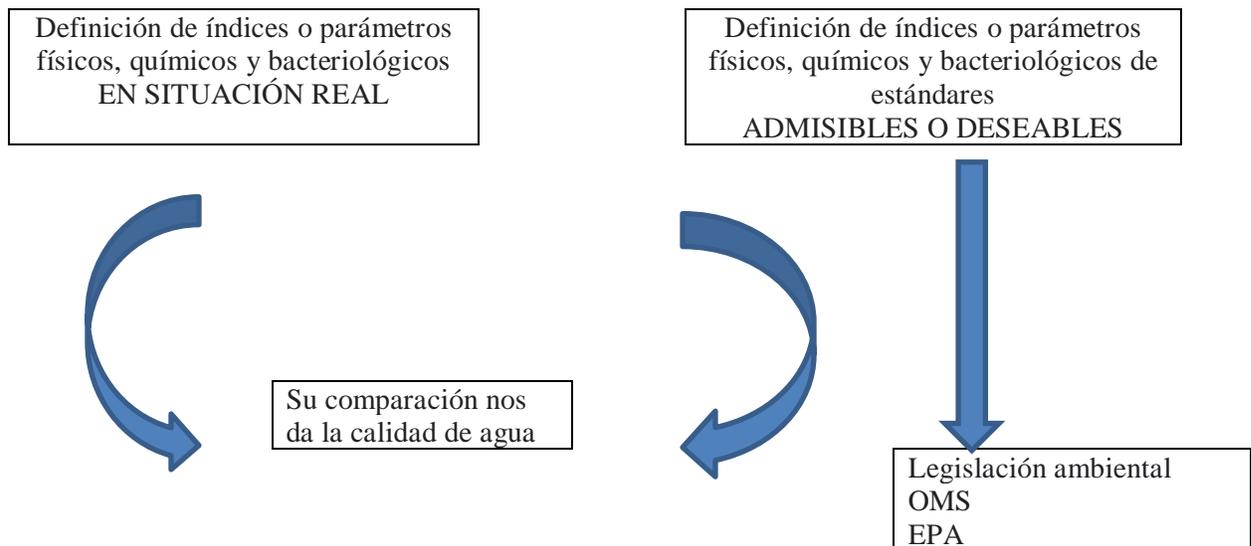
podrán ser vertidos previa aprobación sanitaria, siempre que estos materiales sean sometidos a los pretratamientos necesarios o se demuestre que las condiciones del recipiente permiten procesos naturales de depuración.

✚ Como se establece la calidad del agua

Para establecer la calidad de agua se debe tener en cuenta los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del curso de agua y los valores límites admisibles para estas aguas de acuerdo a las normas ambientales del país, sino se cuenta con el estándar de calidad se recurre a normas internacionales reconocidos o de la O.M.S. A continuación, se resume lo más importante que se debe considerar en la determinación de calidad de agua

Figura 1.

Calidad de agua



Fuente: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (2020)

2.2.3. Índice de calidad de agua

La calidad del agua es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la sociedad. El deterioro de la calidad del agua conduce directamente a problemas cada vez más limitados, debido al aumento de la contaminación del agua provocada por el vertido de grandes cantidades de aguas residuales insuficientemente tratadas o sin tratamiento ante ríos, lagos, acuíferos y aguas costeras (UNESCO, 2015).

Los cambios en las características físicas y químicas de la calidad del agua, se encuentran influenciados por la interacción combinada de diversos procesos naturales y las diferentes actividades antropogénicas. La gestión de la calidad del agua en el mundo ha evolucionado a lo largo de los años, Varios países han desarrollado encuestas e indicadores para evaluar la calidad recursos hídricos, por lo que introdujeron índices de calidad del agua como metodología que califica la calidad de un recurso (ANA,2018b).

Hasta el momento se han elaborado una gran cantidad de Índices dependiendo del estado del cuerpo hídrico que se pretenda estudiar (Agencia Catalana del Agua, 2000), entre ellos tenemos:

❖ Índice de calidad general (ICG)

Es el índice más empleado en España. Es una adaptación del índice Lamontagne y Provencher del Servicio de Calidad de las Aguas del Ministerio de Riquezas Naturales del Estado de Quebec en Canadá. Es un valor adimensional obtenido a partir de 23 parámetros procesados mediante ecuaciones lineales, de los cuales 9 se utilizan siempre (básicos) y 14 según su influencia en la calidad (complementarios). Los 9 parámetros básicos son: coliformes totales, conductividad, DBO, DQO-Mn, fósforos totales, sólidos en suspensión, nitratos, oxígeno disuelto y pH.

❖ **Índice de Calidad de Agua (ICA)**

Es un número que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua.

❖ **Índice simplificado de calidad de aguas (ISQA)**

Índice muy fácil de utilizar que proporciona una idea rápida e intuitiva de la calidad, pero que precisa ser completado con otros índices para obtener una visión real de la situación. Se obtiene a partir de una sencilla fórmula que combina 5 parámetros fisicoquímicos.

❖ **Índice automático de calidad de aguas (IAQA)**

Es una variante del ISQA, en la que se utiliza siempre COT (carbono orgánico total) como parámetro A y turbidez como parámetro B. Los valores de los parámetros se obtienen de redes automáticas de control, lo que facilita resultados en tiempo real y en continuo.

Definición del Índice de Calidad del Agua (ICA)

Un índice de calidad de agua, consiste básicamente en una herramienta matemática de expresión simple que reúne un número de parámetros cuyo análisis le permite convertir estos datos en un valor que califica la calidad del agua en un punto de muestreo (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020). El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color, e identifica y compara las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo siendo la valoración de la calidad del agua en una escala de 0 -100, donde 0 (cero) es mala calidad y 100 es excelente. Su ventaja radica, en que la información

es de fácil interpretación.

Los ICA son indicadores del estado del recurso en cuanto a su grado de afectación. Han sido formulados inicialmente para propósitos de clasificación de los cuerpos de agua, así como para interpretar las variables involucradas en un programa de monitoreo; pero en la actualidad dados sus enfoques y metodología de uso, se convierten en instrumentos que asisten en la toma de decisiones y en procesos de divulgación del estado de los recursos hídricos.

Usos de los Índices de Calidad de Agua (ICA)

Los índices pueden ser usados para mejorar o aumentar la información de la calidad del agua. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Riego (2020), los posibles usos de los índices son seis:

- ◇ **Manejo del recurso.** En este caso los índices pueden proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso.
- ◇ **Clasificación de áreas.** Los índices son usados para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
- ◇ **Aplicación de la normatividad.** En situaciones específicas y de interés, es posible determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes.
- ◇ **Análisis de la tendencia.** El análisis de los índices en un periodo de tiempo, puede mostrar si la calidad ambiental está disminuyendo o mejorando.
- ◇ **Información pública.** En este sentido, los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.
- ◇ **Investigación científica.** Tiene el propósito de simplificar una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los

fenómenos ambientales.

2.2.4. Índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS)

La gestión de la calidad del agua en el mundo ha evolucionado a lo largo de los años, varios países han desarrollado estudios e indicadores para evaluar la calidad de los recursos hídricos, por lo que han introducido los índices de calidad del agua como una metodología que califica la calidad de un recurso. Los primeros países en desarrollar e implementar este método fueron Alemania, Estados Unidos, Canadá y España, y más recientemente México, Brasil, Colombia y otros. Estos índices tenían un enfoque y propósito diferente para cada país, incluyendo la evaluación de la calidad del agua para consumo humano, protección biológica o ambiental. Los índices de calidad ambiental son herramientas que ofrecen y buscan otras alternativas para evaluar la calidad de los recursos hídricos (ANA, 2018b).

En el mismo contexto, en 2015 los Estados miembros de la ONU adoptaron la Agenda 2030. Es un llamado universal a la acción para acabar con la pobreza, proteger el planeta y mejorar la vida de las personas en todo el mundo a través del logro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este sentido, el ODS 6 pretende garantizar el acceso a agua de calidad y gestionarla de forma sostenible. En Perú, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) juega un papel central en la promoción del cumplimiento del ODS6 a través de la implementación metodológica y la medición de indicadores. Esto mostrará su progreso hacia el logro de los objetivos antes mencionados.

Mediante la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338), se crea el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y se designa a la ANA como el ente rector y máximo

regulador técnico en materia de recursos hídricos del país, cuyo objeto es velar por la gestión integrada, participativa y la gestión multisectorial del agua, además del desarrollo de medidas de Vigilancia, control y fiscalización para asegurar la conservación de las fuentes naturales de agua y los recursos naturales asociados.

El artículo 6 del citado reglamento legal establece la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Dentro de las unidades hidrográficas, la gestión multisectorial del uso y desarrollo del agua y la gestión de los recursos naturales asociados, con el objetivo de lograr el desarrollo sostenible del país sin comprometer la sostenibilidad ecológica y promover el desarrollo coordinado.

ANA monitorea la calidad del agua de los recursos hídricos superficiales desde 2009, evaluando el estado de calidad del agua de las fuentes naturales de agua según las categorías asignadas por las autoridades en el Código de Calidad Ambiental del Agua (ECA del Agua).

Por su parte, la Dirección para la Calidad y Evaluación de los Recursos Hídricos (DCERH) organiza y realiza actividades a nivel nacional para evaluar, preservar la cantidad, así como proteger y restaurar la calidad de los recursos hídricos.

Por estas razones, es necesario contar con una herramienta que permita la recopilación de datos complejos sobre la calidad del agua y facilite su comprensión, interpretación y comunicación de acuerdo con las realidades nacionales del país; para lo cual se elaboró la “Metodología para la determinación del índice de calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales ICA RHS”, utilizados en cuerpos de agua continentales superficiales.

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en

la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Figura 2.

Parámetros a evaluar en el ICARHS

	Categoría 1 Subcategoría A2 1/	Categoría 3 2/	Categoría 4 Subcategoría E2 3/
Materia orgánica	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	X	X
	Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	X	X
	Coliformes termotolerantes	X	X
	Fósforo total	X	
	Amoniaco - N	X	
	Nitratos (NO ₃ ⁻)		
	Hidrocarburos totales de petróleo 4/		
Físico-químico Metal	Potencial de hidrógeno (pH)	X	X
	Arsénico	X	X
	Aluminio	X	X
	Manganeso	X	X
	Hierro	X	X
	Cadmio	X	X
	Plomo	X	X
	Boro 5/	X	X
	Cobre		X
	Mercurio		
	Zinc		
	Sólidos suspendidos totales		

Nota: 1/ Poblacional y recreacional: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. 2/ Riego de vegetales y bebida de animales. 3/ Conservación del ambiente acuático (Ríos de la Costa, Sierra y Selva), 4/ Aplica para la vertiente del Amazonas con categoría E2 ríos de la selva. 5/ Aplica para la vertiente del Pacífico (zona sur).

Elaboración: Autoridad Nacional del Agua, DCERH.



Estándar de Calidad Ambiental para Agua

Según el ANA (2020) el ECA para Agua aprobado por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, cuenta con cuatro (4) categorías y diecisiete (17) subcategorías. De las cuales para recursos hídricos superficiales lóticos aplican tres (3) categorías y cuatro (4) subcategorías, las cuales son:

Categoría 1: Poblacional y recreacional

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

- A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
- A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
- A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales.

- Agua para riego no restringido.
- Agua para riego restringido.

b) Subcategoría D2: Bebida de animales.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

a) Subcategoría E2: Ríos

- Ríos de la costa y sierra.
- Ríos de la selva.

Estimación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos

Superficiales (ICARHS) (Autoridad Nacional del Agua,2020)

Se utiliza la fórmula elaborada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente de Canadá (CCME WQI)⁵ y modificada por los Ministerios del Ambiente de Alberta y Columbia Británica (provincias de Canadá).

$$CCMEWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

F1- Alcance:

Representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA para Agua) vigente respecto al total de parámetros a evaluar.

$$F_1 = \frac{\text{Nº de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{Nº total de parámetros a evaluar}}$$

F2- Frecuencia:

Representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA para Agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar (datos que corresponden a los resultados de un mínimo de 4 monitoreos).

$$F_2 = \frac{\text{N}^\circ \text{ de los datos que NO cumplen los ECA}}{\text{N}^\circ \text{ total de datos evaluados}}$$

F3- Amplitud:

Es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

Suma Normalizada de Excedentes (SNE)

$$\text{Suma Normalizada de Excedentes} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}} \right)$$

Excedente, se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA para Agua.

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA- Agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple los ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en los ECA Agua}} \right) - 1$$

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA para Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo.

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en los ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple los ECA Agua}} \right) - 1$$

Una vez obtenido el valor de los factores (F1, F2, y F3) se procede a realizar el Cálculo de cada subíndice:

2.2.5. Calificación ICARHS

Clasificación de la calidad de agua según el Índice de Calidad del Agua de los Recursos Hídricos Superficiales "ICARHS"

El "ICARHS" adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio. La calidad del agua se valora e interpreta en base a la siguiente figura:

Figura 3.

Valoración del ICARHS

Valor ICARHS	Calificación ICARHS	Color (RGB)	Interpretación
95 – 100	Excelente	0 112 255	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables.
80 – 94	Bueno	0 197 255	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65 - 79	Regular	85 255 0	La calidad de agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento
45 - 64	Malo	255 170 0	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento
0 - 44	Pésimo	255 0 0	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento

Nota: Para la visualización gráfica usar los colores RGB "Modelo Cromático establecido para rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue)". **Fuente:** Metodología Canadiense (CCME_WQI).

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Según la Resolución Jefatural N.º RJ 084-2020-ANA. (2020) se establece el nivel de concentración o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. A continuación, se detallan los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos considerados en la presente investigación.

Figura 4.

Estándares nacionales de calidad ambiental para agua de acuerdo a categorías

Categoría 1: Poblacional y Recreacional				
Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable				
Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado		
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	---	---
Cianuro Libre	mg/L	---	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	---
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	---	---
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	---	---
Fluoruros	mg/L	1,5	---	---
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO3-) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO2-) (d)	mg/L	3	3	---
Amoniac- N	mg/L	1,5	1,5	---
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	---
Temperatura	$^{\circ}$ C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	---
Turbiedad	UNT	5	100	---
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	---
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	---
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	---	---
Níquel	mg/L	0,07	---	---
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8 - C40)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	--	--
Cloroformo	mg/L	0,3	--	--
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	--	--
Bromodiclorometano	mg/L	0,06	--	--
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	--
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	--	--
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	--
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	--	--
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	--
Tetracloroetano	mg/L	0,04	--	--
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	--
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	--
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	--
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	--
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	--
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	--
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	--
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	--
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	--
Organoclorados				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	--
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	--
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	--
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	--
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	--
Lindano	mg/L	0,002	0,002	--
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	--
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	--
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	--
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	--	--
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N°	0	--	--
	Organismo/L			
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	--	--
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus	N°	0	<5x106	<5x106
	Organismo/L			

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
estadios evolutivos) (f)				
Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación				
Parámetros	Unidad de medida	B1		B2
Contacto primario	Contacto secundario			
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible		--
Cianuro Libre	mg/L	0,022		0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08		--
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal		Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5		10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30		50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5		Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante		Ausencia de material flotante
Nitratos (NO3--N)	mg/L	10		--
Nitritos (NO2--N)	mg/L	1		--
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable		--
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5		≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0		--
Sulfuros	mg/L	0,05		--
Turbiedad	UNT	100		--
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,2		--
Antimonio	mg/L	0,006		--
Arsénico	mg/L	0,01		--
Bario	mg/L	0,7		--
Berilio	mg/L	0,04		--
Boro	mg/L	0,5		--
Cadmio	mg/L	0,01		--
Cobre	mg/L	2		--
Cromo Total	mg/L	0,05		--
Cromo VI	mg/L	0,05		--
Hierro	mg/L	0,3		--
Manganeso	mg/L	0,1		--
Mercurio	mg/L	0,001		--
Níquel	mg/L	0,02		--
Plata	mg/L	0,01		0,05
Plomo	mg/L	0,01		--
Selenio	mg/L	0,01		--
Uranio	mg/L	0,02		0,02
Vanadio	mg/L	0,1		0,1
Zinc	mg/L	3		--
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200		1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia		Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0		--
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia		Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200		--
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0		0

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
Contacto primario	Contacto secundario		
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.

- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	—
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	—
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(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	—
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)	μ g/L	0,04	0,045
<u>PLAGUICIDAS</u>			
Paratión	μ g/L	35	35
<u>Organoclorados</u>			
Aldrín	μ g/L	0,004	0,7
Clordano	μ g/L	0,006	7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	μ g/L	0,001	30
Dieldrín	μ g/L	0,5	0,5
Endosulfán	μ g/L	0,01	0,01
Endrin	μ g/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	μ g/L	0,01	0,03

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		
Lindano	µg/L		4	4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L		1	11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml		1 000	2 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml		1 000	---
Huevos de Helminetos	Huevo/L		1	1

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos		E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
		Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos		
FÍSICOS- QUÍMICOS							
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L		0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co		20 (a)	20 (a)	20 (a)	---	---
Clorofila A	mg/L		0,008	---	---	---	---
Conductividad	(µS/cm)		1 000	1 000	1 000	---	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L		5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L		2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L		0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L		13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L		(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L		0,315	---	---	---	---
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L		≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS							
Antimonio	mg/L		0,64	0,64	0,64	---	---
Arsénico	mg/L		0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L		0,7	0,7	1	1	---
Cadmio Disuelto	mg/L		0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L		0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L		0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L		0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L		0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L		0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L		0,0008	0,0008	0,0008	---	---
Zinc	mg/L		0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS							
Compuestos Orgánicos Volátiles							
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L		0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX							
Benceno	mg/L		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos							
Benzo(a)Pireno	mg/L		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L		0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados							
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L		0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS							
Organofosforados							

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos		E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
		Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos		
Malatión	mg/L		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L		0,000013	0,000013	0,000013	--	--
Organoclorados							
Aldrín	mg/L		0,000004	0,000004	0,000004	--	--
Clordano	mg/L		0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L		0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L		0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L		0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L		0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L		0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro Epóxido	mg/L		0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L		0,00095	0,00095	0,00095	--	--
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato							
Aldicarb	mg/L		0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO							
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml		1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

2.2.6. Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

Para tomar las muestras y hacer las determinaciones analíticas conviene seguir las indicaciones del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA,2016), el cual en su capítulo 6 Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales considera la planificación, ejecución y aseguramiento de la calidad del muestreo, dentro de los cuales considera a:

- Los recursos humanos, quienes deben de conocer sobre la toma de muestras preservación y transporte y que conozcan la zona a muestrear.
- Recursos económicos, para cubrir todo el monitoreo.
- Tipo de muestra de agua, la cual puede ser muestra simple o puntual cuando se toma la muestra en un punto determinado para su análisis individual; muestra compuesta, la cual es el resultado de una mezcla homogenizada de varias muestras simples colectadas y muestra integrada que consiste en la homogenización de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos

simultáneamente, con el objeto de conocer la calidad de agua promedio en los cuerpos de agua.

- Planificación del monitoreo, para diseñar el trabajo de monitoreo el cual debe de considerar la cuenca, el recurso hídrico, puntos de monitoreo, los equipos, materiales, parámetros a evaluar y logística a utilizar para el traslado del equipo de trabajo y el análisis de las muestras.
- Establecimiento de la red de los puntos de monitoreo.
- Codificación de los puntos de muestreo, los cuales deben ser debidamente identificados y reconocidos para su ubicación exacta en muestreos futuros.
- Frecuencia de monitoreo, para medir los cambios sustanciales en la calidad del agua que ocurra en un período dado, como la estacionalidad de la cuenca.
- Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.
- Preparación de materiales y equipos necesarios para el monitoreo de la calidad del agua.
- Seguridad en el trabajo de campo, para evitar daños del personal y sus equipos durante el monitoreo.
- Reconocimiento del entorno, para determinar si existe algunas características atípicas como presencia de residuos, actividades humanas, coloración anormal del agua, entre otras.
- Rotulado y etiquetado de los recipientes.
- Georreferenciación del punto de monitoreo.
- Medición de los parámetros de campo, como temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto entre otros.

- Procedimiento para la toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal, en donde se debe evitar la contaminación de muestras.
- Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras.
- Aseguramiento de la calidad del muestreo.

2.2.7. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos considerados en la determinación del Índice de Calidad del Agua de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)

√Turbiedad

La turbidez, según Lennetech (2015) es definida como la falta de transparencia, debida a la presencia de partículas en suspensión debido a una serie de factores dentro de los cuales podemos mencionar al fitoplancton, Sedimentos procedentes de la erosión, sedimentos resuspendidos del fondo que son revueltos por peces que se alimentan por el fondo, descarga de efluentes, crecimiento de las algas, escorrentía urbana. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parece y el valor de turbidez es más alto, afectando el desarrollo de plantas y animales acuáticos. Estas partículas suspendidas en el agua absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua, ya que el oxígeno se disuelve mejor en agua a bajas temperaturas; así mismo las partículas en suspensión dispersan la luz, impidiendo la actividad fotosintética de las plantas y algas, lo que ocasiona una baja en la concentración de oxígeno. Normalmente la turbidez se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

√Temperatura

A la temperatura se lo define como un parámetro físico que permite medir las sensaciones de calor y frío. Desde el punto de vista microscópico, la temperatura se considera representación de la energía cinética interna media de las moléculas que integran el agua, la cual se manifiesta en forma de agitación térmica, que resulta de la colisión entre las moléculas que forman el agua. La temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua, ya que a menor temperatura transporta más

oxígeno y todos los animales acuáticos necesitan este para sobrevivir. También influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos. La temperatura tiene influencia directa en otros factores de la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto (OD), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la supervivencia de algunas especies biológicas. (Lennetech, 2015).

√Ph

El pH es una medida que indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica. La acidez se mide a través del pH. El pH es en realidad el logaritmo de la actividad o concentración molar de los iones de Hidrógeno (H^+ ó hidronio H_3O^+):

$$pH = -\log[H^+].$$

El pH es una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. Si el agua contiene más iones de hidrógeno tiene una mayor acidez y si contiene más iones de hidróxido indica un rango básico. El pH se puede ver afectado por la sedimentación atmosférica (o lluvia ácida) provenientes de industrias y transporte, los vertidos de aguas residuales, los drenajes de las minas y el tipo de rocas que forman el lecho de la masa de agua estudiada. La mayoría de las plantas y animales acuáticos prefieren vivir en un intervalo de pH entre 6 y 8. Los animales y plantas se han adaptado a un pH específico, y si el pH del agua se sale de estos límites podrían morir, dejar de reproducirse o emigrar. Además, cabe señalar que el pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, (Lennetech, 2015), es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Un pH bajo también puede hacer que los compuestos tóxicos sean más perjudiciales para las plantas y los animales acuáticos. (CTA, 2016).

✓ **Sólidos Disueltos Totales (TDS)**

Fluence (2020) manifiesta que los sólidos disueltos totales en el agua es una medida de la cantidad de material disuelto en ella. Este material puede incluir carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, fosfato, nitrato, calcio, magnesio, sodio, iones orgánicos, y otros iones. Cierta nivel de estos iones en el agua es necesario para la vida acuática. Los cambios en concentraciones del TDS pueden ser dañinos debido a que la densidad del agua determina el flujo del agua hacia y desde las células de un organismo. Sin embargo, si las concentraciones del TDS son demasiado altas o demasiado bajas, el crecimiento de la vida acuática puede ser limitado, y la muerte puede ocurrir. Por su parte Lenntech (2015), afirma que el total de sólidos disueltos se debe a fuentes naturales, descargas de efluentes de aguas residuales del sector industrial y urbanístico. Es un parámetro útil para conocer las relaciones edáficas y la calidad de un cuerpo de agua. Los sólidos totales son los residuos resultantes luego de la evaporación y secado de la muestra en una estufa a 103-105°C.

✓ **Compuestos del nitrógeno**

Según IDEAM (2011) el indicador Nitrógeno Total, corresponde a la relación entre la suma de los valores de nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal muestreados en una estación y el número total de muestreos realizados en la misma. Todos los componentes individuales deben ser expresados como mg/L N. Marco conceptual: El nitrógeno total es una medida de todas las varias formas de nitrógeno que se encuentran en una muestra de agua. El nitrógeno es un nutriente necesario para el crecimiento de plantas acuáticas y algas.

El nitrógeno se encuentra en el agua como gas disuelto, combinaciones orgánicas y

combinaciones inorgánicas. El nitrógeno inorgánico no gaseoso se halla en forma de nitratos, nitritos y amonio, (CORANTIOQUIA, 2015).

✓ **Compuestos del fósforo**

El fósforo disuelto en el agua tiene varios orígenes, así puede proceder de ciertas rocas, o del lavado en los suelos, en cuyo caso puede tener su origen en pozos sépticos o estercoleros, que se encuentran cerca de un agua superficial de la densidad de población, ganadería, (CORANTIOQUIA, 2015). El fósforo se encuentra en el agua como fósforo orgánico o inorgánico, disuelto o en suspensión. Los fosfatos son de difícil detección, en cantidades muy grandes se puede deducir que hay contaminación con detergentes. El fosfato, aunque no es tóxico por sí mismo puede causar problemas para la salud del río porque favorecen la eutrofización (crecimiento de algas), lo cual trae como consecuencia el aumento en el medio de materias orgánicas, bacterias heterotrófas, que modifican el carácter fisicoquímico del agua, y hacen que disminuya el oxígeno disuelto.

✓ **Oxígeno Disuelto (OD)**

Lenntech (2015), manifiesta que la presencia de oxígeno en el agua es indispensable para la vida acuática y depende de las condiciones ambientales y al disminuir la temperatura o aumentar la presión la Cantidad de oxígeno también aumenta. Los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor el consumo de oxígeno. En muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros animales acuáticos más

que la existencia de compuestos tóxicos.

Según Padilla (2020), los factores que afectan la concentración de oxígeno disuelto son:

- Salinidad, cuando aumenta la salinidad, el oxígeno disuelto disminuye.
- La temperatura a mayor temperatura disminuye el contenido de oxígeno.
- La altitud, a mayores altitudes hay menor cantidad de oxígeno disuelto.

✓ **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Es la medida del oxígeno disuelto que se hace después de cinco días de tomada la muestra y nos da una idea de la carga de materia orgánica que hay en un río (Omega Perú, 2022). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) representa la cantidad de oxígeno que consumen las bacterias y otros microorganismos mientras descomponen la materia orgánica en condiciones aeróbicas a una temperatura específica. La DBO se utiliza para medir el impacto a corto plazo que tendrán los efluentes de aguas residuales en los niveles de oxígeno del agua receptora. Es representativa de la porción de aguas residuales que demanda oxígeno orgánico en varios lugares a lo largo del proceso, desde el afluente hasta el efluente.

Cuando la descarga de materia orgánica es alta y se observa una DBO mayor de 10 mg/L, a corto plazo la demanda superará la producción de oxígeno, generándose un déficit que conduce a la anaerobiosis de los sedimentos, que liberan amoníaco, fosfatos y metales produciendo malos olores. Por lo tanto, la cantidad de oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la DBO, ya que si aumenta la producción de oxígeno disminuirá la DBO por la acción de las bacterias aeróbicas que degradaran sin ningún problema la materia orgánica y biodegradable. Valores de DBO mayores

de 6 ppm indican alta contaminación.

✓ **Coliformes termotolerantes**

Según SANIPESA (2020), a los coliformes termotolerantes se los define como un subconjunto de los coliformes totales que crecen y fermentan la lactosa en elevada temperatura de incubación. Representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica. El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es grande y su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de contaminación fecal (coliformes fecales o termotolerantes) con organismos patógenos y refleja la intervención humana en ese proceso de contaminación. Los coliformes provienen de los excrementos humanos, de animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo. Aun cuando existen organismos anaeróbicos y facultativos, la mayoría depende grandemente del oxígeno disuelto para realizar procesos propios de metabolización, lo cual lleva a que también exista relación con la temperatura, oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno.

En concordancia con Lenntech (2015), es importante medir coliformes termotolerantes porque si están sobre 200/100mL hay una gran probabilidad de que organismos patógenos estén presentes también. A este nivel la probabilidad de que una persona contraiga una enfermedad es suficientemente grande de tal manera que no debería estar en contacto con el agua.

La capacidad de reproducción de los coliformes termotolerantes fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc.

Fuentes de contaminación fecal

- Plantas de tratamiento
- Pozos sépticos
- Desechos animales
- Aguas urbanas

2.3. Definiciones conceptuales

Agua contaminada: Es la presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable para causar un daño en la calidad del agua (MINAM, 2017).

Autodepuración del agua. Es una serie de fenómenos físicos, químicos y biológicos que se producen en el agua corriente natural y que provocan la destrucción de las materias extrañas introducidas en la corriente. Se trata principalmente de bacterias aeróbicas, que consumen materia orgánica con la ayuda del oxígeno disuelto en el agua. Además, hay que añadir a esto las plantas acuáticas que asimilan algunos de los componentes en forma de nutrientes, así como a través de otros procesos fotoquímicos. Structuralia (2017).

Calidad de agua. La calidad del agua según su uso se definirá, pues, en función de un conjunto de características fisicoquímicas o variables, así como de sus valores de aceptación o de rechazo: son los indicadores de la calidad del agua. Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de variables o características consideradas serán aptas para la finalidad a la que se las destina. En caso contrario, deberán ser objeto de tratamiento o depuración previa. Incluso, pueden establecerse diferentes categorías de clasificación de calidad, atendiendo a la existencia de características físico-químicas con valores inadmisibles o,

simplemente, mejorables (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020)

Contaminación. Cualquier alteración perjudicial en las características físicas, químicas y/o bacteriológicas de las aguas (Ley 29338, 2009).

Estándar de Calidad Ambiental (ECA). Son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (Ley 29338, 2009).

ICARHS. Herramienta matemática que integra una cantidad de parámetros, cuyo análisis permite transformar estos datos en un valor que califica el estado de la calidad de los recursos hídricos en un (1) punto de muestreo.

Los factores de cantidad y calidad del agua de Perú fluctúan por una variedad de razones, por tal motivo este índice es una adaptación a la fórmula utilizada según la metodología Canadiense (CCME_WQI) que se basa en las necesidades de recursos hídricos, condiciones específicas y leyes en materia de recursos hídricos. (R.J. 084-2020-ANA).

Índice de la calidad de agua. El índice de la calidad del agua, agrupa parámetros físicos, químicos y bacteriológicos más representativos dentro de un marco unificado, como un instrumento que permite identificar el deterioro o mejora de la calidad en un cuerpo de agua (R.J. 084-2020-ANA).

Límites Máximos Permisibles (LMP). Miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Una de las diferencias es que la medición de un ECA se

realiza directamente en los cuerpos receptores, mientras que en un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento. Sin embargo, ambos instrumentos son indicadores que permiten a través del análisis de sus resultados, establecer políticas ambientales (ECA) y correcciones el accionar de alguna actividad específica (LMP) (Ley 29338, 2009).

Obras humanas. Las obras construidas por el hombre, también denominadas intervenciones andrógenas, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo y vías de comunicación. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos o «desnudándola» de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas (Lenntech, 2015).

Sistema antrópico. La palabra antrópico proviene etimológicamente del vocablo griego ἄνθρωπος, que se pronuncia “anthropos” y su significado es "humano" y especialmente se aplica a todas las modificaciones que sufre lo natural a causa de la acción de los humanos. El hombre muchas veces altera con su accionar el equilibrio natural, originando el llamado sistema antrópico, integrado por elementos que surgen del desarrollo tecnológico, urbanístico, industrial, y cultural en general (Marcelo-Peña, 2008).

CAPÍTULO III

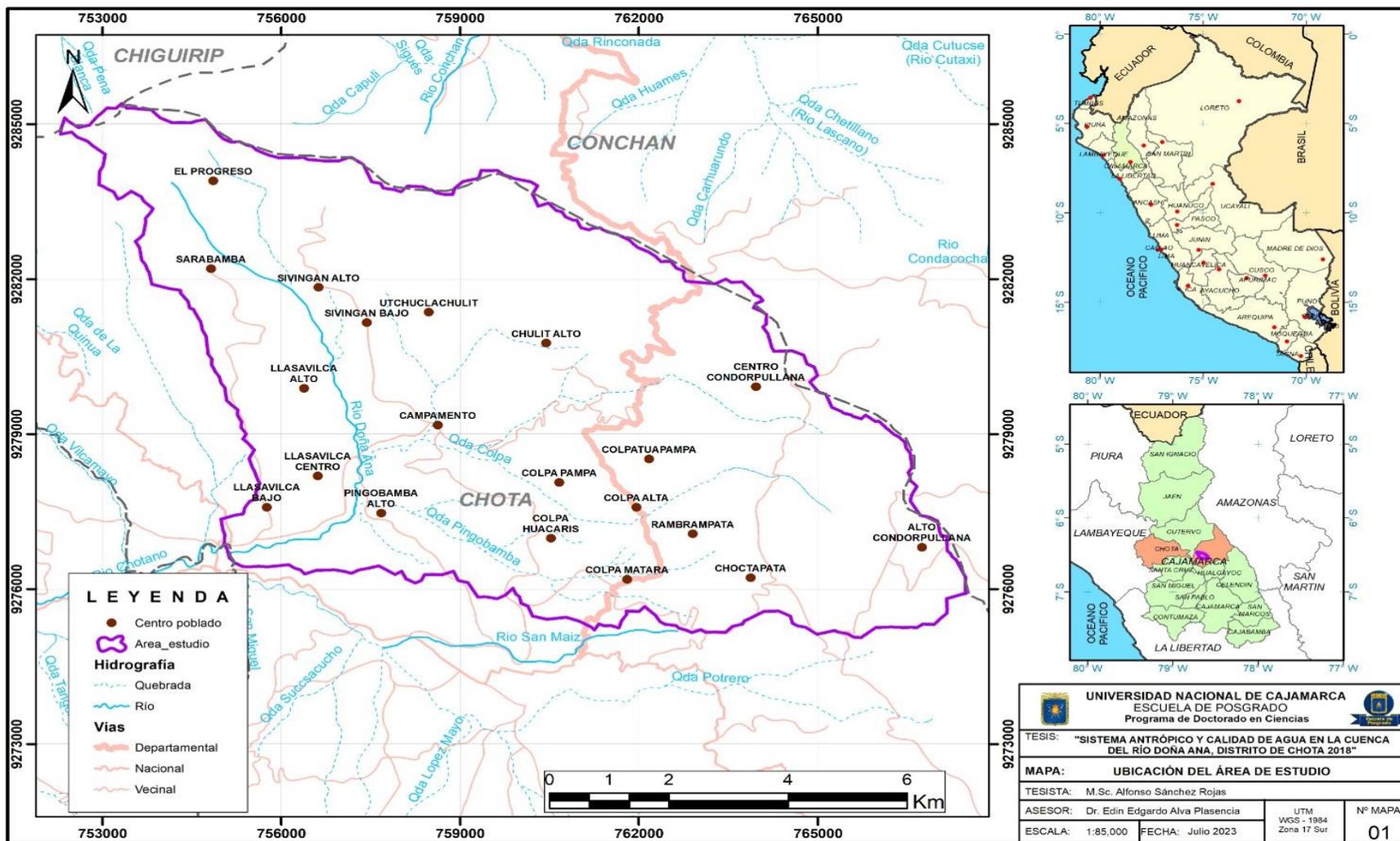
MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación

La cuenca del río Doña Ana se encuentra ubicada al nor oeste de la ciudad de Chota, es tributario de la cuenca del río Chotano, con el que se une en el lugar denominado el Paraíso. Geográficamente la cuenca se encuentra enmarcada por el Este entre 752300 m y 767478 m y por el Norte entre 9275060 m 9285397 m, en altitudes comprendidas entre los 2215msnm hasta los 3582 msnm y abarca un área de 8639.10 hectáreas.

Figura 5.

Mapa de ubicación de la cuenca del río Doña Ana

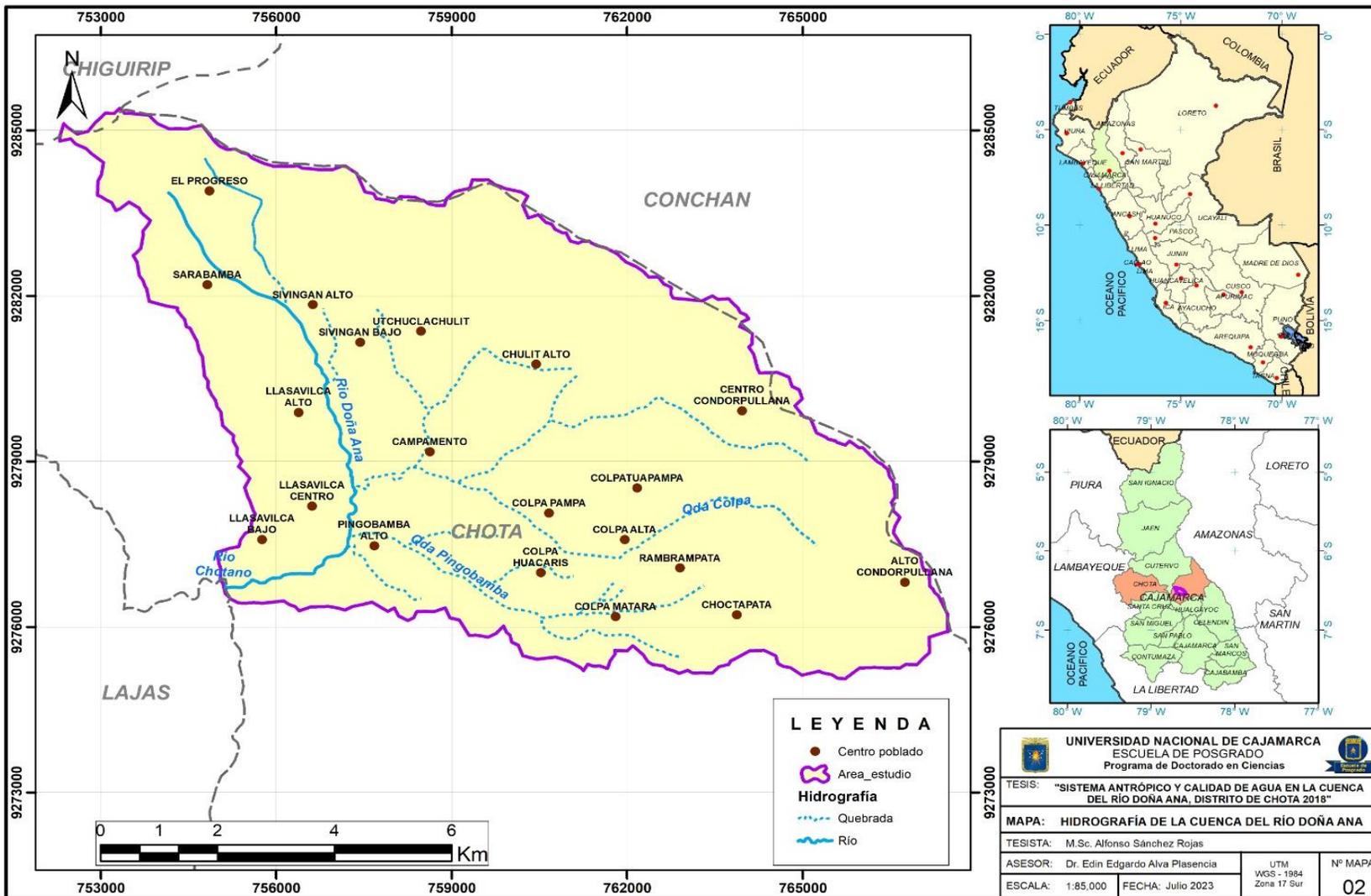


3.2. Características generales de la cuenca

La cuenca del río Doña Ana seD inicia en el distrito de Conchán, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, tiene 4 213 m de longitud, deriva del agua proveniente del río Conchano con una capacidad de trasvase de 13 m³/s, en una masa promedio anual de 90 millones de m³. Presenta un clima templado. Las precipitaciones se dan de forma cíclica con una precipitación promedio anual de 916 mm, una humedad del 82 % y velocidad del viento de 10-12 km/hora, tiene un invierno suave y un verano caluroso y lluvioso de noviembre a abril. La temperatura promedio es de 17,8°C (Cabanillas & Dávila, 2016).

Hidrología: El departamento de Cajamarca cuenta con doce unidades hidrográficas o cuencas, de las cuales siete corresponden a la Región Hidrográfica del Pacífico y los cinco restantes a la del Amazonas. El Río Doña Ana, pertenece a la Región Hidrográfica Amazonas, está conformado por un río principal y tributarios.

Figura 6.
 Mapa hidrológico de la cuenca del río Doña Ana



Hidrológicamente el río Doña Ana cuenta con una serie de quebradas que en época de estiaje están secas, siendo las quebradas la Colpa y Pingobamba las que presentan agua durante todo el tiempo, de allí que su origen tiene lugar en la unión de las quebradas la Colpa con la quebrada Pingobamba, y las aguas provenientes de la desviación del río Conchano que ingresa a la altura del lugar denominado Campanario (Figura 7).

Figura 7.

Trasvase de las aguas del río Conchano a la cuenca del río Doña Ana



Ríos: El río principal de esta cuenca es el río Doña Ana y su caudal es de 486 l/s.

Quebradas: Pingobamba. Esta quebrada se ubica al sur de la cuenca, el agua es permanente durante todo el año disminuyendo su caudal en los meses de agosto y setiembre según los habitantes de la zona, su caudal es de 8 l/s.

Colpa. Está al este de la cuenca, su agua es permanente durante todo el año, su caudal es de 126.6 l/s. Los pobladores mencionan que sus aguas se canalizan en la parte alta para abastecer algunos canales de riego.

Chanrrayuc. Se ubica al noreste de la cuenca, tiene un caudal de 6.4 l/s, es bastante irregular

durante el año, cuando está activa, abastece con sus aguas a canales de la parte alta de la cuenca.

Puquios: Los ojos de agua, comúnmente llamados puquios o puquiales, según manifiestan los pobladores, que en la actualidad son muy escasos los que conservan su agua, la mayoría se secan durante la época del verano, mejor dicho en los meses que van desde junio hasta octubre y los que abastecen con agua durante todo el año son: la boca del Túnel Conchano, las babillas en el caserío de Pingobamba Alto, Ramos en la comunidad de Utchuclachilit, Yacunchingana en el caserío de Colpa Tuapampa, la Colpa I en Utchuclachilit, barbagueda I en Choctapata - Rojaspampa, Choctapata Alto, ojo de agua en Chulit Alto, la Colpa en Chulit Alto, el verde en Sivingán Alto. Estos puquios son captados a reservorios de agua potable para algunas comunidades de la cuenca del río Doña Ana.

Componente socioeconómico

Actividades económicas: Las actividades agropecuarias se posicionan como la principal actividad productiva en la cuenca hidrográfica del río Doña Ana, se destaca el desarrollo de cultivos como maíz, papa, alfalfa y hortalizas, los cuales se cultivan bajo riego y al secano; las áreas bajo riego tienen como fuente de abastecimiento a las aguas de lluvia, las de escurrimiento superficial y los recursos hídricos del subsuelo (manantiales), y los cultivos al secano se desarrollan con las lluvias que cuales son de régimen irregular y se presentan concentradas entre los meses de noviembre a marzo, excepcionalmente hasta abril o mayo, en este sentido la agricultura es de autoconsumo y de bajo rendimiento. Así mismo cuenta con un gran potencial en atractivos turísticos como el sector denominado El Campamento.

Prácticas culturales que afectan a sostenibilidad de la cuenca: En general, la producción agropecuaria tradicional es quizás el mayor problema cultural de las comunidades de la

cuenca. Se utilizan grandes cantidades de agroquímicos y fertilizantes para los cultivos, y se deforesta para ampliar estas actividades económicas. La actividad pecuaria genera grandes problemas ambientales, lo que contribuye progresivamente con la pérdida de la capacidad de los recursos naturales en suelo y agua (Grupo técnico POMCA-RR&V, 2018).

3.3. Materiales y equipos

Equipos:

- GPS.
- Multiparámetro
- pHmetro
- Termómetro ambiental

Materiales:

- Encuestas
- Cámara fotográfica

Materiales para el muestreo

- Material cartográfico.
- Libretas de campo.
- Papel secante y toalla.
- Cinta adhesiva.
- Plumón indeleble y lápiz.
- Marcador para pizarra acrílica.
- Pizeta y agua destilada.
- Bolsas plásticas.
- Protocolo nacional de monitoreo.
- Frascos de plástico de 500 ml y 1000 ml.
- Etiquetas para identificación de frascos.

- Cadena de custodia.
- Guantes descartables.
- Cooler.
- Mascarillas.
- Refrigerantes.

Materiales y equipos de laboratorio

Tabla 1.

Materiales y equipos de laboratorio

Ítem	Parámetro	Materiales
01	Temperatura (°C)	Frasco de plástico de 1000 mL (Sin preservantes).
02	pH	
03	Oxígeno disuelto	Winkler 250 mL Reactivos: (Rx1 – Alkali-yoduro-azida y Rx2 – ácido sulfúrico) (Muestra refrigerada).
04	Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	Vaso de precipitado, probeta graduada, cono imhoff, soporte de cono imhoff, bageta.
05	Turbidez (NTU)	Vaso de precipitado, turbidímetro, viales, agua destilada.
06	Nitratos (mg L ⁻¹)	Pipeta, bombilla para pipeta, probeta, pizeta, fioles de diferentes volúmenes, espectrofotómetro. Reactivos: Rx1 (Sulfaminanida) y Rx2 (N-naftil etilendiamida).
07	Fosfatos (mg L ⁻¹)	
08	DBO ₅	Frasco de plástico de 1000 mL completamente lleno. (Sin preservantes)
09	Coliformes termotolerantes	

Materiales de gabinete

- Laptop
- Software – Microsoft **Word, Excel**

3.4. Metodología

Para el desarrollo de la investigación, se procedió a realizar un trabajo diferenciado; según las variables identificadas.

- Sistema Antrópico

Para la obtención de datos relacionados con el sistema antrópico se elaboró una encuesta con preguntas que comprendían todos los objetivos planteados en la investigación, y se tomaron los datos a 223 personas las cuales constituyeron una muestra representativa los que se distribuyeron aleatoriamente en cinco centros poblados comprendidos dentro de la cuenca del río Doña Ana, los cuales son Campamento, Sivingán, Llasavilca, La Colpa y Pingobamba.

Para calcular el tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula, que corresponde a la situación cuando se conoce el tamaño de la población:

$$N_1 = \frac{N Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

En donde:

N = tamaño de la población = 532 hogares

Z = nivel de confianza = 95 %

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada = 0.5

q = probabilidad de fracaso = 0.5

e = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción) = 5 %

N₁ = Muestra = 223 encuestas.

Tabla 2.

Unidad de análisis, población y muestra en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota 2018

Unidad de análisis	Población	Muestra
Población.	2 178 personas, 532 hogares.	223 personas (1 por hogar)
Cultivos agrícolas: maíz, zanahoria, repollo, tubérculos	Número de ha cultivadas	Encuesta a 223 personas
Pasturas.	Número de ha. de pastos como rye grass, trébol, alfalfa	Encuesta a 223 personas
Ganado vacuno criollo de carne, ovinos, cuyes,	Número de ganado vacuno, ovino y cuyes.	Encuesta a 223 personas
Especie forestal.	Pinus, Eucaliptos.	Encuesta a 223 personas
Árboles frutales.	Palta, naranja, mandarina, manzano	Encuesta a 223 personas
El agua.	Tributarios y río principal Doña Ana.	3 sitios de toma de muestras.

Fuente: INEI (2017). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017. Censo XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

- **Calidad de agua**

Para determinar la calidad del agua se siguió la siguiente metodología:

- **Descripción del diseño:**

- Selección de estaciones de muestreo (Tabla 3)
- Delimitación de las estaciones de muestreo (Tabla 3)
- Preparación de reactivos y soluciones.
- Elaboración de las curvas de calibración para la determinación de fosfatos y nitratos.
- Selección de los parámetros físico químicos y bacteriológicos.
- Recolección de muestras.
- Análisis de laboratorio.

- Procesamiento de datos.

- **Selección y delimitación de los puntos de muestreo**

En la cuenca del río Doña Ana, bajo el criterio de representatividad y accesibilidad se determinaron 3 sitios de muestreo (Tabla 3). Todas las muestras se extrajeron entre las 9:00 y 12:00 horas; desde aguas arriba hacia el punto de aforo del río Doña Ana. Se procesaron siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

Tabla 3.

Estaciones de muestreo en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota - 2018

Número de sitio de muestreo	Nombre del sitio	Altitud msnm	Coordenadas UTM	
			E	N
1	Quebrada Colpa, antes de desembocar en el río Doña Ana.	2 283	758364	9278854
2	Quebrada Pingobamba, antes de desembocar en el río Doña Ana.	2 232	757349	9278491
3	Río Doña Ana, antes de desembocar en el río Chotano.	2 222	755249	9276747

Tabla 4.

Parámetros seleccionados para determinar los ICA del agua de la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota - 2018

N°	Parámetros	Tipo de Parámetro		
		Físico	Químico	Bacteriológico
1	Temperatura (°C)	X		
2	Turbidez (NTU)	X		
3	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	X		
4	Oxígeno Disuelto (OD en % de saturación)		X	
5	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO ₅ en mg/L)		X	
6	pH (en unidades de pH)		X	
7	Nitratos (NO ₃ ¹⁻ en mg/L)		X	
8	Fosfatos (PO ₄ ³⁻ en mg/L)		X	
9	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)			X

- **Técnicas de recolección de muestras**

Las muestras fueron recolectadas mensualmente en dos momentos, en época de estiaje que comprendió los meses de junio, julio y agosto; y en época de mayor precipitación durante los meses de diciembre, enero y febrero, desde el 27 de junio de 2019 hasta el 26 de febrero del 2020. Las muestras fueron tomadas cerca al punto de unión de la quebrada con el río principal y se recolectó en la corriente principal o lo más cercano posible. Para el muestreo, transporte y conservación de las muestras se tomó en cuenta las recomendaciones de la Autoridad Nacional del Agua en la Resolución Jefatural 084-2020-ANA sobre la metodología para determinar los ICARHS.

- **Toma y conservación de muestras**

Las muestras se tomaron con el objeto de tener una porción de material con un volumen suficientemente pequeño que nos permita transportarlo con facilidad y ser manipulado en el laboratorio sin dejar de representar con exactitud el material de donde procede. Esto implicó que la concentración y proporción de todos los componentes fueron las mismas en todas las muestras que en el material de donde proceden; estas muestras fueron manejadas de tal manera que no produjeron alteraciones significativas en su composición antes de que se hagan las pruebas correspondientes.

Toma de muestras:

1. Procedimientos de cadena de vigilancia: Resumimos los principales pasos de esta cadena. Es importante asegurar la integridad de la muestra desde su toma hasta la emisión del informe.

- a) En cada toma de muestra directamente del cuerpo de agua se utilizó un Multiparámetro, previamente calibrado, aparato que nos permitió registrar “in situ” los parámetros de temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto y turbidez.
 - b) Etiquetado de las muestras. En la etiqueta se detalló número, fecha, hora y lugar donde se tomó cada una de ellas.
 - c) Antes de sellar las muestras fueron llenadas a rebosar para evitar espacios vacíos y de esta manera se pierdan orgánicos volátiles.
 - d) Sellado de la muestra para lo cual se utilizó sellos adhesivos en los cuales se consignó el número y lugar donde hizo el muestreo.
 - e) Libro de registro de campo. Toda la información detallada referente a cada muestra se registró en un cuaderno de campo, en el cual también se consigna todos los análisis físicos, químicos y bacteriológicos de cada una de las muestras.
 - f) Traslado de muestras al laboratorio. Se trasladaron al laboratorio inmediatamente después de concluir con la etapa de muestreo.
2. Método de toma de las muestras. Se tomaron manualmente cada una de las muestras.
 3. Envases de las muestras. Se utilizaron envases de plástico debidamente esterilizados para cada una de las muestras.

Conservación de muestras

- a) Conservación de las muestras a una temperatura de 4°C, para evitar la biodegradación.

- **Método de detección de los parámetros físico, químico y bacteriológico**

Tabla 5.*Métodos de detección*

Ítem	Parámetro	Método de detección
01	Temperatura (°C)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017. Temperature. Laboratory and Field Method.
02	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
03	Oxígeno disuelto	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
04	Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180 °C.
05	Turbidez (NTU)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017: Turbidity. Nephelometric Method
06	Nitratos (mg L ⁻¹)	EPA Method 300.1 Rev. 1.0. 1997 (Validado). Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography. Part A.
07	Fosfatos (mg L ⁻¹)	
08	DBO ₅	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test.
09	Coliformes termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017. Múltiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

Fuente: Laboratorio Regional del Agua

Análisis Estadístico

Se utilizó el programa estadístico Excell versión 2019 para determinar los valores descriptivos de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos considerados en el estudio de las tres estaciones monitoreadas, así mismo para la correlación entre variables se utilizó el coeficiente de Pearson (r), también se empleó la estadística descriptiva como media, moda, desviación estándar y el paquete estadístico SPSS versión 26, en español.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Sistema antrópico:

4.1.1. Densidad poblacional

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2017, la población de la cuenca del río Doña Ana es de 2 178 personas, las que se distribuyen en los diferentes centros poblados que conforman la microcuenca del Río Doña Ana. Tienen un 12 % de analfabetismo, 24 %, 60 % y 4 % de educación primaria, secundaria y superior, respectivamente, los cuales habitan en viviendas de material rústico en la parte media y alta de la cuenca y en la parte baja de la cuenca encontramos algunas construcciones de material noble. Su densidad demográfica es de 51.8 hab/km².

4.1.2. Actividades económicas

Las actividades que constituyen la base de la economía en la microcuenca son la agricultura y la ganadería, ya que aproximadamente un 60% de la población total de la microcuenca obtiene sus ingresos de dichas actividades, el 40% de la población se dedica a otras actividades como el comercio, carpintería, industrias lácteas.

Tabla 6.

Actividades económicas de la microcuenca del Río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Partes de la Microcuenca	Actividad económica
Parte alta	Agricultura, ganadería.
Parte media	Agricultura, ganadería, comercio, carpintería.
Parte baja	Agricultura, ganadería, comercio, transporte, industrias lácteas.

Entre los principales cultivos agrícolas sembrados dentro del área de la microcuenca tenemos: papa, maíz, frejol, arveja; en cuanto a la crianza de animales encontramos a vacunos, aves de corral, cuyes, cerdos. Respecto a los bosques, en la cuenca del Río Doña Ana son escasos, de los cuales algunos son nativos y otros comprenden especies introducidas, debido a que los pobladores destinan sus terrenos mayormente para las actividades agrícolas y ganaderas. La necesidad de incrementar la producción, ha generado una significativa expansión de la frontera agropecuaria, que ha determinado en tasas elevadas de ocupación de espacios, deforestación de bosque natural, ocasionando la degeneración de la estructura de los ecosistemas.

El único lugar turístico que es visitado por pobladores para su recreación es el denominado El Campamento, que cuenta con lugares de natación y ofrece platos gastronómicos de trucha.

4.1.3. Riego

Solamente 1700 hectáreas que corresponde a la parte baja de la cuenca es la que cuenta con riego del proyecto de irrigación Doña Ana Chota, (ANA, 2013) beneficiando aproximadamente a 1 500 pobladores, mientras que la parte media y alta de la cuenca solo se benefician del agua de lluvia en épocas de invierno.

El agua utilizada para el riego es del río Doña Ana proveniente del Túnel Conchano y de la quebrada la Colpa. El agua es transportada por tuberías, canales revestidos con cemento y mangueras para el riego. El tipo de riego que utilizan es el de aspersión y por inundación, de igual modo también existen algunos reservorios de cosecha de agua para el almacenamiento de lluvias ubicadas en la comunidad de Pingobamba Alto. (Figuras 8 y 9)

Figura 8.

Riego por aspersión de parcelas de alfalfa en la comunidad del campamento.



Figura 9.

Reservorio de cosecha de agua en la comunidad de Pingobamba Alto.



4.1.4. Capacidad técnica para la producción agrícola, pecuaria y forestal en la cuenca del río Doña Ana:

Actividad principal:

La actividad principal de los pobladores es la agraria, analizando la tabla 7 vemos que 223 familias realizan actividad agrícola; pecuaria 212 y 198 forestal.

Tabla 7.

Actividades agrarias realizadas en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

ACTIVIDADES REALIZADAS EL AÑO 2018		
Agrícola	Pecuaria	Forestal
223	212	198

Lo que nos permite afirmar que la agricultura constituye el sector más importante en la cuenca del río Doña Ana, de lo cual, se aprecia que esta actividad se desarrolla en aproximadamente 1 093,211 hectáreas de tierras agrícolas, de las cuales un 30% se encuentra bajo riego por aspersión y gravedad y el otro 70% es seco. En la zona sur de la cuenca se ubica la mayor cantidad de tierras agrícolas en cuanto a producción de forraje y productos de pan llevar, las mismas que se dedican a la producción de alfalfa, maíz, papa, zanahoria y frutales. La zona norte de la cuenca cuenta aproximadamente con 4500 hectáreas de tierras agrícolas (5 % riego por aspersión y gravedad 95 % en seco), dedicadas a la producción de, avena forrajera, papa, olluco y oca. (Tabla 8 y Figura 10).

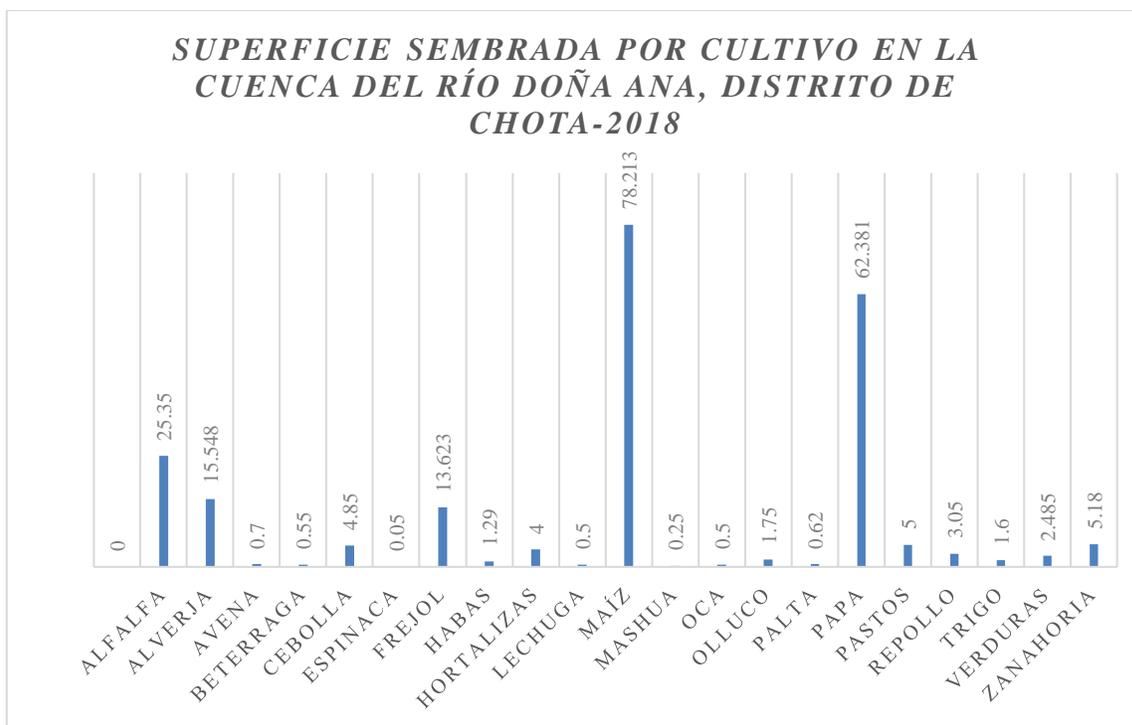
Tabla 8.

Cultivos sembrados, rendimiento máximo, mínimo y promedio en la cuenca río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Cultivos sembrados	Superficie sembrada en ha.	Rndto kgha ⁻¹		
		minimo	Máximo	Promedio
alfalfa	25.35	3000	12000	7500
alverja	15.548	200	1800	1000
avena	0.7	1000	3000	2000
beterraga	0.55	800	1000	900
cebolla	4.85	500	2000	1250
espinaca	0.05	2000	2000	2000
frejol	13.623	300	2000	1150
habas	1.29	300	1200	750
hortalizas	4	800	1000	900
lechuga	0.5	500	800	650
maíz	78.213	500	6000	3250
mashua	0.25	3000	3000	3000
oca	0.5	2000	3000	2500
olluco	1.75	1600	5000	3300
palta	0.62	300	1500	900
papa	62.381	2000	10000	6000
pastos	5	1000	8000	4500
repollo	3.05	400	3000	1700
trigo	1.6	300	800	550
verduras	2.485	700	2000	1350
zanahoria	5.18	500	3000	1750

Figura 10.

Superficie sembrada por cultivo en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018



Analizando el rendimiento de sus chacras y el porqué de ese resultado vemos que la Tabla 9 nos indican que el 95.52 % de sus pobladores reportan que los rendimientos de sus chacras se han visto mermados y según lo reportado en la tabla 9, el 52 % de los encuestados, opinan que se deben al empobrecimiento e infertilidad de sus terrenos, disminución y variación del régimen de lluvias (26 %) lo que no les ha permitido tener disponibilidad de agua (14 %) y esto se ha visto incrementado por la presencia de plagas y enfermedades (75 %) diversas. Resultados que coinciden con lo reportado por Espinosa-Espinosa, J (2018) *et al.* quienes reportan las condiciones críticas en el desarrollo que afectan negativamente el rendimiento de los cultivos debido al estrés que les ocasiona el ataque de plagas, enfermedades o condición hídrica deficiente y que si se utiliza un monitoreo espacial del suelo y temporal del desarrollo fenológico de los cultivos les permitirá llevar a cabo las acciones necesarias para

tratar de aminorar los daños y por lo tanto incrementar los rendimientos y recomiendan ejecutar varias acciones, como la nivelación de los terrenos, la aplicación diferenciada de fertilizantes y la forma de regar.

Tabla 9.

Percepción de pobladores sobre el rendimiento de sus chacras en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

¿Sus chacras producen menos?	
Si	No
213	10
95.52 %	4.48 %

Tabla 10.

Percepción de pobladores sobre las causas del bajo rendimiento de sus chacras en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Causas:	Número	Porcentaje (%)
Suelo pobre, infértil.	116	52
Desgaste por lluvias intensas.	57	26
Contaminación por actividad minera.	1	0.5
Salinidad del suelo.	9	4
Plagas y enfermedades.	168	75
Otro: Escases de agua.	31	14
No contestó	6	3

Dentro de las diferentes prácticas agrícolas utilizadas por los pobladores en la cuenca del río Doña Ana (Tabla 11), el 84 % de los encuestados manifiestan que para minimizar la degradación del suelo construyen zanjas de infiltración, el 70 % indica que mezcla el suelo con materia orgánica, y el 65 % utilizan la rotación de cultivos para proteger el suelo; así mismo vemos que sólo el 4 % de los pobladores acostubran a realizar análisis de suelo (4 %). Respecto a la práctica agrícola labranza de la tierra el 70 % reportó que ara la tierra y el 55

% nivela su terreno; con relación al riego vemos que la mayoría de los encuestados manifiestan hacer mantenimiento de su sistema de riego y el 74 % miden de forma empírica, a través de la observación y según esto colocan la cantidad de “champas” para controlar la cantidad de agua que ingresa a su parcela; es importante resaltar que ningún poblador de la cuenca del río Doña Ana realiza análisis de agua (0 %). Respecto a la práctica del uso de insumos agrícolas, el 72 % si los utiliza, y manifiestan que es la única manera para que puedan tener algún tipo de beneficio, caso contrario, no tuvieron rendimientos. Esta información nos permite indicar que los pobladores de la cuenca del río Doña Ana si tienen conocimiento y aplican prácticas agrícolas coincidiendo con lo reportado por Gómez et al. (2021) quienes desarrollaron una investigación cualitativa en el valle del Cauca, Colombia, encontrando que los agricultores de frutas y hortalizas tienen algún tipo de conocimiento y han aplicado buenas prácticas agrícolas para poder comercializar sus cosechas de acuerdo con lo que exige la cooperativa de su región. Esta adopción de herramientas tecnológicas, como lo son las buenas prácticas agrícolas, en la agricultura nos permite avanzar a la inocuidad de los productos alimentarios. También se coincide con Díaz, S. y Morejón, R. (2018) quienes manifiestan que el suelo es la base sobre la que se desarrolla la vida, por lo que todas las medidas que se adopten para protegerlo y enriquecerlo juegan un papel importante, ya que se ha demostrado que la rotación de cultivos aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo, mejora la estructura y la bioactividad del suelo, interrumpe los ciclos de vida, reduce la incidencia de plagas y enfermedades y reduce el desarrollo de malezas. El objetivo de la rotación de cultivos es desarrollar diversos sistemas de producción que puedan garantizar la sostenibilidad del suelo, mantener la fertilidad del suelo y reducir los niveles de erosión.

Tabla 11.

Prácticas agrícolas utilizadas por los pobladores en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

	Prácticas agrícolas utilizadas	Nº	%
	1. Realizar análisis de suelo	10	4
Minimizar	2. Mezclar la tierra con materia orgánica.	156	70
Degradacion	3. Rotación de cultivos para proteger el suelo	144	65
	4. Construye terrazas, zanjas de infiltración.	188	84
	5. Ara o voltea la tierra	155	70
Labranza de	6. Desterrona o desmenuza la tierra.	65	29
la tierra	7. Nivelada el terreno.	122	55
	8. Realiza surcos en contorno a la pendiente del terreno.	45	20
	9. Determina la cantidad de agua que necesita su cultivo antes de iniciar la campaña agrícola.	49	22
	10. Determina cada cuanto tiempo debe de regar su cultivo antes de iniciar su campaña agrícola.	22	10
Riego	11. Mide la cantidad de agua que ingresa a su parcela (medición con equipo o método empírico).	164	74
	12. Realiza el mantenimiento de su sistema de riego.	172	77
	13. Realiza análisis de agua.	0	0
	14. Usa abonos.	161	72
Insumos	15. Usa fertilizantes.	161	72
agrícolas	16. Usa plaguicidas como insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, otros.	161	72

4.2. Calidad del agua

4.2.1. Resultados de la percepción de los pobladores sobre la calidad del agua del río Doña Ana en relación a las actividades agrícolas, pecuarias y forestal

Tabla 12.

Problemas asociados al rendimiento en la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018.

Problemas asociados a la producción	Contaminación del agua del río Doña Ana								Total	
	Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada			
	N	%	N	%	N	%	N	%		
Suelo pobre, infértil (sobre explotación del suelo)	8	4	43	21	29	14	20	10	100	49
Desgaste del suelo por lluvias intensas	3	2	28	14	17	8	6	3	54	27
Contaminación por actividad minera	1	1	1	1	0	0	0	0	2	1
Salinidad del suelo	0	0	2	1	0	0	0	0	2	1
Plagas y enfermedades en el suelo	15	7	59	29	61	30	20	10	155	76
Falta agua	3	2	4	2	8	4	2	1	17	8
Sequia	0	0	2	1	0	0	0	0	2	1
Otro problema del suelo (especifique)	0	0	8	4	2	1	1	1	11	5

En la Tabla 12 se observa los resultados de los problemas de rendimiento y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana. De la muestra evaluada, el 49% del total considera que uno de los problemas del bajo rendimiento en sus cultivos es el suelo pobre e infértil (sobre explotación del suelo); de éstos, el 4% considera que las aguas del río Doña

Ana está muy contaminada, el 21% considera que está contaminada, el 14% considera que está poco contaminada y el 10% considera que las aguas del río Doña Ana no están contaminadas.

El 27% del total de la muestra considera que uno de los problemas que afecta el rendimiento de sus cultivos es la erosión del suelo por lluvias intensas, de estos, el 2% , el 14 % , el 8 % y el 3 % consideran que las aguas del río Doña Ana está muy contaminada, contaminada, poco contaminada y no están contaminadas, respectivamente.

Según los problemas de producción en los cultivos y la percepción sobre la contaminación del agua del río Doña Ana (Tabla 12), los resultados más relevantes obtenidos del total de encuestados nos indican que el 76% , 49 % y el 27 % que corresponden los problemas de producción: plagas y enfermedades, infertilidad del suelo y erosión, respectivamente perciben que el agua del río Doña Ana no está contaminada, posiblemente se deba a que no son conscientes que estos factores son contaminantes de los recursos hídricos y causas del bajo rendimiento, y así justificar el uso de pesticidas, fertilización del suelo y sobre explotación del suelo. Contrario a esta percepción lo reportan Echeverri, Urrutia y Barona (2020) quienes en el estudio Vulnerabilidad de fuentes hídricas superficiales de la cuenca del río cerrito a la contaminación difusa agrícola concluyen que los principales factores de vulnerabilidad en zona de ladera son la pendiente y la erosión y, en zona plana, las prácticas agrícolas inadecuadas, los cultivos con métodos de riego no eficientes, baja eficiencia en la aplicación de insumos agrícolas, baja eficiencia de aplicación de fertilizantes y pesticidas, así como el bajo fraccionamiento de estos y la poca distancia a las fuentes hídricas superficiales.

Tabla 13.

Percepción de la producción de sus parcelas o chacras en los últimos 10 años y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

En los últimos 10 años, ¿ud. cree que el suelo de sus parcelas o chacras producen menos?	Contaminación del agua del río Doña Ana											
	No contestó		Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Si	6	3	19	9	81	36	74	33	32	14	212	95
No	3	1	0	0	3	1	3	1	2	1	11	5
Total	9	4	19	9	84	38	77	35	34	15	223	100

En la Tabla 13 podemos notar los resultados de la distribución porcentual según el ítem ¿En los últimos 10 años, Ud. cree que el suelo de sus parcelas o chacras producen menos? y la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana. De la muestra evaluada, el 95% del total considera que en los últimos 10 años el suelo de sus parcelas o chacras han producido menos, y respecto a la contaminación del agua el 3% no contestó, el 9% considera que está muy contaminada, el 36% que está contaminada, el 33% respondió que está poco contaminada y el 14% consideran que las aguas del río Doña Ana no están contaminadas.

Tabla 14.

Percepción sobre la práctica de la Minimización y Degradación, y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Usa prácticas para Minimizar Degradación	Contaminación del agua del río Doña Ana											
	No contesto		Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
No	1	0.4	3	1	16	7	21	9	3	1	44	20
Si	8	4	16	7	68	31	56	25	31	14	178	80
Total	9	4	19	9	84	38	77	35	34	15	223	100

En la Tabla 14 distinguimos los resultados de la distribución porcentual según la práctica de la Minimización y Degradación, y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana. De la muestra evaluada, el 20% del total considera que no realizan las prácticas de minimización y degradación, de éstos, el 0.4% considera no saber si las aguas del río Doña Ana están contaminadas, 1% considera está muy contaminada, el 7% considera que está contaminada, el 9% considera que está poco contaminada y el 1% consideran que las aguas del río Doña Ana no están contaminadas.

El 20% del total considera que, si realizan las prácticas de minimización y degradación, de éstos, el 4% considera que no saben si las aguas del río Doña Ana están contaminadas, el 7% considera que están muy contaminada, el 31% considera que está contaminada, el 25% consideran que están poco contaminada y el 14% consideran que las aguas del río Doña Ana no están contaminadas.

Tabla 15.

Percepción sobre la práctica de labranza de la tierra y la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Utiliza prácticas de labranza de la tierra	Contaminación del agua del río Doña Ana										Total	
	No contestó		Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada		N	%
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
No	7	3	17	8	59	27	53	24	19	9	155	70
Si	2	1	2	1	25	11	24	11	15	7	68	31
Total	9	4	19	9	84	38	77	35	34	15	223	100

En la Tabla 15 se observa los resultados de la distribución porcentual según la práctica de labranza de la tierra y la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana. De la muestra evaluada, el 70% del total considera que no realizan las prácticas de labranza de la tierra, de los cuales el 1% considera no saber si las aguas del río Doña Ana están contaminadas, el 8% consideran que están muy contaminadas, el 27% que está contaminada, el 24% que está poco contaminada y el 9% consideran que las aguas del río Doña Ana no están contaminadas.

Respecto a las prácticas de labranza de la tierra, el 30 % manifiesta que sí lo realiza, dentro de los cuales el 1% considera no saber si las aguas del río Doña Ana están contaminadas y el 1%, 11 %, 11 % y el 7 % consideran que están muy contaminadas, contaminadas, poco contaminada y no están contaminadas, respectivamente.

Tabla 16.

Percepción sobre la práctica del riego y la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Práctica de Riego	Contaminación del agua del río Doña Ana										Total	
	No contesto		Muy Contaminada				Poco contaminada		No contaminada			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	No	4	2	5	2	18	8	13	6	2	1	42
Si	5	2	14	6	66	30	64	29	32	14	181	81
Total	9	4	19	9	84	38	77	35	34	15	223	100

La Tabla 16 reporta los resultados de la distribución porcentual según la práctica del riego y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana. De la muestra evaluada, el 19% del total manifiestan que no realizan las prácticas de riego, de estos, el 2% considera no saber si las aguas del río Doña Ana están contaminadas, el 2% consideran que están muy contaminadas, el 8% considera que está contaminada, el 6% considera que está poco contaminada y el 1% consideran que las aguas del río Doña Ana no están contaminadas. En cambio, el 81% si realizan las prácticas de riego, de éstos, el 2% considera no saber si las aguas del río Doña Ana están contaminadas, el 6% consideran que están muy contaminadas, el 30% que está contaminada, el 29% que está poco contaminada y el 14% que las aguas no están contaminadas.

Tabla 17.

Percepción sobre las prácticas agrícolas y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Prácticas agrícolas	Contaminación del agua del río Doña Ana													
	No contestó		Muy contaminada				Poco contaminada				No contaminada		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	No	4	2	11	5	32	14	32	14	11	5	90	40	
Si	5	2	8	4	52	23	45	20	23	10	133	60		
Total	9	4	19	9	84	38	77	35	34	15	223	100		

Con relación a la distribución porcentual según las prácticas agrícolas y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, en la Tabla 17, se nota que el 40% considera que no realizan las prácticas agrícolas y su percepción sobre la contaminación de las aguas el 2% no conoce si están contaminadas, en cambio los porcentajes del 5%, 14%, 14% y 5% consideran que las aguas están muy contaminadas, contaminadas, poco contaminadas y no están contaminadas, respectivamente.

En cambio, el 60% si realizan prácticas agrícolas, y con relación a la percepción de contaminación de las aguas manifiestan que no conocen si están contaminadas, o muy contaminadas, contaminadas, poco contaminadas o no están contaminadas, en porcentajes de 2%, 4%, 23%, 20% y 10%, respectivamente.

Tabla 18.

Relación entre las actividades agrarias y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Actividades agrarias	Contaminación del agua del río Doña Ana		
	N	Valor del chi calculado	p-valor
Problemas de producción		26.122	0.2017
Sus parcelas producen menos	223	17.040	0.002
Minimizar Degradación	223	29.655	0.000
Labranza de la tierra	223	6.880	0.142
Riego	223	8.850	0.065
Insumos agrícolas	223	3.620	0.460

En la Tabla 18; se observa que el ítem sus parcelas o chacras producen menos (p-valor = 0.002) y las prácticas de minimización y degradación del suelo (p-valor = 0.000), son los únicos factores que se relacionan significativamente con la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana, dado que para cada caso el valor de significación es menor al 5%.

Tabla 19.

Distribución porcentual según plantaciones forestales y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Plantaciones forestales	Contaminación del agua del río Doña Ana								Total	
	Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Exóticas	9	5	44	24	34	19	14	8	101	56
Nativas	10	6	37	20	31	17	10	6	88	49
Frutales	14	8	53	29	54	30	19	11	140	77

En la Tabla 19 notamos que el 56% tiene en sus predios plantaciones exóticas, los cuales el 5% consideran que las aguas del río Doña Ana están muy contaminadas, el 24% que están contaminadas, el 19% están poco contaminadas y el 8% considera que están contaminadas. El 49% presenta plantaciones nativas y de éstos el 6%, 20 %,17% y el 6 % consideran que las aguas el río Doña Ana están muy contaminadas, contaminadas, poco contaminadas y no contaminadas. Respecto a las plantaciones nativas el 77% las tiene en sus predios, de los cuales el 8%, 29 %, 30 % y 11 % percibe que las aguas del río Doña Ana están muy contaminadas, contaminadas, poco contaminadas y no están contaminadas, respectivamente.

Tabla 20.

Distribución porcentual según tipo de insumos utilizados en el área forestal y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Tipos de insumos utilizados	Contaminación del agua del río Doña Ana								Total	
	Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	Plaguicidas	9	7	22	17	31	24	14	11	76
Abonos	12	9	35	27	54	42	19	15	120	93
Fertilizantes	11	9	21	16	36	28	17	13	85	66

La Tabla 20 muestra los resultados de la distribución porcentual según tipo de insumo que utiliza en el área forestal y la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana, el 59% emplean como insumos plaguicidas, de los cuales el 7% percibe que las aguas están muy contaminadas, el 17% que están contaminadas, el 24% poco contaminadas y el 11% consideran que no están contaminadas.

Mientras que el 93% emplean como insumos abonos, de los cuales el 9% consideran que las aguas del río Doña Ana están muy contaminadas, el 27% que están contaminadas, el 42% que están poco contaminadas y el 15% consideran que las aguas no están contaminadas. Respecto a las personas que utilizan fertilizantes como insumos corresponden al 66%, de los cuales el 9%, 16%, 12% y el 13 % consideran que las aguas del río Doña Ana están muy contaminadas, contaminadas, poco contaminadas y no están contaminadas, respectivamente.

Tabla 21.

Relación entre la actividad forestal y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Actividad forestal	Contaminación del agua del río Doña Ana		
	N	Valor del chi calculado	p-valor
Plantaciones forestales	223	1.742	0.783
Tipo de insumo que utiliza en el área forestal	223	2.318	0.678

En la Tabla 21, se observa que, tanto las plantaciones forestales (p-valor = 0.783) como el tipo de insumo que utiliza en el área forestal (p-valor = 0.678) no se relacionan con la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana, dado que para cada caso el valor de significación es mayor al 5%.

Tabla 22.

Percepción sobre las prácticas pecuarias y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Realizaron Prácticas pecuarias	Contaminación del agua del río Doña Ana										Total	
	Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada		No contestó			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	No	15	6.7	62	28	52	23	24	11	7	3.1	160
Si	4	1.8	22	9.9	25	11	10	4.5	2	0.9	63	28
Total	19	8.5	84	38	77	35	34	15	9	4	223	100

Respecto a la distribución porcentual de las prácticas pecuarias y la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana, la Tabla 22, nos muestran que 72% no realizan prácticas pecuarias, en cambio el 28% si la realizan. En el primer caso la percepción de la contaminación de las aguas es del 7%, 28%, 23% y 11% que están muy contaminadas, contaminadas, poco contaminadas y no contaminadas; en el segundo caso sigue la misma tendencia en un porcentaje de 2%, 10%, 11% y 5%, respectivamente; incrementándose un porcentaje del 1% que no saben si las aguas del río Doña Ana están contaminadas.

Tabla 23.

Percepción sobre las prácticas de instalación en la producción pecuaria y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Realizaron prácticas de Instalación	Contaminación del agua del río Doña Ana										Total	
	Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada		No contesto			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
No	8	4	45	20	41	18	23	10	6	3	123	55
Si	11	5	39	18	36	16	11	5	3	1	100	45
Total	19	9	84	38	77	35	34	15	9	4	223	100

En la Tabla 23, se observa los resultados de la distribución porcentual de las prácticas de instalación en la producción pecuaria y la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana. De la muestra evaluada, el 55% indicó que no realizan esta práctica, de éstos, el 4% considera que las aguas del río Doña Ana está muy contaminada, el 20% considera que está contaminada, el 18% considera que está poco contaminada, el 10% consideran que no está contaminada y el 3% no saben si las aguas del río Doña Ana están contaminadas.

El 45% indicó que, si realizan la práctica de la instalación, de estos, el 5% considera que las aguas del río Doña Ana está muy contaminada, el 18% considera que está contaminada, el 16% considera que está poco contaminada, el 5% consideran que no está contaminada y el 1% no saben si las aguas del río Doña Ana están contaminadas.

Tabla 24.

Percepción sobre las prácticas del manejo sanitario y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Realizaron Manejo sanitario	Contaminación del agua del río Doña Ana										Total	
	Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada		No contesto			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
No	10	5	32	14	33	15	14	6	5	2	94	42
Si	9	4	52	23	44	20	20	9	4	2	129	58
Total	19	9	84	38	77	35	34	15	9	4	223	100

Al analizar la Tabla 24, se observa los resultados de la distribución porcentual de las prácticas del manejo sanitario y la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana. El 42% indicó que no realizan esta práctica y el 58% manifestó que sí. En ambos casos la percepción de que el agua está contaminada o poco contaminada ocupan el mayor porcentaje, siendo sus valores de 14%, 15%, 23% y 20%, respectivamente.

Tabla 25.

Percepción sobre las prácticas de alimentación y agua y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Realizaron prácticas de Alimentación y agua	Contaminación del agua del río Doña Ana										Total	
	Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada		No contesto			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
No	16	7	70	31	51	23	24	11	8	4	169	76
Si	3	1	14	6	26	12	10	5	1	0	54	24
Total	19	9	84	38	77	35	34	15	9	4	223	100

Respecto a las prácticas de alimentación y agua en la Tabla 25 se registran los resultados de la distribución porcentual, donde se nota que el 76% indicó que no realizan esta práctica vs el 24% que si lo hace. En el primer caso la percepción de que el agua está contaminada ocupa el mayor porcentaje: 31%, en cambio en el segundo caso el 12% percibe que el agua está poco contaminada.

Tabla 26.

Percepción sobre las prácticas de mejoramiento genético y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Realizaron prácticas de Mejoramiento genético	Contaminación del agua del río Doña Ana										Total	
	Ninguna de los anteriores		Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
No	8	4	13	6	66	30	54	24	25	11	166	74
Si	1	0	6	3	18	8	23	10	9	4	57	26
Total	9	4	19	9	84	38	77	35	34	15	223	100

En la Tabla 26 se registran los resultados de la distribución porcentual de las prácticas del mejoramiento genético, y la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana. Se observa que el 74% no realizan esta práctica y el 26% que si la realiza y la tendencia de la percepción se mantiene en el sentido que el 30% de los que no realizan esta práctica perciben que el agua está contaminada, mientras que el 10% de los que realizan esta práctica perciben que el agua está poco contaminada.

Tabla 27.

Percepción sobre las prácticas de manejo de pastos y la contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Realizaron prácticas de Manejo de pastos	Contaminación del agua del río Doña Ana										Total	
	Muy contaminada		Contaminada		Poco contaminada		No contaminada		No contestó			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
No	9	4	46	21	56	25	29	13	8	4	148	66
Si	10	5	38	17	21	9	5	2	1	0	75	34
Total	19	9	84	38	77	35	34	15	9	4	223	100

En la Tabla 27 se observa los resultados de la distribución porcentual de las prácticas del manejo de pastos, y la percepción de la contaminación del agua del río Doña Ana.

De la muestra evaluada, el 66% indicó que no realizan esta práctica, de éstos el 25% considera que las aguas del río Doña Ana está poco contaminada; y del 34% que indicó que si realizan las prácticas del manejo de pastos el 17% considera que está poco contaminada.

Tabla 28.

Relación entre las prácticas pecuarias y la percepción de la Contaminación del agua del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Prácticas pecuarias	Contaminación del agua del río Doña Ana		
	N	Valor del chi calculado	p-valor
Prácticas pecuarias	223	1,521	0,823
Instalación	223	4,134	0,388
Manejo sanitario	223	2,115	0,715
Alimentación y agua	223	8,513	0,074
Mejoramiento genético	223	2,869	0,580
Manejo de pastos	223	17,038	0,002

Analizando la Tabla 28, se observa que de las seis prácticas pecuarias solo el manejo de pastos (p -valor = 0.002) se relaciona significativamente con contaminación del agua del río Doña Ana, dado que para este caso el valor de significación es menor al 5%. Según estos resultados, las aguas del río Doña Ana se contaminan por la práctica del manejo de pastos, y no se contaminan por el uso de las otras prácticas. Posiblemente se deba a que se ha vuelto muy común regar las pasturas con aguas residuales por la baja disponibilidad, pero que es necesario un monitoreo cuidadoso para disminuir la contaminación ambiental, es así que Gonzales et.al. (2020) al analizar el efecto del riego, con aguas residuales tratadas, sobre la contaminación microbiológica del suelo y el pasto King Grass concluyen que “la fuente de contaminación en el manejo de los pastos y el suelo no está relacionada únicamente con la carga microbiana presente en las aguas residuales, sino que se puede deber, entre otros factores, a las escorrentías y al uso de aguas subterráneas contaminadas para el riego”.

Según la FAO (2018) en su Informe sobre los contaminantes agrícolas afirma que la contaminación del agua por prácticas agrícolas insostenibles plantea una grave amenaza para la salud humana y los ecosistemas del planeta, este álgido problema a menudo es subestimado, entre otros, por los agricultores, como podemos concluir con la percepción que tienen los habitantes de la cuenca del río Doña Ana quienes manifiestan en mayor percepción que hay contaminación y poca contaminación por los problemas de rendimiento en la producción de sus cultivos en las aguas del río Doña Ana.

Pacheco y Vargas (2022) en su propuesta de metodología para la gestión eficiente del agua, reportan que la eficiencia de los sistemas de riego constituye un tema prioritario para la mayoría de los países del mundo. Uno de los problemas que afectan a las áreas bajo riego en la agricultura cubana es la baja eficiencia durante el manejo del agua, por esta razón afirman

que no es suficiente continuar implantando novedosas tecnologías en las instalaciones agrícolas, sino que debe complementarse con un nivel adecuado de utilización eficiente del agua y la energía, que garantice la conservación de estos importantes recursos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019a), en sus Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, GEO 6 informa que, en muchos países, la mayor fuente de contaminación del agua es la agricultura -no las ciudades o la industria-, mientras que, a nivel mundial, el contaminante químico más común en los acuíferos subterráneos son los nitratos procedentes de la actividad agrícola, ya que la agricultura moderna es responsable del vertido de grandes cantidades de agroquímicos, materia orgánica, sedimentos y sales en los cuerpos de agua, ya que a medida que se ha intensificado el uso de la tierra, los países han aumentado enormemente el uso de pesticidas sintéticos, fertilizantes y otros insumos. Los contaminantes agrícolas más preocupantes para la salud humana son los patógenos del ganado, plaguicidas, nitratos en las aguas subterráneas, oligoelementos metálicos y los contaminantes emergentes, incluidos los antibióticos y los genes resistentes a los antibióticos excretados por el ganado.

Es sabido que el auge de la productividad agrícola mundial que siguió a la Segunda Guerra Mundial se logró en gran parte a través del uso intensivo de insumos, como plaguicidas y fertilizantes químicos los cuales se multiplicaron desde 1960, así como las ventas mundiales de plaguicidas. Mientras tanto, la intensificación de la producción pecuaria -el número mundial de cabezas de ganado se ha más que triplicado desde 1970 lo que ha causado se incrementen los contaminantes como antibióticos, vacunas y promotores hormonales del crecimiento que viajan a través del agua desde las granjas a los ecosistemas y al agua que bebemos. Así mismo la contaminación del agua por materia orgánica procedente de la

ganadería está hoy mucho más extendida que la contaminación orgánica derivada de las áreas urbanas.

PNUMA (2019a) reporta los siguientes datos destacados causantes de la contaminación del agua que se relacionan con la actividad agrícola:

- El riego es el mayor productor mundial de aguas residuales por su volumen (en forma de drenaje agrícola).
- A nivel mundial, las tierras agrícolas reciben anualmente cerca de 115 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados minerales. Alrededor del 20 por ciento de estos insumos de nitrógeno terminan acumulándose en los suelos y la biomasa, mientras que el 35 por ciento acaba en los océanos.
- El medio ambiente es rociado cada año a nivel global con 4,6 millones de toneladas de plaguicidas químicos.
- Los países en desarrollo representan el 25 por ciento del uso mundial de plaguicidas en la agricultura, pero suman el 99 por ciento de las muertes derivadas de su uso en el mundo.
- Cálculos recientes indican que el impacto económico de los plaguicidas en las especies no objetivo (incluidos los seres humanos) es de aproximadamente 8 000 millones de dólares EEUU anuales en los países en desarrollo.
- El agotamiento del oxígeno (hipoxia) resultante de la sobrecarga de nutrientes provocada por el hombre afecta un área de 240 000 km² a nivel global, incluyendo 70 000 km² de aguas continentales y 170 000 km² de zonas costeras

- Se estima que un 24 por ciento de la superficie irrigada en el mundo está afectada por la salinización.
- Actualmente, están catalogados como presentes en el medio acuático europeo más de 700 contaminantes emergentes, sus metabolitos y productos de transformación.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2019), en su sexto informe Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, indica que un ambiente saludable es la mejor base para la prosperidad económica, la salud y el bienestar de las personas. Por ello, es importante generar condiciones de un uso responsable de los recursos naturales promoviendo el desarrollo sostenible, así como oportunidades de prosperidad y bienestar que preserven o recuperen la integridad de los ecosistemas. Sin embargo, es necesario mencionar que el comportamiento humano ha tenido diversos efectos en la biodiversidad, la atmósfera, los océanos, el agua y la tierra. Esa afectación del ambiente, que va de grave a irreversible, ha tenido una repercusión negativa en la salud humana. La contaminación atmosférica ha ejercido el mayor impacto negativo, seguida por la degradación del agua, la biodiversidad, los océanos y el ambiente terrestre. En todo el mundo han aumentado las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero y se han incrementado los efectos en el clima, por ello es muy importante evaluar desde la ciencia la salud ambiental del planeta y sensibilizar a los tomadores de decisiones para que se aborden de inmediato los problemas ambientales que nos enfrentamos, con el fin de lograr los ODS establecidos en la Agenda 2030. 2 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2019a).

La agricultura, en el mundo, utiliza en promedio el 70 % de los recursos de agua dulce; pudiendo llegar en muchos de los países más pobres al 90 %. La calidad del agua ha empeorado significativamente desde 1990, debido a la contaminación orgánica y química

ocasionada por fertilizantes, plaguicidas, agentes patógenos, sedimentos, metales pesados, desechos plásticos y microplásticos, contaminantes orgánicos persistentes y salinidad (PNUMA, 2019b).

El mayor uso antropogénico de la tierra es la producción de alimentos pues utiliza el 50 % de la tierra habitable; por tal motivo, resulta necesario conocer las fuerzas impulsoras y presiones de los cambios ambientales, su estado e impacto, con el fin de formular políticas de desarrollo sostenible efectivas y sistemas de gobernanza para la implementación de una agenda de acción global basada en objetivos y metas (PUCP, 2018), en el deseo colectivo de alcanzar la sostenibilidad social, económica y ambiental (PNUMA, 2019a). La deforestación se ha ralentizado, pero sigue avanzando en todo el mundo. Además, aunque muchos países están adoptando medidas para incrementar su cubierta forestal, ello se está logrando principalmente por medio de plantaciones y de la reforestación Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). La degradación de las tierras y la desertificación han aumentado; las tierras con mayor peligro de degradación abarcan aproximadamente el 29 % de las tierras de todo el mundo, donde habitan 3 200 millones de personas (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020).

4.2.2. Resultados de los análisis de la calidad del agua

Tabla 29.

Estándares nacionales de calidad ambiental para agua de acuerdo a la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetro	ECA		
	D1: Agua para riego no restringido	D1: Agua para riego restringido	D2: Bebida de animales
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	1000	2000	1000
Temperatura (°C)	Δ 3	Δ 3	Δ 3
pH (unidad)	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	≥ 4	≥ 4	≥ 5
Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	-	-	-
Turbidez (NTU)	-	-	-
Nitratos (mg L ⁻¹)	100	100	100
Fosfatos (mg L ⁻¹)	≥ 4	≥ 4	≥ 5
DBO ₅ (mgO ₂ L ⁻¹)	15	15	15

Δ 3: significa variación de 3° C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Tabla 30.

Promedios de datos obtenidos y sistematizados en tres etapas de monitoreo por época seca y época lluviosa en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota - 2018

Parámetro	Quebrada Colpa		Quebrada Pingobamba		Río Doña Ana	
	Prom		Prom		Prom	
	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	190.00	896.67	110.00	360.00	110.00	151.00
Temperatura (°C)	17.24	18.02	19.26	21.59	18.77	18.47
pH (unidad)	7.86	8.04	8.04	8.03	8.24	8.75
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	6.51	4.83	6.62	5.53	6.76	6.07
Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	306.53	377.67	308.17	339.00	209.60	154.33
Turbidez (NTU)	12.87	11.61	11.60	11.78	11.97	11.75
Nitratos (mg L ⁻¹)	7.58	8.92	7.33	6.65	9.97	8.86
Fosfatos (mg L ⁻¹)	3.27	3.67	2.53	3.33	4.03	2.17
DBO ₅ (mgO ₂ L ⁻¹)	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

En la tabla 30; se muestran los datos obtenidos y sistematizados en tres etapas de monitoreo por época, presentados en valores promedios.

En relación a Coliformes termotolerantes, en época seca para la Quebrada Pingobamba y el Río Doña Ana, se evidencia los valores más bajos (110.00 NMP/100 ml), a diferencia de 190.00 (NMP/100 ml) en la quebrada Colpa. Asimismo, se muestra que en época lluviosa el Río Doña Ana presenta valores de 151.00 (NMP/100 ml) y la Quebrada Colpa el mayor valor de 896.67 (NMP/100 ml). Esto pudiendo deberse a la presencia de poblaciones asentadas cerca de la ribera de los ríos y quebradas y por el inadecuado manejo de las aguas residuales. Afirmación que se sustenta con el argumento de Marín et al. (2014) quien sostiene que las concentraciones de coliformes termotolerantes en aguas superficiales donde hay población asentada a sus riveras, son influenciadas principalmente por la descarga directa de aguas usadas en los domicilios de las mismas poblaciones, las cuales no cuentan con un sistema de saneamiento básico adecuado para la eliminación de las mismas; mencionado también por Molina y Jiménez (2017) que en aguas superficiales la presencia de coliformes es uno de los principales factores de contaminación de las aguas favoreciendo la presencia de los mismos en zonas de mayor contaminación.

Por otro lado, teniendo en cuenta los valores de temperatura encontrados; el valor más bajo corresponde a la época lluviosa 16.2 °C en la Quebrada Colpa y el valor más alto 25,24 °C en época lluviosa en la quebrada Pingobamba. Realizando las comparaciones con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua en su categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, en el cual se señala que la temperatura debe tener como máximo 3 grados Celsius de variación respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, tomando como base una investigación precedentes en la cual se señala que las temperaturas en estas quebradas oscilan entre 15,3 y 17,2 °C (Sayaverde, 2021) se puede indicar que existe valores por encima de los

valores normados y/o recomendados en el ECA.

Es necesario mencionar, que la temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua, ya que a menor temperatura transporta más oxígeno y todos los animales acuáticos necesitan este para sobrevivir. También influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos. La temperatura tiene influencia directa en otros factores de la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto (OD), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la supervivencia de algunas especies biológicas (Lennetech, 2015).

Conforme a los valores de pH, el valor más bajo es el de 7.7 presente en época seca, correspondiente a la Quebrada Colpa, y el valor más alto 8.71 de la época lluviosa del río Doña Ana.

El pH se puede ver afectado por la sedimentación atmosférica (o lluvia ácida) provenientes de industrias y transporte, los vertidos de aguas residuales, los drenajes de las minas y el tipo de rocas que forman el lecho de la masa de agua estudiada. La mayoría de las plantas y animales acuáticos prefieren vivir en un intervalo de pH entre 6 y 8, mismos que son valores establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental para agua. Los animales y plantas se han adaptado a un pH específico, y si el pH del agua se sale de estos límites podrían morir, dejar de reproducirse o emigrar. Además, cabe señalar que el pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5. Como se observa, en época lluviosa, el río Doña Ana presenta un valor promedio de 8,75 unidades de pH, mismas que pueden deberse a los agentes contaminantes de las aguas residuales que ingresan a la quebrada, tal como lo resalta Jiménez (2020), cuando afirma que, las aguas naturales receptoras de agua residual tienden a tener un pH ligeramente básico equivalente a 7.2 unidades, a causa de que estos contaminantes contienen bicarbonatos y metales; señalado también por Teves (2019) que la alta descomposición de materia orgánica

de las aguas residuales produce ácidos húmicos que acidifican el agua. Dicho esto, en la quebrada Colpa, Pingobamba y río doña Ana las actividades antropogénicas influyeron en la concentración del pH. Por otro lado, los resultados determinan que existe una relación de las unidades de pH con la temperatura y conductividad, ya que un incremento de ambos reduce la concentración de pH en el agua (Rubio, et al., 2018).

Los valores de Oxígeno disuelto, se presentan no muy dispersos. Con valor más bajo al inicio de la época lluviosa 3.5 mg L^{-1} , correspondiente a la Quebrada Colpa y el valor más alto 7.78 mg L^{-1} en época seca, correspondiente al punto de monitoreo del río Doña Ana.

Datos similares fueron reportados por Frías y Montilla (2016), quienes indicaron que las concentraciones más altas de oxígeno disuelto fueron aguas arriba con 5.32 mg L^{-1} y el valor más bajo registrado fue en el centro del río con 4.8 mg L^{-1} . En tal sentido, los resultados obtenidos evidenciaron que en el punto de monitoreo de la quebrada Colpa, para época lluviosa los valores son bajos, debido a que a los alrededores, existe mayor cantidad de agentes contaminantes, como las aguas residuales que se generan de la población que está asentada a las riveras, desagües de la ciudad de Chota y la abundante vegetación; por lo tanto, se produce un acopio de materia orgánica, tal como lo menciona Rabalais et al. (2007) citado por Ampuero (2018) cuando manifiesta que, a medida de que se va acumulando materia orgánica en el agua, provoca que se potencializarían el proceso de descomposición microbiana por lo tanto los microorganismos van a consumir mayor oxígeno.

Otro aspecto resaltante según los valores obtenidos se afirma que la concentración de oxígeno disuelto está relacionada con la temperatura, mientras más alta fue la temperatura, la cantidad de oxígeno en el agua era menor. Entonces es lógico suponer que los valores están entre estos valores; argumentos que se contrastan con lo que indica Rojas (2010) la disminución de oxígeno se ve afectada de manera no lineal por la temperatura, puesto que a mayor

temperatura se aceleran los procesos biológicos que consumen OD. Así mismo, Mena et al. (2015) señala que cuando la temperatura es baja, hay altas precipitaciones con fuertes corrientes que mueven a los contaminantes en un cuerpo de agua, por tanto, el OD tiende a incrementarse.

Lenntech (2015), manifiesta que la presencia de oxígeno en el agua es indispensable para la vida acuática y depende de las condiciones ambientales y al disminuir la temperatura o aumentar la presión la Cantidad de oxígeno también aumenta. Los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor el consumo de oxígeno. En muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros animales acuáticos más que la existencia de compuestos tóxicos.

En cuanto a Sólidos disueltos totales, el valor más bajo apreciable fue de 154.33 mg L⁻¹ en la época lluviosa correspondiente al río Doña Ana y 377.67 mg L⁻¹ en la época lluviosa correspondiente a la Quebrada Colpa. Este parámetro, no se encuentra reglamentado en el Estándar de Calidad Ambiental para agua. Si realizamos la comparación con la FAO (2013) que es <50 mg L⁻¹ y del DIGESA (2017) donde se establece como límite <150 mg L⁻¹ de concentración SST para el caso de las aguas destinadas al riego utilizando el método Gravimétrico. Los resultados encontrados no cumplirían con la norma, evidenciándose que se produce un incremento significativo de sólidos totales, estos valores probablemente pueden estar asociados a la actividad agrícola y ganadera que aumenta la producción de sedimentos y escorrentía. Mencias (2018) menciona que en la industria los sólidos totales del agua perturban directamente la cantidad de lodos que se produce en el sistema de tratamiento o disposición, mientras que en las aguas naturales como en agua de lagos los sólidos disueltos

afectan el paso de luz en la columna de agua.

Fluence (2020) manifiesta que los sólidos disueltos totales en el agua es una medida de la cantidad de material disuelto en ella. Este material puede incluir carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, fosfato, nitrato, calcio, magnesio, sodio, iones orgánicos, y otros iones. Cierta nivel de estos iones en el agua es necesario para la vida acuática. Los cambios en concentraciones del TDS pueden ser dañinos debido a que la densidad del agua determina el flujo del agua hacia y desde las células de un organismo. Sin embargo, si las concentraciones del TDS son demasiado altas o demasiado bajas, el crecimiento de la vida acuática puede ser limitado, y la muerte puede ocurrir. Por su parte Lenntech (2015), afirma que el total de sólidos disueltos se debe a fuentes naturales, descargas de efluentes de aguas residuales del sector industrial y urbanístico. Es un parámetro útil para conocer las relaciones edáficas y la calidad de un cuerpo de agua. Los sólidos totales son los residuos resultantes luego de la evaporación y secado de la muestra en una estufa a 103-105°C.

Los valores de turbidez, presentan una distribución normal promedio de 11.93 NTU; exceptuando al valor de 12.87 NTU de la época seca, correspondiente a la Quebrada Colpa, presentándose como el valor mayor, debido a que existe una mayor cantidad de partículas en suspensión.

Suarez y Rosas (2020) indican que cuanto más sólidos en suspensión existe en el agua, tiene una apariencia más turbia. Así mismo, Godoy (2018) menciona “que las partículas en suspensión, materia orgánica en suspensión aumenta la posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos en los micro huecos de las partículas en suspensión, también difunden la luz solar y absorben calor por lo general puede originar aumento en la temperatura y una reducción de luz para la fotosíntesis de las algas”.

Por otro lado, Godoy (2018) “explica que la turbidez es la medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, arcilla, limos, coloides orgánicos, plancton y organismos microscópicos”.

Por su parte Lennetech (2015) menciona que los sólidos en suspensión afectan el desarrollo de plantas y animales acuáticos. Estas partículas suspendidas en el agua absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua, ya que el oxígeno se disuelve mejor en agua a bajas temperaturas; así mismo las partículas en suspensión dispersan la luz, impidiendo la actividad fotosintética de las plantas y algas, lo que ocasiona una baja en la concentración de oxígeno. Normalmente la turbidez se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

Por lo que se refiere a Nitratos, el valor más bajo evidenciado fue de 6.65 mg L⁻¹ en época lluviosa, correspondiente a la Quebrada Pingobamba y el valor más alto fue 9.97 mg L⁻¹ en época seca, correspondiente al río Doña Ana.

Al hablar de las fuentes de nutrientes que se encuentran en las aguas superficiales según Michaud (2001) las podemos dividir en naturales y antropogénicas, en la presente investigación se encontró que los pobladores de la cuenca hidrográfica tienen como actividades principales la agrícola, pecuaria y forestal lo que estaría aportando nutrientes al río, ya que al utilizar fertilizantes estarían aportando nitratos al agua, los cuales se movilizan sin dificultad pudiendo llegar a la cadena alimenticia (CORANTIOQUIA, 2015). Tomando en cuenta esta teoría, y comparando los resultados obtenidos con el D.S. N° 004-2017-MINAM, el ECA de agua para el parámetro de nitratos en la categoría 3 corresponde a 100 mg L⁻¹; se puede concluir que, el valor de este parámetro es inferior al establecido según la normatividad. Estos compuestos forman parte del ciclo natural del nitrógeno, las actividades humanas incrementan sus niveles principalmente en el suelo y es debido a su solubilidad en

agua (Bolaños-alfaro et al., 2017).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019), en sus Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, GEO 6 informa que, en muchos países, la mayor fuente de contaminación del agua es la agricultura -no las ciudades o la industria-, mientras que, a nivel mundial, el contaminante químico más común en los acuíferos subterráneos son los nitratos procedentes de la actividad agrícola, ya que la agricultura moderna es responsable del vertido de grandes cantidades de agroquímicos, materia orgánica, sedimentos y sales en los cuerpos de agua, ya que a medida que se ha intensificado el uso de la tierra, los países han aumentado enormemente el uso de pesticidas sintéticos, fertilizantes y otros insumos. Los contaminantes agrícolas más preocupantes para la salud humana son los patógenos del ganado, plaguicidas, nitratos en las aguas subterráneas, oligoelementos metálicos y los contaminantes emergentes, incluidos los antibióticos y los genes resistentes a los antibióticos excretados por el ganado. Además, en relación a Fosfatos, el valor más bajo promedio encontrado fue de 2.17 mg L^{-1} en época lluviosa, correspondiente al Río Doña Ana y el valor más alto 4.03 mg L^{-1} en época seca, del mismo río.

La presencia de fósforo en el agua, es debido al uso de los agroquímicos fosforados y al aporte de fertilizantes en la actividad agraria Rodríguez, et al. (2016), es que se determina la calidad del agua y se utiliza para evaluar la eficacia de las actividades agrícolas y su gestión. El ion fosfato suele operar como un nutriente del crecimiento de algas, esto quiere decir que al existir mayor concentración de fosfatos (PO_4), crecen las algas de manera desmedida, lo que a su vez afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua y, por ende, el crecimiento descontrolado de materia orgánica viva, situación que conlleva una mayor tasa de descomposición, que finalmente conduce a un proceso franco de eutrofización (Bolaños-alfaro et al., 2017). Teniendo en cuenta los resultados valores obtenidos y comparando con

el ECAs establecidos para la categoría 3 riego de vegetales (01.mg/l) y bebidas de animales (0.15 mg/l) lo que nos indicaría que en la cuenca del río Doña Ana sus aguas se verían afectados en su calidad ya que se encuentra influenciada por las descargas de las aguas residuales domésticas y el desarrollo de actividades silvoagropecuarias no puntuales como residuos fecales de animales de la zona, aplicación de fertilizantes en las actividades agrícolas, así como los detergentes empleados en la limpieza doméstica.

Los valores de DBO₅ (mgO₂ L⁻¹) no fueron detectables, reportándose <LCM. Díaz et al. (2020) en su investigación denominada Caracterización y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo, Chota, encontraron valores de la DBO₅ que van de 12.40 mg L⁻¹ a 41 mg L⁻¹, mismos que superaron el Estándar de Calidad Ambiental para agua en su categoría 3; señalando que estos valores pueden deberse a la contaminación proveniente del vertimiento de efluentes del camal municipal de la ciudad de Chota, que aumenta la carga orgánica y disminuyen la concentración de OD de la quebrada. En relación a ello, citamos a Mejía et al. (2018) quienes manifiestan que al elevarse el parámetro DBO₅, facilita la indicación de una alta concentración de materia biodegradable, tal es así que para aguas contaminadas con descargas de aguas residuales obtienen valores mayores de 8 mg L⁻¹ de OD.

.....

4.2.3. Determinación de los índices de la calidad del agua de la cuenca del río Doña Ana.

Tabla 31.

Datos de parámetros microbiológicos y físico químicos que corresponden a resultados de seis (06) muestras de agua para 01 punto de monitoreo en la quebrada Colpa.

Puntos de monitoreo		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Ra
Parámetros a evaluar	Fecha	27/06/19	24/07/19	21/08/19	19/12/19	09/01/20	26/02/20	
	Hora	10.34 am.	11.05 am	11.05 am	10.00 am.	2.00 pm	9.52 am.	
Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	120	250	200	920	170	1600
	pH	unidad	7.7	8.02	7.87	8.22	8.1	7.8
	Temperatura	°C	16.82	17.61	17.3	16.2	20.95	16.92
Físicos Químicos	Oxígeno disuelto	mg/L	6.84	6.45	6.23	3.5	5.8	5.2
	Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	331	277.6	311	419	383	331
	Turbidez	NTU	14.2	13.4	11	12	11.82	11
	Nitratos	mg/L	11.93	8.5	2.3	8.86	9.303	8.6
	Fosfatos	mg/L	4	3.5	2.3	5	3	3
	DBO ₅	mgO ₂ /L	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	
Datos	Número de parámetros que NO cumplen				3			
	Número total de parámetros a evaluar.				9			
	Número de DATOS que No cumplen el ECA				8			
	Número Total de Datos				54			
					F1 =	.3/9		0.33
					F2 =	.3/54		0.06

Tabla 32.

Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE) para 01 punto de monitoreo en la cuenca de la quebrada Colpa.

Puntos de monitoreo		C1	C2	C3	C4	C5	C6
Parámetros a evaluar	Fecha	27/06/19	24/07/19	21/08/19	19/12/19	09/01/20	26/02/20
	Hora	10.34 am	11.05 am	11.05 am	10.00 am	2.00 pm	9.52 am
Cálculo de los Factores del ICA-PE excedentes de cada Parámetro en cada monitoreo	Numeracion de coliformes termotolerantes	NMP/100 ml					
	pH	Unidad					
	Temperatura	°C					
	Oxigeno disuelto	mg/L					
	Solidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L					
	Turbidez	NTU					
	Nitratos	mg/L					
	Fosfatos	3	2.5	1.3	4	2	
	DBO ₅	mgO ₂ /L					
	Suma de los excedentes	14.42634409					
	F3 =	93.51758269					
	F1 = 3/9	0.33					
	F2 = 3/54	0.06					
ICA-CCME	46.01						
	MALO						

Tabla 33.

Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE) para 01 punto de monitoreo en la cuenca de la quebrada Pingobamba.

Puntos de monitoreo		P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Parámetros a evaluar	Fecha	27/06/19	24/07/19	21/08/19	19/12/19	09/01/20	26/02/20	
	Hora	10.34 am	11.05 am	11.05 am	10.00 am	2.00 pm	9.52 am	
Cálculo de los Factores del ICA-PE excedentes de cada Parámetro en cada monitoreo	Numeracion de coliformes termotolerantes	NMP/100 ml						
	pH	Unidad						
	Temperatura	0.07742		0.1118		0.356989		0.1833
	Oxigeno disuelto	mg/L						
	Solidos disueltos totales (TDS)	mg/L						
	Turbidez	NTU						
	Nitratos	mg/L						
	Fosfatos	1.6	1.8	1.2	-0.5	3.5	4	
	DBO ₅	mgO ₂ /L						
	Suma de los excedentes				12.32956989			
	F3 =				92.49788247			
	F1 = 3/9				0.22			
	F2 = 3/54				0.04			
ICA-CCME				46.60				
	MALO							

Tabla 34.

Datos de parámetros microbiológicos y físico químicos que corresponden a resultados de seis (06) muestras de agua para 01 punto de monitoreo en la quebrada Pingobamba

Puntos de monitoreo		P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Parámetros a evaluar	Fecha	27/06/19	24/07/19	21/08/19	19/12/19	09/01/20	26/02/20	
	Hora	10.34 am	11.05 am	11.05 am	10.00 am	2.00 pm	9.52 am.	
Microbiológicos	Numeracion de coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	120	90	120	400	140	540
	Ph	Unidad	7.77	8.23	8.13	8.25	7.93	7.92
	Temperatura	°C	20.04	17.06	20.68	17.52	25.24	22.01
Físicos Químicos	Oxígeno disuelto	mg/L	6.401	6.97	6.5	5.8	5.5	5.3
	Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	342	265.5	317	360	327	330
	Turbidez	NTU	11.8	11	12	13	11.35	11
	Nitratos	mg/L	11	8	3	4.43	2.215	13.29
	Fosfatos	mg/L	2.6	2.8	2.2	0.5	4.5	5
	DBO ₅	mgO ₂ /L	< LCM	< LCM				
		Número de parámetros que NO cumplen				2		
Datos	Número Total de parámetros a Evaluar				9			
	Número de DATOS que No cumplen el ECA				10			
	Número Total de Datos				54			

Tabla 35.

Datos de parámetros microbiológicos y físico químicos que corresponden a resultados de seis (06) muestras de agua para 01 punto de monitoreo en la cuenca del río Doña Ana.

Puntos de monitoreo		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Parámetros a evaluar	Fecha	27/06/19	24/07/19	21/08/19	19/12/19	09/01/20	26/02/20
	Hora	10.34 am	11.05 am	11.05 am	10.00 am	2.00 pm	9.52 am
Microbiológicos	Numeracion de coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	60	70	200	180	63 210
	Ph	Unidad	8.26	8.41	8.04	8.11	8.71 8.44
Físicos Químicos	Temperatura	°C	18.58	18.8	18.94	15.2	20.88 19.33
	Oxígeno disuelto	mg/L	7.53	7.78	4.98	7.3	5.9 5
	Solidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	208	211.8	209	166	139 158
	Turbidez	NTU	12.4	11.5	12	11	12.24 12
	Nitratos	mg/L	12.3	10.3	7.3	11.075	11.075 4.43
	Fosfatos	mg/L	2.3	4.8	5	4.5	1 1
	DBO ₅	mgO ₂ /L	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM < LCM

Tabla 36.

Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE) para 01 punto de monitoreo en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018

Puntos de monitoreo		A1	A2	A3	A4	A5	A6	
Parámetros a evaluar	Fecha	27/06/19	24/07/19	21/08/19	19/12/19	09/01/20	26/02/20	
	Hora	10.34 am	11.05 am	11.05 am	10.00 am	2.00 pm	9.52 am	
Cálculo de los Factores del ICA-PE excedentes de cada Parámetro en cada monitoreo	Numeracion de coliformes termotolerantes	NMP/100 ml						
	pH	Unidad						
	Temperatura	°C						
	Oxigeno disuelto	mg/L						
	Solidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L						
	Turbidez	NTU						
	Nitratos	mg/L						
	Fosfatos	mg/L						
	DBO ₅	mgO ₂ /L						
	Suma de los excedentes					12.8155661		
	F3 =					92.76178773		
	F1 = 3/9					0.33		
	F2 = 3/54					0.06		
	ICA-CCME					46.44		
	MALO							

Tabla 37.

Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales en los 3 puntos de monitoreo en la cuenca del río Doña Ana, distrito de Chota-2018, según calificación ICARHS

LUGAR	VALOR ICARHS ENCONTRADO	CALIFICACION	COLOR
Colpa	46.01	MALO	Malo
Pingobamba	46.60	MALO	Malo
Doña Ana	46.44	MALO	Malo

En las tablas 31 a la 36 se muestra como se ha obtenido el valor ICARHS para calificar la calidad del agua de la cuenca del río Doña Ana, en los tres puntos de monitoreo.

Analizando los valores encontrados en los puntos de muestreo vemos que en la quebrada Colpa es de 46.01, quebrada Pingobamba de 46.60 y río Doña Ana de 46.44, valores comprendido dentro de los límites 45-64, que según el ICARHS califica dentro de la categoría de “MALO” (Tabla 37) y que corresponde a un color anaranjado (RGB 255, 170, 0). Esto nos permite comentar que las aguas de la cuenca del río Doña Ana presentan menos diversidad de organismos acuáticos, presencia de crecimiento de algas y están experimentando probablemente problemas de contaminación, al no cumplir con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas, lo que nos indicaría que en la cuenca del río Doña Ana sus aguas se verían afectados en su calidad ya que se encuentra influenciada por las descargas de las aguas residuales domésticas y el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias y forestales no puntuales como residuos fecales de animales como cerdos, vacunos, gallinas, cuyes, aplicación de fertilizantes en la siembra de sus principales cultivos como son la papa, el maíz, hortalizas, así como el uso de diferentes tipos de detergentes empleados en la limpieza doméstica, por lo que se recomienda que para

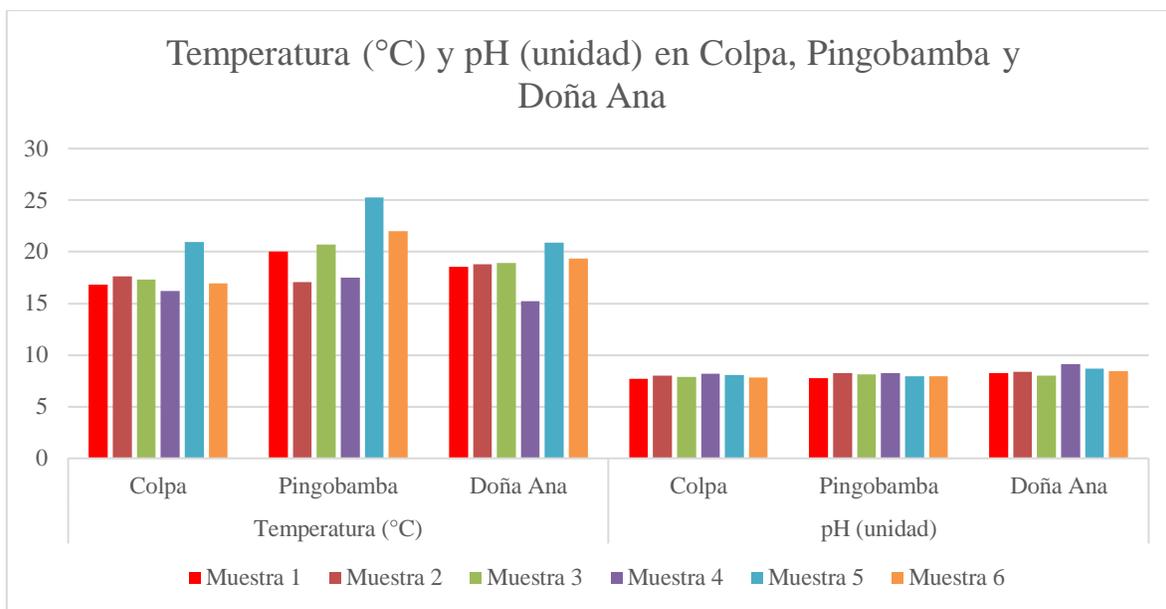
cualquier uso que se le dé, necesitan tratamiento. Resultados que coinciden con lo reportado por Rodríguez y Silva (2015) quienes al estudiar la calidad del agua en la microcuenca Quebrada Estero en San Ramón utilizando los parámetros microbiológicos (temperatura, pH, nitrato, fosfato, coliformes fecales) en dos épocas: seca y húmeda, encontraron que los resultados muestran valores más altos en la épocas seca y más severos en el punto más alto de la microcuenca indicando que la descarga de aguas residuales domésticas sin tratar es la principal causa del deterioro de la calidad del agua, concluyendo que se requieren diferentes métodos de tratamiento y disposición para controlarlos y evitar así la contaminación de estos ecosistemas acuáticos.

4.2.3. Resumen de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en los tres puntos de monitoreo y el uso de estas aguas de acuerdo al D.S. N° 04- 2017-MINAM

En base a los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y bacteriológico de las muestras tomadas durante el periodo 2019-2020 en los tres puntos de la cuenca del río Doña Ana consignados en las tablas 38, 39 y 40 (en anexos) se analizan los parámetros fisicoquímicos y bacteriológico en promedio de todas los puntos monitoreados, asimismo se expone el uso de estas aguas de acuerdo a la clasificación de aguas superficiales consideradas en la Ley General de Recursos Hídricos, los cuales se presentan a continuación:

Figura 11.

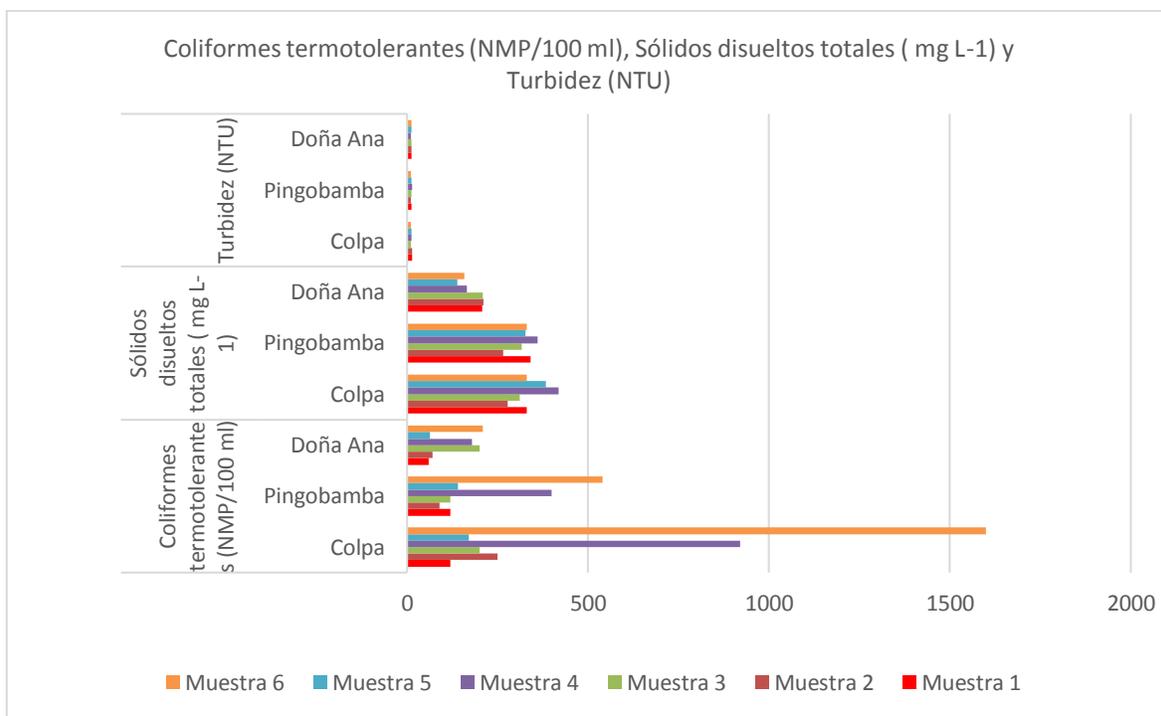
Temperatura y pH en las quebradas Colpa, Pingobamba y río Doña Ana



Como se observa en la figura 11 la variación de la temperatura en los tres puntos monitoreados ($16,2^{\circ}\text{C}$ - $25,24^{\circ}\text{C}$), dependen de la altitud a la que se encuentran estos ríos, temperaturas bajas en la parte alta de la cuenca hidrográfica incrementándose en su zona baja. Además, estos ríos presentan un pH que oscila entre 7,7 en Colpa y 9,11 que corresponde a un pH ligeramente alcalino y cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, solamente en el río Doña Ana el pH se aleja 0,11 unidades del límite establecido para los ríos de la sierra, este incremento es mínimo y se debe a que en el mes de febrero el pH fue de 9,11 debido a las actividades domésticas que se desarrollan en la zona.

Figura 12.

Coliformes termotolerantes, sólidos totales y turbidez en las quebradas Colpa, Pingobamba y río Doña Ana



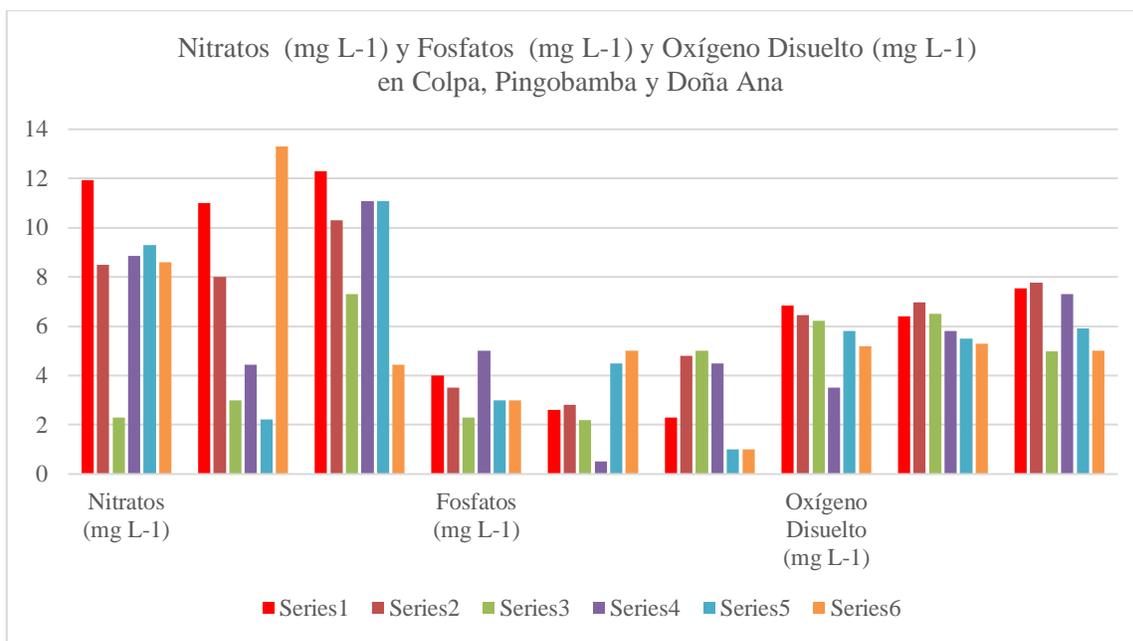
En la figura 12 se aprecia que la turbidez en los tres puntos muestreados fluctúa entre 11 UNT (en Colpa, Pingobamba y Doña Ana) y 14,2 UNT (en Colpa), el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM considera LMP solamente para la Categoría 1.- Poblacional y Recreacional, subcategorías A1 (5 UNT), A2 (100 UNT), B₁ (100 UNT), podemos afirmar que las aguas de la cuenca del río Doña Ana cumplen con este estándar según la normatividad vigente.

Los sólidos totales disueltos varían entre 139 mg L-1 y 419 mg L-1, que de acuerdo con este decreto este parámetro cumple con los estándares de calidad establecidos para los ríos de la sierra, sin embargo, observamos que en la quebrada la Colpa la concentración de este parámetro es superior a la de los demás ríos, esto se debería a los procesos de erosión naturales y los resultados de la acción antrópica, así como a la falta de protección de los

suelos, lo que permite el arrastre de materiales por escorrentía, ya que este mayor valor corresponde a la primera muestra tomada en la época lluviosa producida en la zona. Respecto al número de coliformes termotolerantes, en todos los puntos muestreados se encuentra por debajo de los límites establecidos para los ríos de la sierra (2 000 NMP/100 ml); sin embargo, podemos ver que en la quebrada Pingobamba y río Doña Ana la presencia de coliformes termotolerantes es baja en comparación a la quebrada la Colpa (1600 NMP/100 ml), este incremento se debe posiblemente al arrojamiento de aguas servidas al arroyo de aguas servidas al cauce de esta quebrada así como a la existencia de mayor número de letrinas cerca a esta quebrada.

Figura 13.

Nitratos (mg L-1) y Fosfatos (mg L-1) y Oxígeno Disuelto (mg L-1) en Colpa, Pingobamba y Doña Ana



En la figura 13 podemos notar que la variación de fosfatos en los tres puntos de muestreo varía entre 1 y 5 (mg L⁻¹) parámetro que se encuentra por encima del valor establecidos (0.5 mg L⁻¹) para los ríos de la sierra, esto se debería a la presencia de actividades antropogénicas

que se desarrollan en la cuenca como el uso de detergentes en el lavado de ropa y fertilizantes en sus actividades agrícolas. La concentración de nitratos en los mismos puntos de muestreo se encuentra dentro del valor aceptable establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en las muestras 1 (11.9, 11 y 12.3 mg L⁻¹), 4 (8.6, 4.43 y 11.075 mg L⁻¹) y 6 (8.6, 13.29 y 4.43 mg L⁻¹) se registraron una elevación de este parámetro en los tres puntos de monitoreo: Colpa, Pingobamba y río Doña Ana, respectivamente, el incremento de nutrientes se puede deber al uso de fertilizantes en la zona, pues cerca a estos ríos se encuentran los terrenos de cultivo de artículos de pan llevar, forrajes; también se encuentran los lugares donde se realiza la crianza de animales mayores y menores. También podemos observar en la figura que la concentración de oxígeno disuelto en los puntos de muestreo tomados en la época seca sus valores se encuentran por encima de los límites establecidos para los ríos de la sierra, sucediendo lo contrario en las muestras monitoreadas en la época lluviosa que presenta valores menores a los límites establecidos, esto mayormente se debería a varios factores los más resaltantes serían la presencia de alta concentración de fosfatos que se traduce en eutrofización es decir incremento de plantas y algas acuáticas las cuales consumen oxígeno para la fotosíntesis y el poco caudal que genera poca turbulencia en los ríos y no permite que el oxígeno entre en contacto con el agua. Respecto al parámetro demanda bioquímica de oxígeno es menor al límite establecido para las aguas ríos de la sierra (10 mg/L).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En base a la caracterización del sistema antrópico de la cuenca hidrográfica, se evidenció que el 100% realiza actividad agrícola sembrando en mayor proporción los cultivos de maíz y papa, el 95% a la actividad pecuaria y el 89% se dedica a la actividad forestal.
- La calidad del agua en el río Doña Ana varía entre contaminada, poco contaminada y no contaminada, respecto a la producción agrícola estadísticamente sólo el uso agrícola del suelo es la que se relaciona con la calidad contaminada del agua; en el uso forestal: ninguna actividad estadísticamente se relacionan con la contaminación de las aguas; y en uso pecuario estadísticamente sólo el manejo de pastos se relaciona con la contaminación de las aguas ($p\text{-valor}=0.002$) y no se contamina por el uso de otras prácticas.
- Respecto a la determinación de los Índices de la Calidad del Agua en, las quebradas Colpa y Pingobamba y el río Doña Ana presentan valores comprendidos entre 46.01 y 46.60 que se hallan dentro de la calificación “MALO” lo que indica que probablemente estén experimentando problemas de contaminación.

5.2. Recomendaciones

A las entidades públicas y privadas involucradas en la gestión de la calidad del agua como la Autoridad Nacional del Agua Chota y la Municipalidad Provincial de Chota y a las autoridades que ejercen influencia en dicha cuenca hidrográfica y que tienen el objetivo de contribuir a mejorar y recuperar la cuenca del río Doña Ana:

- La presente investigación debe servir como incentivo y base para estudios posteriores y podría ser utilizada para enriquecer y complementar la realización de otros trabajos semejantes.
- Continuar con la evaluación de la calidad del agua en posteriores programas de monitoreo para ver si las condiciones deseables están amenazadas y ver qué tipo de tratamiento se puede emplear según el uso que se quiera dar.
- Promover acciones tendientes a la recuperación de la calidad del agua en las quebradas Colpa, Pingobamba y río Doña Ana a través de medidas y estrategias que se orienten a la promoción del tratamiento de aguas residuales domésticas de los centros poblados del ámbito de la cuenca y la gestión adecuada de disposición final de residuos sólidos domésticos a lo largo del río Doña Ana.
- Como los rendimientos en los cultivos de pan llevar los agricultores han respondido que son limitados sus rendimientos, se sugiere mejorar las técnicas para incrementar la producción a través de acciones de transferencia tecnológica, como las acciones de transferencia tecnológica impulsada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) para incrementar la producción.

- Mejorar las técnicas de producción de los cultivos de pan llevar para incrementar la producción a través de acciones de transferencia tecnológica, como las acciones de transferencia tecnológica impulsada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

CAPÍTULO VI

LISTA DE REFERENCIAS

- Agencia Catalana del Agua (2000). Estado del medio hídrico. <https://aca.gencat.cat/es/laigua/estat-del-medi-hidric/index.html>.
- Agencia Catalana del Agua [ACA], (2021). La gestión del agua en Cataluña. Retos y actuaciones 2016-2021. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://agroambient.gva.es/documentos/163005665/164422247/CATALU%C3%91A-20170615_CCAA.pdf/6d58da70-5ea0-4d38-9e4d-70c589a0cac1](https://agroambient.gva.es/documentos/163005665/164422247/CATALU%C3%91A-20170615_CCAA.pdf/6d58da70-5ea0-4d38-9e4d-70c589a0cac1)
- Aguinaga, S. (2021). Manual de Procedimientos Analíticos para Aguas Efluentes. Laboratorio DINAMA (Dirección Nacional de Medio Ambiente). Uruguay. <https://corporacionbiologica.info/wp-content/uploads/2021/05/Man-de-Prac-Analiti-para-aguas-y-efluen.pdf>
- Ahmed, S., Khurshid, S., Madan, R., Abu Amarah, B. A., & Naushad, M. (2020). Water quality assessment of shallow aquifer based on Canadian Council of Ministers of the environment index and its impact on irrigation of Mathura District, Uttar Pradesh. *Journal of King Saud University - Science*, 32(1), 1218-1225.
- Alarcón, L. y Ñique, M. (2016). Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros. Tesis Doctoral. Tingo María, Perú.
- Al-rekabi, H. Y., & Al-khafaji, B. Y. (2014). Applied of CCME Water Quality Index for Evaluation of Water Quality of Euphrates river For Irrigation Purposes in Al-Nassiryia city Murooj abbas buhlool. *Journal of Thi-Qar Science*, 4(3), 37-43.

- Ampuero, A. A. (2018). Relación del pH y oxígeno disuelto de fondo con la distribución de los bentos calcificante de la Plataforma Centro – Norte Peruana. (Tesis de grado). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú.
- APHA-AW-WA-WEF. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 th. Ed., American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation; Washington, D.C.: APHA-AW-WA-WEF.
- Aquiles, A. (2016). Uso del territorio y la Calidad de agua en las microcuencas Rumiayacu y Mishquiyacu para una gestión eficiente de los recursos hídricos, Moyobamba 2016. Tesis de maestría en ciencias con mención en Gestión Ambiental, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.
- Aquino, P. (2017). CALIDAD DEL AGUA EN EL PERÚ Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. Disponible en chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/176_aguasresiduales.pdf
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2013). Plan Nacional de Recursos Hídricos. Memoria final. Lima. Perú.
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas/b_memoria_final_parte_3_0_0.pdf.
- Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2013). Proyecto de modernización de la gestión de los recursos. Informe técnico n° 001-2013-pmgrh-cuenca CHILI/LGEQ.
<file:///C:/Users/user/Downloads/ANA0000954.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua.[ANA] (2016). Priorización de cuencas para la gestión de

los recursos hídricos.

http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/priorizacion_de_cuencas_para_la_gestion_de_los_recursos_hidricos_ana.pdf

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) 92 p. file:///C:/Users/user/Downloads/ANA0000025.pdf

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2018b). Informe del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huallaga (noviembre - diciembre de 2019). Autoridad Nacional del Agua. Perú.

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2019). Informe del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huallaga (febrero - marzo de 2019). Autoridad Nacional del Agua. Perú.

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2020). Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) (Resolución Jefatural 084-2020-ANA) URI <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4479>

Ayala, M. (2016). Uso del Territorio y la Calidad de Agua en las Microcuencas Rumiayacu y Mishquiyacu para una Gestión Eficiente de los Recursos Hídricos, Moyobamba. Tesis de Maestría. San Martín. Perú.

Bain R, Cronk R, Hossain R, Bonjour S, Onda K, Wright J, *et al.* (2014) Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. *Trop Med IntHealth*. 2014;19(8):917-27. <http://doi.org/f585pf>.

Baghapour, M. A., Nasser, S., & Djahed, B. (2013). Evaluation of Shiraz wastewater treatment plant effluent quality for agricultural irrigation by Canadian Water Quality Index (CWQI). *Iranian Journal of Environmental Health Science and*

Engineering, 10(27), 1-9.

Balmaseda, C. y García, Y. (2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba.

<http://www.redalyc.org/pdf/932/93231384002.pdf>

Benazir, A., Alarcón, L. y Ñique, M. (2016). Índice de Calidad del Agua según NSF del Humedal Laguna Los Milagros. Tingo María, Perú.

Bohrerova, Z.; E. Park; K. Halloran & J. Lee. (2016). Water Quality Changes Shortly After Low-Head Dam Removal Examined With Cultural and Microbial Source Tracking Methods. *River Research and Applications* 33: 113-122

Bolaños-alfaro, J. D., Cordero-castro, G., & Segura-araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica).

Tecnología En Marcha, 30(4), 15–27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>

Bu, H.; W. Meng; Y. Zhang; & J. Wan. (2014). Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. *Ecological Indicators* 41: 187-197.

Cabanillas, J., & Dávila, Y. (2016). Monografía Hidrología de Chota. Chota, Cajamarca: Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Caicedo-Perlaza, L., Valverde-Medina, L. y Lima-Cazorla, L. (2016). Tesis de Maestría Evaluación de impactos ambientales por acción antrópica en la Cuenca del Río Súa. Universidad Técnica Luis Vargas Torres. Ecuador.
URL:<http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>

Calla L. Calidad del agua en la cuenca del río Rímac – sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. [Tesis para optar el grado académico de Magíster en

- Ciencias Ambientales]. Lima: Universidad Mayor de San Marcos; 2010.
- Carbone, M., García, J., Marcovechio, J. Piccolo, M. y Perillo, G. (2013). Impacto Antrópico en la Calidad del Agua Superficial de la Cuenca Media del arroyo Claromecó, Argentina.
- Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA . (2016). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) Quebrada la Sopetrana. Disponible en [https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/AGUA/AIRNR_CV_1412_114_QSOPE TRANA_DIAGNOSTICO.pdf](https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/AGUA/AIRNR_CV_1412_114_QSOPE_TRANA_DIAGNOSTICO.pdf)
- Cerna-Cueva, A. (2022). Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. *Scientia Agropecuaria*, vol.13(3), pp.239-248. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172022000300239&script=sci_abstract
- Conesa, C., García, R. y Pedro Pérez, P. (2013). Efectos de la Acción Antrópica en Sistemas Hidromorfológicos Semiáridos: La Cuenca de La Rambla de Las Culebras en Águilas (Murcia). España.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. [CARC](2017). Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá. Bogotá D.C.: CAR; 2006 [cited 2017 Nov 24]. Available from: <https://goo.gl/uZpmdp>.
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquía (CORANTIOQUIA) (2015). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Aburrá. Colombia. Disponible en https://www.cornare.gov.co/POMCAS/planes-de-ordenacion/DocumentosFasesRioAburra/2.3.T_III_CaracFisicoBio_vf.pdf
- Custodio, M., Pantoja, R. (2012). Artículos de investigación. Impactos antropogénicos en

la calidad del agua del río Cunas. Universidad Nacional del Centro del Perú. Vol. 2
Núm. 2: 2012, julio - diciembre . Artículos de investigación. Impactos
antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. DOI:
<https://doi.org/10.18259/acs.2012015>

Derecho Ambiente y Recursos Naturales [DAR]. (2017). Calidad del Agua en el Perú.
Retos y Aportes para una Gestión Sostenible en Aguas Residuales. Lima. Perú.

Díaz, J. y Granada, C. (2018). Effect of anthropic activities on the physicochemical and
microbiological characteristics of the Bogotá River along the municipality of
Villapinzón-Cundinamarca, Colombia. *Rev. Fac. Med.* 2018 Vol. 66 No. 1: 45-52
45 DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.59728>. Disponible en 0120-
0011-rfmun-66-01-00045.pdf (scielo.org.co)

Díaz, L., Tarrillo, R., Campos, A. (2020). Caracterización y evaluación de los parámetros
físicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo, Chota.
Revista Ciencia Nor@ndina 3(1) 2-11.
<https://unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/view/45/51>.

Díaz, S., Morejón, R. (2018). Impacto de buenas prácticas agrícolas en el desarrollo de
una finca en Los Palacios. Instituto de Información Científica y Tecnológica Cuba.
Avances, vol. 20 (4), Cuba Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869147004>

Díaz-Martínez, J y Granada-Torres, C. (2018) Efecto de las actividades antrópicas sobre
las características físicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá a lo largo del
municipio de Villapinzón, Colombia. *Rev Fac Med.* 2018;66(1):45-52.
<http://doi.org/cnht>.

- Dotaniya, M. L., Rajendiran, S., Meena, V. D., Coumar, M. V., Saha, J. K., Kundu, S., & Patra, A. K. (2018). Impact of Long-Term Application of Sewage on Soil and Crop Quality in Vertisols of Central India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 101(6), 779-786.
- Dourojeanni, A. (1994). "Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La gestión integrada de cuencas. La gestión del agua y las cuencas en América Latina." Chile. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11953/1/053111127_es.pdf
- Echeverri, A.; Urrutia, N. y Barona, S. (2020). Vulnerability of surface water sources of the cerrito river basin to the agricultural diffuse pollution. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia* ISSN: 2145-6097 ISSN-e: 2145-6453. vol. 11 (2). Disponible en URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/130/1301386015/index.html>
- Elordi, M., Colman, J. y Porta, A. (2016). Evaluación del impacto antrópico sobre la calidad del agua del arroyo Las Piedras, Quilmes, Buenos Aires, Argentina. www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v50n4/v50n4a16.pdf
- Escolero, O., Kralisch, S., Martinez, S., Perevochtchikova, M. (2016). Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 68(3):409-427. DOI:10.18268/BSGM2016v68n3a3. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/313576219_Diagnostico_y_analisis_de_los_factores_que_influyen_en_la_vulnerabilidad_de_las_fuentes_de_abastecimiento_de_agua_potable_a_la_Ciudad_de_Mexico_Mexico
- Espinosa, M., Andrade, E., Rivera, P. y Romero, A. (2011). Degradación de Suelos por

Actividades Antrópicas en el Norte de Tamaulipas, México. México.

Espinosa-Espinosa, J., Palacios-Vélez, E., Tijerina-Chávez, L., Ortiz-Solorio, C., Exebio-García, A y Landeros-Sánchez, C. (2018). Factores que afectan la producción agrícola bajo riego: cómo medirlos y estudiar su efecto. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. DOI: 10.24850/j-tyca-2018-02-07. Disponible en <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1675/1340>

Falih-Al-Khalidi, A. M., & Al-Asady, R. K. A. (2019). The use of water quality index (Canadian model) to determine the validity of the river of al-diwanayah-Iraq for irrigation. *Journal of Punjab Academy of Forensic Medicine and Toxicology*, 19(2), 90-93.

FAO (2018). Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta. Informe. Roma. Disponible en <https://www.fao.org/news/story/es/item/1141818/icode/>

Ferrer, V. y Torrero, M. (2015). Manejo integrado de cuencas hídricas: Cuenca del río Gualjaina, Chubut, Argentina. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041863318300255>

Fluence Corporation Limited (2020). Sólidos Disueltos y Purificación del Agua. Argentina. Disponible en <https://www.fluencecorp.com/es/purificacion-de-agua-y-solidos-disueltos/>

Fluence Corporation Limited (2020). Sólidos Disueltos y Purificación del Agua. Argentina. Disponible en <https://www.fluencecorp.com/es/purificacion-de-agua-y-solidos-disueltos/>

Franco Cerna-Cueva¹, A.; Aguirre-Escalante, C., Leonor Wong-Figueroa, B., Leynig Tello-Cornejo, J. y Pinchi-Ramírez, W. (2022). Water quality for irrigation in the

- Huallaga basin, Peru [Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú].
 Scientia Agropecuaria 13(3): 239-248 (2022).
 file:///D:/Alfonso/Desktop/DOCTORADO%20ASR/2023%20TESIS%20DOCTORADO/Calidad%20del%20agua%20en%20la%20cuenca%20del%20Huallaga%202022%20%202077-9917-agro-13-03-239.pdf
- Frías, T. y Montilla, L. (2016). Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector Puerto de Productores río Itaya, Loreto – Perú [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional-Universidad Científica del Perú.
- Gamarra, O, Barrena, M., Barboza E., Rascón, J., Corroto, F. y Taramona L. (2018). Seasonal sources of pollution in the Utcubamba river basin, region of Amazonas, Peru. Versión impresa ISSN 1815-8242 versión On-line ISSN 2413-3299. Revista Arnaldoa 25 (1).
 Trujillo.<http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25111>. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000100011
- García, F. (2014). Calidad y uso del agua de la subcuenca del San Lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown. Cajamarca. Perú.
<http://minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/56-sector-agrario/cuencas-y-drenaje>
- García, M. (2012). La hidrósfera. El ciclo del agua en el planeta. La calidad del agua. España.
- Godoy, V. M. (2018). Analisis comparativo de la disminucion de la turbidez en el proceso

- de floculación utilizando un floculante comercial y la paleta de Tuna. Ucv, 0–116.
- Gómez, M., Mossos, N. y Herrera, R. (2021). Agricultural characterization of small farmers related to application of good agricultural practices in the municipality of Argelia, Valle del Cauca, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-0266-5669>
- Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la Facultad de Medicina*. 66(1). Bogotá. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775> Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112018000100007
- González-Fragozo, H., Zabaleta-Solano, C., 2, Devia-González, J., Moya-Salinas, Y. y Afanador-Rico, O.(2020). Effect of irrigation with treated wastewater on microbiological quality of the soil and King Grass. *rev.udcaactual.divulg.cient.* vol.23 no.2 Bogotá <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1513>
- Grupo técnico POMCA-RR&V. (2018). Análisis situacional río Recio y Venadillo. Bogotá: Dirección POMCA-RR&V.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2011). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. Disponible en chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://www.ideam.gov.co/documentos/24155/125494/36-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM (2011). Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Nitrogenos_t

otales_13.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017). Censos nacionales 2017 – XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas. Inei.gob.pe. Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib15/58/

Instituto Nacional de Recursos Naturales. [INRENA] (2007). Proyecto de Irrigación Chota. Resumen Ejecutivo. Lima. Perú.

Jiménez, B. E. (2020). La Contaminación Ambiental en México. Editorial Limusa. <https://books.google.com.pe/books?id=8MVxlyJGokIC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.

Lenntech (2015). ¿Qué es la turbidez y en que afecta?. Disponible en <http://www.lenntech.es/turbidez.htm>

Lenntech (2015). Agua & Tratamiento del Aire Holding. Copyright 1998-2008. Disponible en e-mail:info@lenntech.com

León, L. (1991). Índice de Calidad del Agua (ICA). Instituto Mexicano de tecnología del Agua (Inf. SH-9101/01). México.

Ley de Recursos Hídricos N.º 29338 (30 de marzo del 2009).Diario Oficial El Peruano.

Lifeder. (2022). Actividades antrópicas: qué son, características, efectos. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/actividades-antropicas/>.

López Ortiz, J (2015). Mitigación de impacto antrópico mediante estrategias de diseño: el caso del sistema lagunar interdunario asociado a la costa. Maestría en arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59832/96.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- Mamani, B. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista de Salud Pública. Colombia*. 18 (6). DOI:10.15446/rsap.v18n6.55008. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/313898401_Calidad_bacteriologica_del_agua_para_consumo_en_tres_regiones_del_Peru
- Marcelo-Pena, J.L. J. L. (2008). Vegetación leñosa, endemismos y estado de conservación en los bosques estacionalmente secos de Jaén. *Revista Peruana de Biología*. Perú.
- Mariano, Huamán, Mayta, Montoya y Chanco (abril 2010). Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú. *Rev. peru. biol.* (17) p. 1.
- Marín, G. R. (2014). Dinámica fisicoquímica de aguas. https://indaga.ual.es/discovery/fulldisplay/alma991001886987204991/34CBUA_UAL:VU1.
- Martinez, Y. y Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. vol.39 (1), pp.58-72. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382018000100005
- Melina, K., Formica, M., Sacchi, A., Campodonico, V., Cioccale, M. y Pasquini, A.(2013). Modelado geoquímico y calidad de aguas en cuencas hídricas con impacto antrópico, sierras chicas, Córdoba, Argentina. Repositorio digital Universidad Nacional de Córdoba. URI: <http://hdl.handle.net/11086/546690>.
- Mena, L., Salgado, V., Benavidez, C., Vega, I. y Coto, J. (2015). Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Burío Quebrada Seca, Heredia. *Observatorio Ambiental*, 13-20. <http://www.observatorioambiental.una.ac.cr/index.php/indicadores->

ambientales/123-comportamiento-del-oxigeno-disuelto-en-el-rio-burio-quebrada-seca-heredia

Mencias, D. (2018). Validación de Métodos de Ensayo para la Determinación de Fósforo Total, Cromo Hexavalente y Sólidos Totales en Agua, en el Laboratorio Ambiental y Consultoría. *Gastrointestinal Endoscopy*, 10(1), 279–288. <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.05.023><https://doi.org/10.1016/j.gie.2018.04.013>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29451164><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5838726><http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2013.07.022>

Méndez, J. A. y Méndez, J. M. (2010). J.M. Méndez Sayago. “Tasas por utilización del agua ¿Instrumento de asignación eficiente del agua o mecanismo de financiación de la gestión ambiental?. Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego [MINAG] (2015). Reglamento de Organización y funciones del Programa Nacional del Manejo de Cuencas y Conservación de Suelos. Lima, Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). Acciones 2018: Comisión Multisectorial Permanente de Lucha Contra la Tala Ilegal. Recuperado de <https://www.osinfor.gob.pe/wp-content/uploads/2019/02/Memoriade-Gesti%C3%B3n-Tala-Ilegal-V7.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). Anuario Estadístico Producción Ganadera y Avícola 2019. Recuperado de https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_y_estadisticas/anuarios/

pecuaria/pecuario_2019.pdf

Ministerio del Ambiente (2009). Ley N° 29338 .- Ley de Recursos Hídricos Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-recursos-hidricos-0#:~:text=%2D%20Ley%20de%20Recursos%20Hidricos&text=La%20presente%20Ley%20regula%20el,los%20bienes%20asociados%20a%20esta.>

Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Diagnóstico nacional de salud ambiental. Bogotá D.C. Available from: <https://goo.gl/tgn8ne>.

Ministerio del Ambiente [MINAM] (2017). Decreto Supremo N° 004-2017. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Lima. Perú.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>

Ministerio de Energía y Minas [MINEM] (2014).. Plan Nacional de Electrificación Rural. https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/13033/PLAN_13033_2014_PLAN_DE_ELECTRIFICACION_RURAL.pdf

Molina, G. y Jiménez, I. (2017). Análisis de la contaminación por coliformes termotolerantes en el estuario del río ranchería, la guajira (Colombia). Boletín Científico, 21(2), 41-50. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v21n2/0123-3068-bccm-21-02-00041.pdf>.

Ojeda Guerrero, A.; Santacruz, A. (2017). Evaluación de actividades antrópicas que inciden en las propiedades físico químicas del agua de la quebrada la torcazo corregimiento el Encano, municipio de Pasto- Nariño. Disponible en <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3153>

Ojeda, A., Ricardo, A. y Santacruz, M. (2017). Evaluación de Actividades Antrópicas

que Inciden en las Propiedades Físico Químicas del agua de la Quebrada la Torcaza Corregimiento el Encano, Municipio de Pasto- Nariño. Tesis de Maestría. Colombia.

Omega Perú (2022). ¿Qué es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y cómo medirla?. Perú. Disponible en <https://omegaperu.com.pe/que-es-la-demanda-bioquimica-de-oxigeno-dbo-y-como-medirla/>

Ordoñez, J. (2011). Cartilla Técnica: Agua Subterránea-Acuíferos. Lima, Perú. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

Organismo nacional de sanidad pesquera y acuícola coordinación de ensayos de aptitud- SANIPES Programa interlaboratorio (2021). Enumeración de bacterias coliformes totales (nmp/100ml), coliformes fecales (nmp/100ml) y escherichia coli (nmp/100ml). Informe final 2021- VI, VII y VIII. Disponible en chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.sanipes.gob.pe/archivos/ensayos_aptitud/INFORME_FINAL_ENUMERACION_DE_COLIFORMES_TOTALES.pdf

Organismo Nacional de Sanidad Pesquera y Acuícola-SANIPES (2020). Emnumeración de Coliformes Termotolerantes (NMP) 2020-V. Disponible en https://www.sanipes.gob.pe/archivos/ensayos_aptitud/Informe-Final-C-termotolerantes-NMP-2020-V.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO (2015). Iniciativa Internacional sobre la Calidad del Agua. Disponible en https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243651_spa

- Oscar G. Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la Facultad de Medicina*. 66(1). Bogotá. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>
Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112018000100007
- Owino V, Ahmed T, Freemark M, Kelly P, Loy A, Manary M, *et al* (2016). Environmental Enteric Dysfunction and Growth Failure/Stunting in Global Child Health. *Pediatrics*. 2016;138(6). <http://doi.org/cnhs>.
- Pacheco, M. (2018). Concepto sobre monitoreo de calidad de agua. <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>.
- Pacheco, R y Vargas, P. (2022). Propuesta de metodología para la gestión eficiente del agua en zonas regables de Cuba. *Ing. Hidráulica Ambiental*. Vol 43 (3). La Habana. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382022000300003
- Padilla, R. (2020). Medición de concentración de Oxígeno en el agua. Disponible en <https://es.linkedin.com/pulse/medici%C3%B3n-de-concentraci%C3%B3n-ox%C3%ADgeno-en-el-agua-rodolfo-padilla>
- Palomino, P. (2018). Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016. *Anales Científicos*, 79 (2): 298 - 307 (2018)ISSN 2519-7398 DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i2.1242>
<http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/index>. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. Disponible en Vista de Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016 (lamolina.edu.pe)

- Panhwar, M. Y., Panhwar, S., Keerio, H. A., Khokhar, N. H., Shah, S. A., & Pathan, N. (2022). Water quality analysis of old and new Phuleli Canal for irrigation purpose in the vicinity of Hyderabad, Pakistan. *Water Practice and Technology*, 17(2), 529-536.
- Peralta, A. (2013). Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Comunidad Indígena Asháninka Marankiari Bajo, Distrito de Perené, Provincia de Chanchamayo. Tesis de Maestría. Junín. Perú.
- Pontificia Universidad Católica del Perú. (31 de julio de 2018). Avance de la Agenda 2030 en el Perú: Objetivos vinculados a empresas y derechos. Recuperado de <https://idehpucp.pucp.edu.pe/notas-informativas/avance-de-la-agenda-2030-en-el-peru-objetivos-vinculados-a-empresas-y-derechos-humanos/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2019). Perspectivas del medio ambiente mundial geo 6 resumen para responsables de formular políticas. Recuperado de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/LecturasRecomendadas/2019/GEO6Resumen-red.pdf](https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/LecturasRecomendadas/2019/GEO6Resumen-red.pdf)
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019a). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, GEO 6: Planeta sano, personas sanas. Recuperado de <https://www.unep.org/es/resources/perspectivas-del-medio-ambiente-mundial-6>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019b). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, GEO 6: Planeta sano, personas sanas. Recuperado de <https://www.unep.org/es/resources/perspectivas-del-medio-ambiente-mundial-6>
- Ramírez A, Restrepo, R. y Viña G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. CFT-Cienc,

- Rubio, H., Ortiz, R., Quintana, R., Saucedo, R., Ochoa, J. y Rey, N. (2018). Índice de calidad de agua (ica) en la presa la boquilla en chihuahua. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2), 139-150. <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
- Sánchez, D. (2013). Usos y Aprovechamientos de los Recursos Naturales. Universidad de Castilla La Mancha. España. <http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2013/12/7-USOS-Y-APROVECHAMIENTOS-resumen.pdf>
- Santacruz, G. (2007). Hacia una Gestión Integral de los Recursos Hídricos en la Cuenca del río Valles, Huasteca, México. Tesis Doctoral. México. <http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectoaguaSLP/Documentos/TESSANTACRUZ.pdf>
- Sayaverde, E. (2021). Determinación de la calidad de las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana, Chota – Cajamarca. Tesis para título de ingeniero forestal y ambiental. Universidad Nacional Autónoma de Chota. <https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/238/INFORME%20FINAL%20DE%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sharma, C. M., Kang, S., Tripathee, L., Paudyal, R., & Sillanpää, M. (2021). Major ions and irrigation water quality assessment of the Nepalese Himalayan rivers. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 2668-2680.
- Structuralia (2017). Así es como se produce la autodepuración de los ríos. España. Disponible en <https://blog.structuralia.com/como-se-produce-la-autodepuracion-de-los-rios>
- Suarez, Y., & Rosas, N. (2020). Aplicación de superficie de respuesta en la eficiencia de remoción de turbidez de agua empleando almidón de Dioscorea bulbífera y Musa

paradisiaca. 1–303. papers2://publication/uuid/45D7E632-B571-4218-9E47-8B4457FEA9D3

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2020), reglamento de calidad de la prestación de los servicios de saneamiento en pequeñas ciudades. Resolución de consejo directivo N° 029-2020-SUNASS-CD. Publicado en el Peruano el 18 de setiembre de 2020

Tarqui-Mamani, C., Alvarez-Dongo, D., Gómez-Guizado, G., Valenzuela-Vargas, R., Fernandez-Tinco, I. y Espinoza-Oriundo, P. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Rev. salud pública* 18 (6) <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008>

Teves, B. (2019). Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Tribunal Constitucional del Perú. (1993). Constitución Política del Perú. Lima. Perú.

Tripathi, V. K., Rajput, T. B. S., Patel, N., & Nain, L. (2019). Impact of municipal wastewater reuse through micro-irrigation system on the incidence of coliforms in selected vegetable crops. *Journal of Environmental Management*, 251, 1-9. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109532

Trovatto, M., Álvarez, Pilar. Cipponeri, M., Salvioli, M., Calvo, G. Impacto antrópico sobre el recurso hídrico en cuencas del noreste de la provincia de Buenos Aires. (2015). XXV Congreso Nacional del Agua (Entre Ríos, Argentina, 15 al 19 de junio de 2015). Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/48008>

UNESCO (2018-2). Antropoceno: la problemática vital de un debate científico. *Correo de la UNESCO e-ISSN 2220-2315*. Disponible en: Antropoceno: la problemática vital de un debate científico (unesco.org)

Vásquez, C. (2011). Estudio hidrológico de la región Cajamarca. Cajamarca: Gobierno

Regional de Cajamarca.

Vicente Ferrer Alessi, V., Torrero, M. (2015). Manejo integrado de cuencas hídricas: cuenca del río Gualjaina, Chubut, Argentina. Boletín mexicano de derecho comparado / Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM 1(143). DOI:10.22201/ijj.24484873e.2015.143.4941. disponible en https://www.researchgate.net/publication/317107315_Manejo_integrado_de_cuencas_hidricas_cuenca_del_rio_Gualjaina_Chubut_Argentina

Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. vol.35 (2). pp.304-308. ISSN 1726-4634. <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-46342018000200019

WETwin (2012). Estudio de humedales en conjunto con sus cuencas hidrográficas de Europa, África y Sudamérica. Disponible en http://www.wetwin.eu/about_casestudy_esp.html#:~:text=El%20humedal%20Spreewald%20cubre%20una,corresponde%20al%20bosque%20caducifolio%20templado

World Health Organization. (2018) Drinking-water. Fact sheet. New York: WHO; 2018 [cited 2018 Apr 11]. Available from: Available from: <https://goo.gl/gRc2bV>

CAPITULO VII

ANEXOS

Resultados de los análisis físicos, químicos y biológicos en las estaciones de muestreo

Tabla 38.

Resultados de análisis físicos, químicos y biológicos del agua en la quebrada Colpa

Parámetros	Epoca seca			Epoca lluviosa		
	Muestra 1: C1	Muestra 2: C2	Muestra 3: C3	Muestra 4: C4	Muestra 5: C5	Muestra 6: C6
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	120	250	200	920	170	1600
Temperatura (°C)	16.82	17.61	17.30	16.20	20.95	16.92
pH (unidad)	7.7	8.015	7.87	8.22	8.10	7.80
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	6.84	6.45	6.23	3.50	5.80	5.20
Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	331	277.6	311	419	383	331
Turbidez (NTU)	14.2	13.4	11	12	11.82	11
Nitratos (mg L ⁻¹)	11.93	8.5	2.3	8.86	9.30	8.60
Fosfatos (mg L ⁻¹)	4	3.5	2.3	5	3	3
DBO ₅ (mgO ₂ L ⁻¹)	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

Tabla 39.

Resultados de análisis físicos, químicos y biológicos del agua en la quebrada Pingobamba

Parámetros	Epoca seca			Epoca lluviosa		
	Muestra 1: P1	Muestra 2: P2	Muestra 3: P3	Muestra 4: P4	Muestra 5: P5	Muestra 6: P6
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	120	90	120	400	140	540
Temperatura (°C)	20.04	17.06	20.68	17.52	25.24	22.01
pH (unidad)	7.77	8.23	8.13	8.25	7.93	7.92
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	6.401	6.97	6.50	5.80	5.50	5.30
Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	342	265.5	317	360	327	330
Turbidez (NTU)	11.8	11	12	13	11.35	11
Nitratos (mg L ⁻¹)	11	8	3	4.43	2.215	13.29
Fosfatos (mg L ⁻¹)	2.6	2.8	2.2	0.5	4.5	5
DBO ₅ (mgO ₂ L ⁻¹)	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

Tabla 40.*Resultados de análisis físicos, químicos y biológicos del agua en el río Doña Ana*

Parámetros	Epoca seca			Epoca lluviosa		
	Muestra 1: A1	Muestra 2: A2	Muestra 3: A3	Muestra 4: A4	Muestra 5: A5	Muestra 6: A6
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	60	70	200	180	63	210
Temperatura (°C)	18.58	18.80	18.94	15.20	20.88	19.33
pH (unidad)	8.26	8.41	8.04	9.11	8.71	8.44
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	7.53	7.78	4.98	7.30	5.90	5.0
Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	208	211.80	209	166	139	158
Turbidez (NTU)	12.4	11.5	12	11	12.24	12
Nitratos (mg L ⁻¹)	12.3	10.3	7.3	11.075	11.075	4.43
Fosfatos (mg L ⁻¹)	2.3	4.8	5	4.5	1	1
DBO ₅ (mgO ₂ L ⁻¹)	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

ANEXO
ENCUESTA A PRODUCTORES DE LA CUENCA DEL RÍO DOÑANA

USO AGRICOLA, PECUARIO Y FORESTAL DEL SUELO 2018

Comunidad:		
DATOS DEL PRODUCTOR/A AGROPECUARIO		
APELLIDOS Y NOMBRES DEL PRODUCTOR/A AGROPECUARIO/A:		
1.-	NUMERO DE MIEMBROS CON LOS QUE VIVE EN SU DOMICILIO:	
2.-	¿Agrícola?	1
	¿Pecuaría?	2
	No realizó actividad	3

PRODUCCION AGRICOLA:

3.-	SUPERFICIE DE LA PARCELA:	Hectáreas:	
-----	----------------------------------	------------	--

4.- **EN ESTA PARCELA EN LOS 12 ULTIMOS MESES, QUE CULTIVOS COSECHÓ**

CULTIVO	SUPERFICIE	RENDIMIENTO (Kg/Ha.
1		
2		
3		
4		
5		
6		

5.- **EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS, ¿UD. CREE QUE EL SUELO O LA TIERRA DE SUS PARCELAS O CHACRAS PRODUCEN MENOS?**

SI	1	Pasar a pregunta 6.
NO	2	PORQUE?:

6.- **¿CUÁL ES EL PRINCIPAL PROBLEMA POR EL QUE EL SUELO O LA TIERRA DE SUS PARCELAS O CHACRAS PRODUCEN MENOS?**

Suelo pobre, infértil (sobre explotación del suelo)	1
Desgaste del suelo por lluvias intensas	2
Contaminación por actividad minera	3
Salinidad del suelo	4
Plagas y enfermedades en el suelo	5
Otro problema del suelo (especifique)	6

7.- **PRACTICAS AGRICOLAS QUE UD. UTILIZA O UTILIZÓ:**

Si No

			1	2
Minimizar Degradacion	1. Realizar análisis de suelo			
	2. Mezclar la tierra con materia orgánica(rastrohjo, estiércol,compost, etc.)		1	2
	3. Rotación de cultivos para proteger el suelo		1	2
	4. Construye terrazas, zanjas de infiltración.		1	2
Labranza de la tierra	5. Ara o voltea la tierra		1	2
	6. Desterrona o desmenuza la tierra.		1	2
	7. Nivelra el terreno.		1	2
	8. Realiza surcos en contorno a la pendiente del terreno.		1	2

Riego	9. Determina la cantidad de agua que necesita su cultivo antes de iniciar la campaña agrícola.	1	2
	10. Determina cada cuanto tiempo debe de regar su cultivo antes de iniciar su campaña agrícola.	1	2
	11. Mide la cantidad de agua que ingresa a su parcela (medición con equipo o método empírico).	1	2
	12. Realiza el mantenimiento de su sistema de riego.	1	2
	13. Realiza análisis de agua.	1	2
Insumos agrícolas	14. Usa abonos.	1	2
	15. Usa fertilizantes.	1	2
	16. Usa plaguicidas como insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, otros.	1	2
	17. Aplica control biológico.	1	2
	18. Aplica manejo integrado de plagas.	1	2

PRODUCCION PECUARIA:

8.- EN ESTA PARCELA EN LOS 12 ULTIMOS MESES, QUE ANIMALES CRÍÓ:

ESPECIE	N°	ESPECIE	N°
Vacunos..... 1		Llamas, alpacas .. 5	
Ovinos 2		Cuyes 6	
Caprinos 3		Aves de corral (pollos/pollas de engorde, gallos, gallinas, patos y pavos). 7	
Porcinos4		Conejos..... 8	

9.- PRÁCTICAS PECUARIAS QUE UD. UTILIZA O UTILIZÓ:

		SÍ	NO		
Instalación	1	Desinfectar periódicamente las instalaciones pecuarias?		1	2
	2	Tener un área de desinfección previa al ingreso de las instalaciones pecuarias (pozas, tablas de cal, etc.)?		1	2
Manejo sanitario	3	Aislar temporalmente a los animales recién adquiridos para verificar que se encuentren sanos?		1	2
	4	Aislar a un animal enfermo de los demás?		1	2
	5	Solicitar el registro de vacunas de los animales comprados, regalados, intercambiados?		1	2
	6	Aplicar medicamentos veterinarios?		1	2
	7	Aplicar vacunas?		1	2
	8	Usar y disponer adecuadamente los excrementos animales?		1	2
	9	Tener el certificado sanitario de tránsito interno cada vez que el animal vivo sea transportado a lugares distantes?		1	2
	10	Identificar su ganado con marcas como: aretes, hierro candente, tatuajes, etc.?		1	2
Alimentación y agua	11	Brindar alimentación y agua a los animales de acuerdo a su edad y/o estado (productivo y/o reproductivo)?		1	2
	12	Realizar análisis de la calidad del agua y/o alimento proporcionado a los animales?		1	2
	13	Controlar el uso de pastos permanentes y/o naturales como alimento de los animales?		1	2
	14	Usar suplementos alimenticios (sales minerales, aditivos para el alimento, vitaminas, etc.)?		1	2
	15	Almacenar forraje?		1	2

Mejoramiento genético	16	Aplicar técnicas de mejoramiento genético tales como: selección, cruzamiento, inseminación artificial, introducción de reproductores mejorados, transferencia de embriones, etc.?	1	2
Tiene Ud. Pasturas (si contesta si, continúe con los dos siguientes ítems)			1	2
Superficie de pastos (has.):				
Manejo de pastos	17	Usa plaguicidas como insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, otros.	1	2
	18	Realizar la rotación de canchas de pastoreo o praderas con la finalidad de recuperar el pasto desgastado por el ganado?	1	2
	19	Realizar la clausura de praderas por un tiempo determinado con la finalidad de mejorar el suelo?	1	2
	20	Realizar la rotación de corrales para aprovechar la materia orgánica que deja el ganado en el suelo?	1	2
	21	Sembrar dentro del pasto natural un cultivo forrajero o pasto cultivado?	1	2
	22	Resembrar pastos naturales manejados?	1	2
	23	Instalar pastos para el ganado en medio de árboles y arbustos forestales?	1	2

PRODUCCION FORESTAL:

10.- EN SU PREDIO QUE ESPECIES FORESTALES TIENE:

ESPECIES FORESTALES	NUMERO	SUPERFICIE
Exóticas	1	
Nativas.....	2	
Arboles frutales	3	

11.- TIPO DE INSUMOS QUE UTILIZA EN EL AREA FORESTAL:

USO DE INSUMOS:	Si	No
Usa plaguicidas como insecticidas, fungicidas, herbicidas, otros.....	1	2
Usa abonos.....	1	2
Usa fertilizantes.....	1	2

12.- CREE UD. QUE EL AGUA DEL RIO DOÑANA ACTUALMENTE ESTÁ:

		¿POR QUE?
Muy contaminada	1	
Contaminada	2	
Poco contaminada	3	
No contaminada	4	

ANEXO 3

3.1. Imágenes de las estaciones de muestreo de las quebradas Colpa, Pingobamba y río

Doña Ana

Figura 14.

Vista panorámica de la cuenca del río Doña Ana



Figura 15.

Quebrada Colpa



Figura 16.

Quebrada Pingobamba en la unión con el río Doña Ana



Figura 17.

Río Doña Ana



3.2. Imágenes del sistema antrópico en la cuenca del río Doña Ana

Figura 18.
Producción agrícola



Figura 19.

Producción pecuaria



Figura 20.

Producción forestal



Figura 21.

Otras actividades antrópicas



ANEXO 4

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo.....

Autoridad de la comunidad de

En plena facultad de mis sentidos y habiendo recibido la información completa, suficiente y con conocimiento de causa autorizo para que los pobladores de mi comunidad puedan participar en forma voluntaria en la investigación titulada “Sistema antrópico y calidad del agua en la cuenca del río Doñana, distrito de Chota”, ya que los datos obtenidos a través de las encuestas serán utilizados únicamente para fines de investigación y para formular proyectos de inversión pública.

Expreso mi compromiso a través de mi firma.

.....

Firma

ANEXO 5

5.1. Resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de la calidad del agua en la cuenca del río Doña Ana



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
DA-Perú
Acreditado
Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0718398A

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **ALFONSO SÁNCHEZ ROJAS**

Dirección: **Jr. Huancavelica N° 290**

Persona de contacto: _____ Correo electrónico: **asr1_77@hotmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: **14.07.18** Hora: **11:00 a 12:00**

Tipo de Muestreo: **Puntual**

Número de Muestra: **02 Muestras** N° Frascos x muestra: **01**

Ensayos solicitados: **Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación**

Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal Usuario**

Procedencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 458** Cadena de Custodia: **CC - 398A - 18**

N° Orden de Trabajo: **0718398A**

Fecha y Hora de Recepción: **14.07.18** 13:15 Inicio de Ensayo: **14.07.18** 15:45

Reporte Resultado: **20.07.18** 12:00



Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
Responsable Técnico (e)
CBP- 9778

DEL AGUA

Cajamarca, 20 de Julio de 2018.

Página: 1 de 2

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
 DR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratorio@delagua.gob.pe / laboratorio@delagua@hotmail.com FONO: 590000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0619412

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

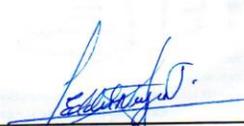
Razon Social/Usuario **ALFONSO SÁNCHEZ ROJAS**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico **asr1_77@hotmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **27.06.19** Hora de Muestreo **10:34 a 11:45**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **03 Muestras** N° Frascos x muestra **01**
 Ensayos solicitados **Fisicosquímicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
 Procedencia de la Muestra: **CHOTA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 611** Cadena de Custodia **CC - 412 -19**
 Fecha y Hora de Recepción **27.06.19 16:04** Inicio de Ensayo **27.06.19 17:00**
 Reporte Resultado **08.07.19 08:00**


 Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
 Responsable de Oficina
 CIP: 147028



Cajamarca, 02 de Agosto de 2019.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0619412

ENSAYOS			FÍSICOQUÍMICOS					
Código Cliente			C1	P1	A1	-	-	-
Código Laboratorio			0619412-01	0619412-02	0619412-03	-	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra			CHOTA	CHOTA	CHOTA	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 02 de Agosto de 2019.





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0719618

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			C2	P2	A2	-	-	-
Código Laboratorio			0719618-01	0719618-02	0719618-03	-	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra			Chota	Chota	Chota	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Cajamarca, 07 de Agosto de 2019.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019



LABORATORIO REGIONAL



INFORME DE ENSAYO N° IE 0819693

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO	
Razon Social/Usuario	ALFONSO SÁNCHEZ ROJAS
Dirección	
Correo electrónico	asr1_77@hotmail.com
Persona de contacto	

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	21.08.19	Hora de Muestreo	11:05 a 12:00
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	03 Muestras	N° Frascos x muestra	01
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el personal usuario		
Procedencia de la Muestra:	RIO DOÑA ANA - CHOTA		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC - 992	Cadena de Custodia	CC - 693 -19
Fecha y Hora de Recepción	21.08.19	Inicio de Ensayo	21.08.19 17:00
Reporte Final de Resultados	03.09.19		

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

Cajamarca, 03 de Septiembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0819693

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			C3	P3	A3	-	-	-
Código Laboratorio			0819693-01	0819693-02	0819693-03	-	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra			Chota	Chota	Chota	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 03 de Septiembre de 2019.



2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191036

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **ALFONSO SÁNCHEZ ROJAS**
Dirección -
Persona de contacto - Correo electrónico **asr1_77@hotmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **19.12.19** Hora de Muestreo **09:00 a 10:00**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **03 Muestras** N° Frascos x muestra **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**
Procedencia de la Muestra: **CHOTA**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1407** Cadena de Custodia **CC - 1036 -19**
Fecha y Hora de Recepción **20.12.19 10:19** Inicio de Ensayo **20.12.19 10:50**
Reporte *Final de* Resultados **02.01.2020 09:00**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

Cajamarca, 02 de Enero de 2020.

1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12191036

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código Cliente	A4	P4	CA	-	-	-
Código Laboratorio	12191036-01	12191036-02	12191036-03	-	-	-
Matriz	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción	Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra	rio Doña Ana-Chota	Quebrada Pingobamba-Chota	Quebrada La Colpa-Chota	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	<LCM	<LCM	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 02 de Enero de 2020.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL
LABORATORIO DE AGUAS



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA

SOLICITANTE: Mg. Alfonso Sánchez Rojas

Código de muestra: C1	
Descripción de la muestra:	
Lugar : Quebrada Colpa	Fecha de muestreo : 04/06/2019
Distrito : Chota	Fecha de análisis : 04/06/2019
Provincia : Chota	Coordenadas UTM : 17M 0758372N
Departamento : Cajamarca	9278854E
Descripción de la muestra:P1	
Lugar : Quebrada Pingobamba.	Fecha de muestreo : 04/06/2018
Distrito : Chota	Fecha de análisis : 04/06/2018
Provincia : Chota	Coordenadas UTM :
Departamento : Cajamarca	Método de muestreo: Azar
Código de muestra: A1	
Descripción de la muestra:	
Lugar : Río Doña Ana, Chota.	Fecha de muestreo : 04/06/2018
Distrito : Chota	Fecha de análisis : 04/06/2018
Provincia : Chota	Coordenadas UTM : 17M 0755229
Departamento : Cajamarca	9276758

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Muestras		
		C1	P1	A1
Turbiedad	*NTU	14.2	11.8	12.4
NO ₃	mg/L	11.93	11	12.3
PO ₄ ⁻³	mg/L	4	2.6	2.3

* NTU = Nephelometric Turbidity Unit



DEYNER TARRILLO CIEZA
Ingeniero Forestal y Ambiental
Reg. CIP N° 265498

Responsable Laboratorio de Aguas
Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental
Universidad Nacional Autónoma de Chota



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL
LABORATORIO DE AGUAS



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA

SOLICITANTE: Alfonso Sánchez Rojas

Código de muestra: C2	
Descripción de la muestra:	
Lugar : Quebrada Colpa	Fecha de muestreo : 24/07/2019
Distrito : Chota	Fecha de análisis : 24/07/2019
Provincia : Chota	Coordenadas UTM : UTM : 17M
Departamento: Cajamarca	0758372N 9278854E
Código de muestra: P2	
Descripción de la muestra:	
Lugar : Quebrada Pingobamba	Fecha de muestreo : 24/07/2018
Distrito : Chota	Fecha de análisis : 24/07/2018
Provincia : Chota	Coordenadas : 17M 0757349N
Departamento: Cajamarca	9278495E
Código de muestra: A2	
Descripción de la muestra:	
Lugar : Río Doña Ana	Fecha de muestreo : 24/07/2018
Distrito : Chota	Fecha de análisis : 24/07/2018
Provincia : Chota	Coordenadas UTM : 17M 0755229 N
Departamento : Cajamarca	9276758E

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Muestras		
		C2	P2	A2
Turbiedad	*NTU	13.4	11	11.5
NO ₃	mg/L	8.5	8	10.3
PO ₄ ⁻³	mg/L	3.5	2.8	4.8

* NTU = Nephelometric Turbidity Unit


DEYNER TARRILLO CIEZA
Ingeniero Forestal y Ambiental
Reg. CIP N° 205498

Responsable Laboratorio de Aguas
Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental
Universidad Nacional Autónoma de Chota



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL



LABORATORIO DE AGUAS

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA

SOLICITANTE: Alfonso Sánchez Rojas

Código de muestra: C3			
Descripción de la muestra:			
Lugar	: Quebrada Colpa	Fecha de muestreo	: 21/08/2019
Distrito	: Chota	Fecha de análisis	: 21/08/2019
Provincia	: Chota	Coordenadas UTM	: 17M 0758372N
Departamento	: Cajamarca		9278854E
Código de muestra: P3			
Descripción de la muestra:			
Lugar	: Quebrada Pingobamba	Fecha de muestreo	: 21/08/2018
Distrito	: Chota	Fecha de análisis	: 21/08/2018
Provincia	: Chota	Coordenadas UTM	: 17M 0757349N
Departamento	: Cajamarca		9278495E
Código de muestra: A3			
Descripción de la muestra:			
Lugar	: Río Doña Ana, Chota.	Fecha de muestreo	: 21/08/2018
Distrito	: Chota	Fecha de análisis	: 21/08/2018
Provincia	: Chota	Coordenadas UTM	: 17M 0755229
Departamento	: Cajamarca		9276758

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Muestras		
		C3	P3	A3
Turbiedad	*NTU	11	12	12
NO ₃	mg/L	2.3	3	7.3
PO ₄ ⁻³	mg/L	2.3	2.2	5

* NTU = Nephelometric Turbidity Unit



Responsable Laboratorio de Aguas
 Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental
 Universidad Nacional Autónoma de Chota



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL
LABORATORIO DE AGUAS



Cuadro comparativo de los resultados analizados y los parámetros establecidos en la
Categoría 3 del D.S N° 004-2017-MINAM y D.S N°002-2008-MINAM

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales					Muestras analizadas del Río Doñana 04/06/2019			Muestras analizadas del Río Doñana 24/07/2019			Muestras analizadas del Río Doñana 21/08/2019		
Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales	C1	P1	A1	C2	P2	A2	C3	P3	A3
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebidas de animales									
FÍSICOS-QUÍMICOS													
*Fosfatos (PO ₄) ₃	mg/L	1	1	1	4	2.6	2.3	3.5	2.8	4.8	2.3	2.2	5
*De acuerdo a Cat.3 de D.S 002-2008-MINAM													
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10	10	10	11.93	11	12.3	8.5	8	10.3	2.3	3	7.3

* De acuerdo a la Cat.3 del D.S. 002-2008 – MINAM.


DEYNER TARRILLO CIEZA
 Ingeniero Forestal y Ambiental
 Reg. CIP N° 265498

Responsable Laboratorio de Aguas
 Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental
 Universidad Nacional Autónoma de Chota