



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y VERTIMIENTOS DE EFLUENTES EN
LA CUENCA BAJA DEL RIO CHILLÓN. 2012-2019-LIMA

Línea de investigación: Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Castellares Quispe, Robinson Junior

Asesora:

Rojas León, Gladys

(ORCID: 0000-0003-2961-9643)

Jurado:

Guillen León, Rogelia

Aylas Humareda, María del Carmen

Vega Ventosilla, Violeta

Lima – Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios, por haberme otorgado la oportunidad de alcanzar una de las metas propuestas en mi vida y darme una excelente familia que siempre me ha apoyado.

A mis padres: Norma Quispe y Rolando Castellares (q.d.e.p.) por darme la vida, aconsejarme y quererme mucho. Siempre me han impulsado a seguir adelante, especialmente mi mamá que siempre me ha apoyado.

A mis hermanos: Letty y Christian por sus consejos, cariño, apoyo incondicional e impulsarme a seguir adelante hasta lograr titularme. Gracias hermana Letty por preocuparte por mi educación y guiar mi camino, te quiero mucho.

A mis sobrinos: Telkita, Sebastian y Koradi para que sigan su propio camino de superación y cumplan sus metas en la vida.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi eterno agradecimiento a mi loable alma máter, Universidad Nacional Federico Villarreal, por haberme formado profesionalmente.

A mi Asesor M.Sc. Gladys Rojas Leon, por su apoyo y compromiso en el seguimiento de la presente investigación hasta llegar a su finalización.

A mi maestro y amigo, Dr. Omar Vásquez Aranda por su apoyo durante los análisis de las muestras en el laboratorio y consejos en la elaboración de la presente investigación.

A mi colega y amigo Ing. Arnold Motta Calderón por su apoyo durante el monitoreo de calidad de aguas superficiales en campo y a mi compañero Lic. Luis Miranda Hurtado por su apoyo en la elaboración de los mapas.

Índice General

Resumen.....	XIV
Abstrac	XV
I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Descripción y formulación del problema.....	17
1.1.1. Descripción del problema	17
1.1.2. Formulación del problema	19
1.2. Antecedentes	20
1.2.1. En el ámbito nacional	20
1.2.2. En el ámbito internacional	26
1.3. Objetivos.....	28
1.4. Justificación	29
1.4.1. Justificación teórica.	29
1.4.2. Justificación práctica	29
1.4.3. Justificación social.....	30
1.4.4. Justificación económica.....	30
1.4.5. Justificación ambiental	30
1.5. Hipótesis	30
II. MARCO TEÓRICO.....	32
2.1. Bases teóricas.....	32
2.1.1. Vertimiento de efluentes	32
2.1.2. Aguas residuales	32

2.1.3. Calidad del agua	33
2.1.4. Propiedades del agua	35
2.1.5. Físico – química de las aguas naturales	36
2.2. Marco conceptual.....	44
2.2.1. Aceites y Grasas	44
2.2.2. Coliformes Termotolerantes	44
2.2.3. Conductividad Eléctrica (C.E).....	44
2.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O).....	45
2.2.5. Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O)	45
2.2.6. Escherichia Coli.....	45
2.2.7. Huevos de Helmitos.....	46
2.2.8. Metal Pesado.....	46
2.2.9. Nitratos y Nitritos	47
2.2.10. Oxígeno Disuelto (O.D).....	47
2.2.11. Potencial de Hidrógenos (pH)	48
2.2.12. Sulfatos	48
2.2.13. Temperatura.....	48
2.3. Marco legal ambiental.....	49
III. MÉTODO.....	54
3.1. Tipo de Investigación.....	54
3.1.1. Diseño de la investigación	54
3.1.2. Nivel de la investigación	54
3.2. Ámbito temporal y espacial	54
3.3. Variables	56

3.4. Población y muestra.....	57
3.4.1. Población	57
3.4.2. Muestra	57
3.5. Instrumentos.....	58
3.5.1. Instrumentos de escritorio.....	58
3.5.2. Equipos de campo.....	58
3.5.3. Instrumentos de laboratorio	59
3.6. Procedimientos	61
3.6.1. Etapa preliminar.....	61
3.6.2. Etapa de trabajo en campo	61
3.6.3. Etapa de trabajo en laboratorio	63
3.6.4. Etapa de trabajo en gabinete	66
3.7. Análisis de datos.....	66
3.8. Consideraciones éticas.....	67
IV. RESULTADO	68
4.1. Identificación de las fuentes de contaminación natural y vertimientos de efluentes industriales y domésticos, para la evaluación de la calidad del agua	68
4.1.1. Caracterización del ambiente físico.....	68
4.1.2. Caracterización del ambiente socioeconómico.....	92
4.1.3. Caracterización de las fuentes de contaminación por vertimientos industriales y domésticos	104
4.2. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos.....	114
4.2.1. Temperatura in situ	114
4.2.2. Potencial de Hidrogeno (pH)	116

4.2.3. Conductividad Eléctrica.....	118
4.2.4. Oxígeno Disuelto	119
4.2.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	121
4.2.6. Demanda Química de Oxígeno (DQO)	123
4.2.7. Aceites y Grasas	125
4.2.8. Nitritos	127
4.2.9. Nitratos	128
4.2.10. Sulfatos	129
4.3. Evaluación de las concentraciones de los metales pesados	130
4.3.1. Cadmio.....	130
4.3.2. Cobre.....	131
4.3.3. Hierro	132
4.3.4. Plomo	133
4.3.5. Zinc	135
4.4. Grado de alteración de los parámetros microbiológicos.....	136
4.4.1. Coliformes Termotolerantes	136
4.4.2. Escherichia Coli.....	138
4.4.3. Huevos y Larvas de Helmintos.....	140
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	141
5.1. Contaminación natural y vertimiento de efluentes industriales y domésticos.....	141
5.2. Sobre la evaluación de los parámetros fisicoquímicos	142
5.3. Sobre la variación de las concentraciones de los Metales Pesados	143
5.4. Sobre los parámetros microbiológicos.....	145
VI. CONCLUSIONES	147

VII. RECOMENDACIONES.....	149
VIII. REFERENCIAS	151
IX. ANEXOS	157
Anexo A. Matriz de consistencia	157
Anexo B. Panel fotográfico complementario.....	158
Anexo C. Resultados de laboratorio de los parámetros microbiológicos	164
Anexo D. Mapas	178

Índice de Tablas

Tabla 1 Principales Actividades Industriales y sus Efluentes o Residuos.....	42
Tabla 2 Ubicación de Coordenadas en UTM de la Cuenca Baja del Rio Chillón.....	55
Tabla 3 Operacionalización de Variables	56
Tabla 4 Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua.....	62
Tabla 5 Pendiente de la Cuenca Baja del Rio Chillón.....	68
Tabla 6 Clasificación de Suelos.....	70
Tabla 7 Clasificación de Uso Actual de Suelos	71
Tabla 8 Datos Hidrográficos de la Sub Cuenca Baja del Rio Chillón.....	73
Tabla 9 Cobertura Vegetal.....	73
Tabla 10 Zonas de Vida.....	75
Tabla 11 Datos Geomorfológicos	83
Tabla 12 Estación Meteorológica	84
Tabla 13 Temperatura Total Mensual (°C).....	85
Tabla 14 Valores Máximos, Mínimos y Promedios de Temperatura (°C).....	85
Tabla 15 Precipitación Total Mensual (mm)	87
Tabla 16 Valores Máximos, Mínimos y Promedios de Precipitación (mm).....	88
Tabla 17 Media Mensual de la Humedad Relativa (%).....	89
Tabla 18 Valores Máximos, Mínimos y Promedios de Humedad Relativa (%).....	89
Tabla 19 Viento Media Mensual (m/s)	90
Tabla 20 Valores Máximos, Mínimos y Promedios Anuales del Viento (m/s).....	90
Tabla 21 Dirección del Viento (m/s)	91
Tabla 22 Población Distrital que Abarca la Cuenca Baja del Río Chillón-Lima	93
Tabla 23 Superficie y Densidad Poblacional.....	93
Tabla 24 Población Según Área de Residencia en Cuenca Baja del Rio Chillón.....	94

Tabla 25	Cuenca Baja Río Chillón: Organizaciones Sociales, Según Distritos 2015-2016...	96
Tabla 26	Generación de Residuos Sólidos.....	97
Tabla 27	Tasa de Desnutrición Crónica de Niños y Niñas Menores de 5 Años, 2017.....	98
Tabla 28	Tasa de Anemia de Niños y Niñas de 6 a 35 Meses, 2017	99
Tabla 29	Matrícula en el Sistema Educativo por Modalidad y Nivel Educativo, 2016.....	100
Tabla 30	Intensiones de Siembra por Hectárea en Cuenca Chillón, Campaña 2016-2017 ..	101
Tabla 31	Actividades Económicas con Valor Agregado Bruto	102
Tabla 32	Micro y Pequeñas Empresas Registradas en las Municipalidades, 2014	103
Tabla 33	Vertimientos de Tipo Doméstico en Cuenca Baja sin Autorización	106
Tabla 34	Vertimientos de Tipo Industrial con Autorización	108

Índice de Figuras

Figura 1 Relación Entre Temperatura, Solubilidad de Sales y Gases.....	38
Figura 2 Tipo de Partículas Arrastradas por el Agua, Según su Granulometría.....	41
Figura 3 Variación de Microorganismos en un Río al Alejarnos del Foco Contaminante	43
Figura 4 Estaciones de Monitoreo en la Cuenca del Rio Chillón.....	57
Figura 5 Geología Local	81
Figura 6 Escombros en el Curso del Rio Chillón en Cuenca Baja	104
Figura 7 Invasión de la Faja Marginal	105
Figura 8 Reducción del Cauce Natural de la Cuenca Baja del Rio Chillón	105
Figura 9 Actividades Industriales en los Márgenes del Rio Chillón	109
Figura 10 Tubería de Vertimiento de Aguas Residuales	110
Figura 11 Efluente de Tipo Industrial en el Distrito de Puente Piedra	110
Figura 12 Tuberías de Efluentes Domésticos en el Distrito de Comas.....	111
Figura 13 Tuberías de Efluentes de Tipo Doméstico.....	111
Figura 14 Tuberías de Efluentes Domésticos en el Distrito de Puente Piedra.....	112
Figura 15 Efluentes en el Distrito de Ventanilla.....	113
Figura 16 Tubería de Aguas Residuales cerca al Puente Chillón	113
Figura 17 Temperatura en Época de Avenida (2012 – 2019).....	114
Figura 18 Temperatura en Época de Estiaje (2013 – 2019).....	115
Figura 19 Potencial de Hidrogeno en Época de Avenida (2012 -2019)	116
Figura 20 Potencial de Hidrogeno en Época de Estiaje (2013 -2019).....	117
Figura 21 Conductividad en Época de Avenida (2012 – 2019).....	118
Figura 22 Conductividad Eléctrica en Época de Estiaje (2013 – 2019)	118
Figura 23 Oxígeno Disuelto en Época de Avenida (2012 -2019).....	119
Figura 24 Oxígeno Disuelto en Época de Estiaje (2013- 2019)	120

Figura 25 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) – Época Avenida (2012-2019).....	121
Figura 26 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) - Época Estiaje (2013-2019)	122
Figura 27 Demanda Química de Oxígeno (DQO) - Época Avenida (2012 – 2019).....	123
Figura 28 Demanda Química de Oxígeno (DQO) - Época Estiaje (2013 – 2019)	124
Figura 29 Aceites y Grasas en Época de Avenida (2012 – 2019)	125
Figura 30 Aceites y Grasas en Época de Estiaje (2013 – 2019)	126
Figura 31 Nitritos en Época de Avenida (2012 – 2019)	127
Figura 32 Nitritos en Época de Estiaje (2013 – 2019).....	127
Figura 33 Nitratos en Época de Avenida (2012 – 2019)	128
Figura 34 Nitratos en Época de Estiaje (2013 – 2019)	128
Figura 35 Sulfatos en Época de Avenida (2012 – 2019)	129
Figura 36 Sulfatos en Época de Estiaje (2013 – 2019).....	129
Figura 37 Cadmio en Época de Avenida (2012 – 2019).....	130
Figura 38 Cadmio en Época de Estiaje (2013 – 2019)	130
Figura 39 Cobre en Época de Avenida (2012 – 2019).....	131
Figura 40 Cobre en Época de Estiaje (2013 – 2019)	131
Figura 41 Hierro en Época de Avenida (2012 – 2019).....	132
Figura 42 Hierro en Época de Estiaje (2013 – 2019).....	132
Figura 43 Plomo en Época de Avenida (2012 – 2019).....	133
Figura 44 Plomo en Época de Estiaje (2013 – 2019).....	134
Figura 45 Zinc en Época de Avenida (2012 – 2019).....	135
Figura 46 Zinc en Época de Estiaje (2013 – 2019).....	135
Figura 47 Coliformes Termotolerantes en Época de Avenida (2012-2019).....	136
Figura 48 Coliformes Termotolerantes en Época de Estiaje (2013-2019)	137
Figura 49 Escherichia Coli Época de Avenida (2012 – 2019).....	138

Figura 50 Escherichia Coli Época de Estiaje (2013 – 2019)	139
Figura 51 Huevos y Larvas de Helmintos en Época de Avenida (2012-2019)	140
Figura 52 Huevos y Larvas de Helmintos en Época de Estiaje (2013-2019)	140

Resumen

La presente tesis tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer su grado de alteración en la cuenca baja del río Chillón. El método de investigación es descriptiva y aplicativa con un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la evaluación de la información histórica del monitoreo de calidad del agua correspondiente al periodo 2012 – 2017, realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Asimismo, se realizó un monitoreo de calidad de agua en el río Chillón durante la época de avenida (febrero) y estiaje (mayo) durante el año 2019, se estableció 10 estaciones de monitoreo en la cuenca del río, se ha considerado una estación de monitoreo en la cuenca alta como Blanco, 2 estaciones en cuenca media y 7 estaciones en cuenca baja. Los resultados indican más de 15 vertimientos de efluentes industriales y domésticos. Asimismo, un alto grado de contaminación en la cuenca baja, sobrepasando el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según el D.S.004-2017-MINAM, de los parámetros fisicoquímicos: DBO₅, Oxígeno Disuelto, DQO, Hierro, Plomo, Cadmio, Aceites y Grasas. Igualmente, los parámetros microbiológicos: Coliformes Termotolerantes y *Escherichia Coli*. En conclusión, debido a la deficiente gestión, crecimiento poblacional y la instalación de asentamientos humanos, se determina un incremento de los vertimientos domésticos, industriales y acumulación de residuos sólidos en la faja marginal, generando un impacto ambiental negativo en la calidad del agua del río deteriorándola de manera significativa.

Palabras clave: parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos, estándar de calidad ambiental, impacto ambiental negativo y faja marginal.

Abstrac

The objective of this thesis was to evaluate the quality of the water due to the discharge of industrial and domestic effluents during the period 2012 to 2019 in order to know its degree of alteration in the lower basin of the Chillón river. The research method is descriptive and applicative with a quantitative approach, since it is based on the evaluation of the historical information of the water quality monitoring corresponding to the period 2012 - 2017, carried out by the National Water Authority (ANA). Likewise, water quality monitoring was carried out in the Chillón river during the flood season (February) and dry season (May) during the year 2019, 10 monitoring stations were established in the river basin, a monitoring station has been considered. monitoring in the upper basin such as Blanco, 2 stations in the middle basin and 7 stations in the lower basin. The results indicate more than 15 discharges of industrial and domestic effluents. Likewise, a high degree of contamination in the lower basin, exceeding the Environmental Quality Standard (ECA) for water, according to D.S.004-2017-MINAM, of the physicochemical parameters: BOD5, Dissolved Oxygen, COD, Iron, Lead, Cadmium, Oils and fats. Likewise, the microbiological parameters: Thermotolerant Coliforms and Escherichia Coli. In conclusion, due to poor management, population growth and the installation of human settlements, an increase in domestic and industrial discharges and accumulation of solid waste in the marginal strip is determined, generating a negative environmental impact on the quality of the river water. deteriorating it significantly.

Keywords: physicochemical parameters, microbiological parameters, environmental quality standard, negative environmental impact and marginal strip.

I. INTRODUCCIÓN

El agua dulce es esencial para la vida de los seres humanos, está presente en todas las actividades y aproximadamente solo un 3.5% de toda el agua existente en la Tierra es dulce, de este valor el 70% está congelado y el 30% se encuentra en los acuíferos, subsuelo, ríos y lagos, pero solo el 0.025% de toda el agua dulce existente es aceptable para el consumo humano. La necesidad del uso del agua aumenta cada año junto con el incremento de la población y la industrialización del país, por ello se debe buscar el reuso de las aguas residuales. El vertimiento de los efluentes domésticos e industriales tiene un impacto negativo en la calidad de las aguas superficiales, afectando la composición fisicoquímica y biológica del agua. El crecimiento poblacional en los últimos años, ha ido de la mano con el incremento de las actividades económicas y sociales de la ciudad de Lima, dejando de lado la fiscalización ambiental, servicios de alcantarillado, construcción de nuevas plantas de tratamiento de agua residual y la gestión de residuos sólidos. Por ello resulta necesario conocer su grado de alteración de la calidad del agua y establecer medidas preventivas de contaminación de las aguas residuales domésticas e industriales.

Según la clasificación de aguas superficiales establecida por la Autoridad Nacional del Agua, según (R.J. N° 056-2018-ANA), la cuenca baja del río Chillón se encuentra dentro de la categoría N° 3, el cual debería presentar condiciones aceptables para el Riego y Bebida de Animales. Las características fisicoquímicas y microbiológicas han sido evaluados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 3, este cuerpo receptor estuvo siendo afectada por las actividades antropogénicas que se realizan en los alrededores de la faja marginal del río Chillón, el vertimiento de los efluentes domésticos e industriales impactan negativamente en la calidad del agua del río Chillón, alterando sus componentes fisicoquímicos y biológicos.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

A nivel mundial los países más industrializados muestran preocupación por resolver los problemas relacionados con la disposición de los efluentes líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial. Según indica (IAGUA, 2017), más de 1000 millones de toneladas de aguas residuales son vertidas cada año a los ríos, aguas subterráneas, lagos y océanos del mundo, en el cual predomina los contaminantes químicos y microbiológicos: La materia orgánica, metales pesados, disolventes, aceites, grasas, detergentes, fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos. La contaminación del ambiente por los vertimientos de aguas residuales se ha convertido en uno de los problemas globales más urgentes de la humanidad debido a los escasos de los recursos hídricos para satisfacer a la población actual y futura. (IAGUA, 2017)

En el Perú solo el 30% de las aguas residuales reciben tratamiento, el resto de las aguas residuales domésticas, municipales e industriales son vertidos directamente a las aguas subterráneas, ríos, lagos y océano pacífico. Asimismo, de las 143 plantas de tratamiento de agua residual, solo el 14% cumplen con la normativa vigente, esta situación genera variedad de enfermedades en la población y daños ambientales. (Larios, et al., 2015, p. 14)

El río Chillón es una de las principales fuentes de agua para la ciudad de Lima, la calidad del agua del río Chillón determina la salud ambiental de los ecosistemas y de las poblaciones aledañas. Sin embargo, está siendo afectada por los vertimientos de efluentes de tipo doméstico e industrial, principalmente en la cuenca baja del río Chillón. Porque los efluentes de tipo doméstico sin tratamiento previo alteran las condiciones microbiológicas y los efluentes de tipo industrial alteran las condiciones fisicoquímicas los cuales incrementan la contaminación del río Chillón. Según la Organización Mundial de la Salud (2019) indica que, “El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con

la transmisión de enfermedades como el cólera, diarrea, disentería, hepatitis A, Fiebre tifoidea y la poliomielitis”. (Sección Agua y Salud, párrafo 2).

Otros autores han afirmado lo siguiente:

Los principales contaminantes son los agentes infecciosos, los tóxicos tanto orgánicos como inorgánicos, nutrientes orgánicos, los sedimentos y el calor. Los nutrientes orgánicos o materia orgánica provienen de efluentes industriales, domésticos y campos fertilizados, estos últimos sirven de alimento para bacterias aeróbicas y provocan su proliferación. La descomposición bacteriana de estos efluentes reduce los niveles de oxígeno del agua generando impacto ambiental negativo en las especies acuáticas. El agua contaminada puede contener virus, bacterias y protozoarios patógenos, así como parásitos. Los contaminantes inorgánicos tóxicos incluyen a sales de diversas fuentes y metales pesados como el plomo, cadmio, hierro, mercurio entre otros que afectan no solo a la calidad del agua sino también del suelo. (Valencia, et al., 2007, p. 36)

El río Chillón es o era considerado uno de los pulmones verdes de la ciudad de Lima. Sin embargo, la pobreza del país ha dado lugar a la invasión de asentamientos humanos carentes de agua potable y saneamiento, generando instalaciones de tuberías clandestinas y vertido de sus aguas domésticas, Asimismo existe el vertido de efluentes industriales, acumulación de residuos sólidos, uso de fertilizantes, pesticidas y plaguicidas de la actividad agrícola en la cuenca baja deteriorando la calidad del agua.

Aliaga (2010), El incremento de la población urbana e industrias y la deficiencia educación ambiental son factores importantes de riesgo de contaminación, este incremento de la población en Lima Metropolitana y la deficiencia de servicios de desagüe y recojo de residuos sólidos conlleva a un incremento de efluentes contaminantes y acumulación de

residuos sólidos en las riveras del río Chillón. En la trayectoria del río Chillón se han asentado botaderos de curtiembres, plantas de fundición informales, plantas de papeles y textiles, así mismo la agricultura hace uso de productos agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes) y las chancherías alimentan a los cerdos con residuos domésticos provenientes de los distritos colindantes entre otros. “Situación ambiental del recurso hídrico en la cuenca baja del río Chillón y su factibilidad de recuperación para el desarrollo sostenible” (pp. 93-96)

Como consecuencia de la contaminación los pobladores cercanos se han visto afectados directamente por el hedor y vectores que transmiten enfermedades, la actividad económica más afectada es la agricultura ya que usan las aguas del río para riego de vegetales y bebida de animales. Asimismo, los centros poblados e industrias hacen uso de las aguas del río, el problema afecta no solo a los distritos donde discurren sus aguas del río Chillón sino también a Lima Metropolitana ya que se corre el riesgo de perder los servicios ambientales que el valle del río Chillón nos brinda.

1.1.2. Formulación del problema

- Problema principal

¿En qué medida varía la calidad del agua por el vertimiento de los efluentes industriales y domésticos en el periodo 2012 al 2019 en la cuenca baja del río Chillón?

- Problemas secundarios

1. ¿De qué manera las fuentes de contaminación natural y vertimiento de efluentes industriales y domésticos afectan a la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón?

2. ¿Cómo la evaluación de los parámetros fisicoquímicos permite conocer el grado de alteración en la calidad del agua por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos en la cuenca baja del río Chillón?
3. ¿De qué manera varían las concentraciones de los metales pesados en la calidad del agua por el vertimiento de efluentes industriales en la cuenca baja del río Chillón?
4. ¿En qué medida la evaluación de los parámetros microbiológicos permite conocer el grado de alteración en la calidad del agua por el vertimiento de efluentes domésticos en la cuenca baja del río Chillón?

1.2. Antecedentes

1.2.1. En el ámbito nacional

Díaz (2019) en su investigación “*Determinación de Variables con mayor impacto en la calidad del agua, de la cuenca baja del río Chillón*”, se ha establecido 6 estaciones de monitoreo en cuenca baja para determinar en cada una de ellas, el Índice de Calidad Ambiental del Agua (ICA) en la cual se indica si la calidad del agua es excelente, buena, regular, mala o pésima para cada una de las estaciones. Introduciendo la información de monitoreo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de los años (2012-2016) en el software libre RapidMiner los resultados son los siguientes: estaciones de monitoreo PMA-01, PMA-02, PMA-03, PMA-04, PMA-05 han sido calificadas como MALA y la estación PMA-06 ha sido calificada como BUENA. El estudio también ha determinado que los parámetros de Coliformes Termotolerantes y Conductividad Eléctrica son las variables que afectan mayormente en la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.

Mayca (2019) ha determinado la calidad del agua del río Rímac en el sector Chicla, ubicado en la provincia de Huarochirí. Usando información histórica de 7 estaciones de monitoreo para los años 2010 hasta el 2018 de las siguientes entidades públicas: DIGESA,

ANA, SEDAPAL y OEFA. Del mismo modo, realizo un monitoreo de Calidad de Agua como parte de la investigación, considerando 2 estaciones de monitoreo evaluado en el mes de mayo del año 2019. Los parámetros que han sobrepasado el Estándar de Calidad Ambiental para los años (2010-2018) según el D.S. N°004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Sub Cat. A-2 son: Arsénico, Antimonio, Hierro, Magnesio, Plomo y Cadmio. Según Mayca Zegarra estaría asociado a las características geoquímicas de la zona de estudio y a los vertimientos de la Compañía Minera – UM Ticlio cerca a la Quebrada Antaranra. Para el año 2019 solo el Manganeseo ha sobrepaso el ECA, Asimismo los parámetros pH y DQO en las estaciones EM-01, EM-03, EM-04, EM-05, EM-06 y EM-07. Los parámetros Coliformes Termotolerantes con un valor máximo (23000 NMP/100ml.) y Coliformes Fecales (16000 NMP/100ml.) para los años 2011 hasta el 2017. Para el año 2019 solo el Manganeseo ha sobrepasado el ECA en la estación EM-07-A (2.108 mg/L) y EM-07-B (2.105 mg/L).

Vásquez (2018) ha evaluado la variación y el comportamiento durante once años consecutivos de los parámetros Físicos, Químicos, Metales Pesados y Microbiológicos en la calidad del agua proveniente de vertimiento de efluentes industriales en la subcuenca del rio San Juan ubicado en la provincia de Cerro de Pasco, Se ha establecido 6 estaciones de monitoreo en la cual se ha trabajado con información brindada por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) de los años 2006 hasta el 2011 y otros monitoreos a cargo del investigador del presente estudio de los años 2012 hasta el 2016. Se ha determinado una reducción a través del tiempo de las concentraciones de Metales Pesados como Arsénico, Plomo, Zinc, Manganeseo, Cobre, Hierro y Cadmio. Las concentraciones de los indicadores orgánicos superan los Estándares de Calidad Ambiental como Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Coliformes Termotolerantes, Aceites y Grasas. Las estaciones más contaminadas son la N°2 y 5 (Quebrada Quiulacocha

y río Andacancha) están asociados a los vertimientos de tipo doméstico e industrial por parte de las Industrias Mineras de Cerro SAC y El Brocal. Los resultados han sido comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3.

Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2017). Análisis la calidad de agua en la cuenca del río Chillón, en la cual se estableció un total de 19 estaciones de monitoreo. De los cuales 7 estaciones se ubican en cuenca alta, 3 estaciones en cuenca media y 9 estaciones en cuenca baja. Se ha analizado los parámetros fisicoquímicos, metales pesados y microbiológicos cuyos resultados se encuentran por encima del Estándar de Calidad Ambiental para agua según el D.S. N° 004-2017-MINAM. Se han identificado un total de 72 fuentes contaminantes entre vertimientos de aguas residuales domésticas, vertimientos de aguas residuales municipales, tuberías conectadas al cauce del río, botaderos de residuos sólidos y fuentes de contaminación indirecta por infiltración. Se concluye que los parámetros Coliformes Termotolerantes y *Escherichia Coli* exceden el ECA – Categoría 3 en las estaciones ubicadas en cuenca baja. Asimismo, los metales pesados como el Plomo, Manganeso, Cromo, Cobre, Aluminio y Hierro. De igual manera los parámetros fisicoquímicos como DBO5, DQO, Oxígeno Disuelto, Detergentes, Aceites y Grasas. Se debe a la presencia de vertimientos de aguas residuales domésticas y/o industriales hasta el río Chillón proveniente de viviendas y/o empresas asentadas en los distritos de Puente Piedra, San Martín de Porres, Los Olivos, Callao y Ventanilla; así también, por la disposición inadecuada de residuos sólidos domésticos.

Ramos (2016) en su estudio “*Análisis de los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales contaminadas en el estuario del río Chillón – AAHH Márquez, Callao 2016*”. Se ha establecido 3 estaciones de monitoreo en el estuario para evaluar los siguientes parámetros: Nitritos, Fosfato, Nitrógeno Amónico, Salinidad, Turbidez, DBO, pH, Conductividad, Aceites y Grasas. Se tomaron 2 muestras durante 4 semanas, en total 8

muestras por cada parámetro durante los meses de mayo y junio del año 2016. Los promedios de las concentraciones de Nitrógeno Amoniacal son: en la estación 1 (21 mg/L), 2 (22.7 mg/L), 3 (24.8 mg/L). Fosfatos en la estación 1 (12.081 mg/L), 2 (10.386 mg/L), 3 (12.081 mg/L). Aceites y Grasas en la estación 1 (146.91 mg/L), 2 (131.75 mg/L), 3 (258.26 mg/L). Demanda Bioquímica de Oxígeno en la estación 1 (5445 mg/L), 2 (4211.25 mg/L), 3 (2445 mg/L). Ramos Villanueva concluye en la existencia de alteración en la variación de los parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales ya que superan el Estándar de Calidad Ambiental para agua, debido a la acumulación de los residuos sólidos por parte de las poblacionales ubicados en los márgenes del río y efluentes de tipo industrial y doméstico.

Autoridad Nacional del Agua (2016) en su informe técnico de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Chillón realizado en el año 2015 en época de estiaje se ha establecido 19 estaciones de monitoreo en toda la cuenca del río de los cuales 9 estaciones están ubicadas en la cuenca baja. Los resultados que superan el ECA para agua, Cat. 3 de las estaciones ubicadas en cuenca baja de los siguientes parámetros: DBO5 de las estaciones RChil 18 (295 mg/L), RChil 16 (290 mg/L) y RChil 15 (298 mg/L). Parámetro DQO de las estaciones RChil 18 (634 mg/L), RChil 15 (474 mg/L), RChil 16 (410 mg/L). Parámetro Aceites y Grasas de las estaciones RChil 18 (20 mg/L), RChil 15 (23 mg/L) y RChil 16 (28 mg/L). Parámetro Coliformes Termotolerantes de las estaciones RChil 12 (110000 NMP/100mL), RChil 13 (110000 NMP/100mL), RChil 14 (70000 NMP/100mL), RChil 18 (33000000 NMP/100mL), RChil 15 (33000000 NMP/100mL) y RChil 16 (33000000 NMP/100mL). Asimismo, metales pesados como el Hierro (Fe), Cobre (Cu) y Niquel (Ni) han sobrepasado el ECA en las estaciones RChil 18, RChil 15 y RChil 16. Los valores excesivos tendrían relación directa con los botaderos de residuos sólidos y efluentes de tipo doméstico e industrial que se observan en la zona de estudio.

Meredith (2016) en su investigación se determinó la calidad de agua superficial del río San Juan ubicado en el departamento de Pasco, en la cual se ha considerado los resultados de monitoreo del 2001 al 2011 realizado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), asimismo se ha considerado 6 estaciones de monitoreo de calidad de agua en época de estiaje y avenida en el año 2014, los resultados fueron comparados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales. Los resultados de los años 2001-2011 las estaciones M-2, M-3, M-4, M-5 y M-6 demuestran elevada concentración de metales pesado con respecto al año 2014. Las concentraciones de los Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales en los años 2001, 2003, 2004 y 2006 superan el (ECA) en las estaciones M-03 y M-04 no obstante, para el año 2014 si cumplió con el (ECA). Las fuentes de contaminación identificadas son los pasivos ambientales ubicados en las quebradas Quiulacocha y Andascancha (descarga de la empresa minera Sociedad Minera El Broncal).

Terrones y Herrera (2015) en su estudio han determinado el riesgo potencial de contaminación en las zonas agrícolas usando la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, por el uso del agua para riego de vegetales y bebida de animales en la cuenca baja del río Chillón, debido a la afectación de la calidad del agua por las descargas de agua residual industrial y doméstica no tratadas, botaderos de residuos sólidos, criaderos de animales. Se ha considerado 11 estaciones de monitoreo para calidad del agua y 4 estaciones para calidad de suelo en época de estiaje, recopilando información de las entidades públicas DIGESA y ANA. Los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N°002-2008-MINAM para Agua y D.S. 002-2014-MINAM para Suelo. Los promedios de los resultados que excedían el ECA para agua en los siguientes parámetros: Cd (189%), Pb (141%), Hg (8.846%) Coliformes Totales (170,550%) y Coliformes Termotolerantes (371,704%). Exceden los ECA para suelo en los siguientes:

Cd Total (397%) y Hg Total (182%). Se concluye que el riesgo ambiental es de 92.61%, debido a los efluentes sin tratamiento previo que impactan de manera significativa en la calidad del agua y suelos agrícolas.

Reyes (2012) en su tesis titulada “*Estudio de la contaminación de las aguas del río Chillón*”, se ha evaluado la calidad del agua superficial y las actividades económicas que se benefician de este recurso durante del año 2008 hasta el 2010. En cuenca Baja se han considerado 14 estaciones de monitoreo desde Carabayllo hasta la desembocadura del río, usando los datos registrados por DIGESA. Los parámetros que han sobrepasado el ECA en casi todas las estaciones son: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales o Termotolerantes, Cobre, Arsénico y Fierro. La contaminación en la cuenca Baja del río Chillón se debe a las descargas de aguas residuales domésticas e industriales, residuos sólidos, criaderos de porcinos, curtiembres, actividades agropecuarias y papeleras. Afectando directamente al río Chillón, Reyes Cubas, indica que la calidad del agua del río Chillón no es apta para riego de vegetales y bebida de animales, siendo su principal fuente de contaminación la falta de saneamiento básico para los pobladores ribereños y el canal La Cachaza que vierte sus efluentes con altas concentraciones de materia orgánica.

Aliaga (2010) ha estudiado las variables ambientales, sociales, culturales y económicas de la cuenca baja del río Chillón y como ha influenciado sobre la calidad de vida de la población cercana al área de estudio. Se ha establecido 14 estaciones de monitoreo y los análisis se realizaron en los años 2004, 2005 y 2006. Se ha evaluado los siguientes parámetros: pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Coliformes fecales o Termotolerantes, Coliformes Totales, Cobre, Fierro, Arsénico, Plomo, Cadmio, Cromo, Zinc y Caudal. Las estaciones con mayor contaminación por Demanda Bioquímica de Oxígeno son: E6 (190 mg/L), E7 (170 mg/L), E8 (356 mg/L) para el año

2004. Concentraciones de Pomo para el año 2006 son de (0.12 mg/L) encontrándose por encima de los valores máximos permitidos en las estaciones E1, E3, E5, E7, E8 y E9. Asimismo, el Fierro en las estaciones E7 (1.22 mg/L), E8 (8.68 mg/L) y E9 (1.12 mg/L). Los análisis microbiológicos de Coliformes Fecales o Termotolerantes presentaron valores por encima de 4000 NMP/100 ml en las estaciones E7, E8, E11, E12, E13 y E14 para los años 2005 y 2006. Los análisis Físico, Químico y Microbiológico indican riesgo alto para la salud debido a la contaminación por descargas industriales, aguas residuales domésticas, botaderos de residuos sólidos y actividad porcina.

1.2.2. En el ámbito internacional

Chávez (2015) El río Cazonés es una de las principales cuencas hidrológicas de Veracruz - México, ya que los municipios con una población de 300 000 personas usan el agua del río como agua potable. Para este estudio se ha utilizado la metodología de Índice de Brown – NFS para determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA), con 9 parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Se ha considerado 3 estaciones de monitoreo y la evaluación se realizó entre abril del año 2013 hasta marzo del 2014, el resultado promedio de los parámetros de Fosfatos, DBO5 y Turbiedad según el Índice de Brown – NFS es MUY MALA, Coliformes Fecales es MEDIA, los parámetros de Temperatura y Sólidos Disueltos Totales es BUENA, los parámetros de Potencial de Hidrogeno, Nitratos y Oxígeno Disuelto es EXCELENTE. La calidad del agua tiene un valor de 63.94 unidades, lo que indica que presenta una Calidad Media. Los parámetros más críticos son Fosfatos, DBO5 y Turbiedad; no obstante, los Fosfatos no es un componente principal ya que la varianza no fue tan grande como en la Turbiedad, Sólidos Disueltos Totales y Coliformes Fecales. Según Chávez Martínez el arrastre de sólidos por lluvias en la parte alta de la cuenca genera altas concentraciones en los parámetros de Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales.

León (2014) La evaluación de Calidad de Agua de la microcuenca del río Conguime se ha trabajado con información proporcionada por SENAGUA y INIGEMM de 9 estaciones de monitoreo realizado en los meses de octubre a noviembre del año 2012 en los drenajes principales pertenecientes a las zonas de: Quebrada Conguime, Quebrada Chinapintza, Quebrada Guanguitza, La Herradura, Río Conguime, Sector Tres Cerritos, Pangui Alto, Sector La Pangui y Sector de la Minas de Conguime. La evaluación se ha realizado con el Índice de Brown – NFS para determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) en el cual se han considerado los parámetros: Temperatura, pH, Turbidez, DBO5, Nitratos, Fosfatos, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales y Coliformes Fecales. Las estaciones de mayor contaminación son Quebrada Chinapintza (69,05), La Pangui (68,08) y río Conguime (68,08) las demás estaciones de muestreo presentan un Índice de Calidad de Agua aceptable (buena) en el rango de 71 – 90. En los muestreos se evidencio presencia de Metales pesados como mercurio, plomo, Cianuro, Zinc, Cobre, Hierro y Arsénico, proveniente de las actividades mineras subterráneas de extracción de oro, Asimismo los efluentes residuales, domésticas, agrícolas y ganaderas de las comunidades cercanas generan un impacto negativo en la Calidad de Agua del río.

Villa (2011) En la subcuenca del río Yacuambi en Ecuador, se han establecido una red de monitoreo compuesta por 6 estaciones de monitoreo para evaluar la calidad del agua. El monitoreo se realizó en tiempo de estiaje durante los meses de septiembre y octubre. Utilizando el Índice de calidad del agua (ICA) propuesta por la NSF (Fundación Nacional de Sanidad de Estados Unidos de América) puede ser determinado como: Muy Mala (0-25), Mala (26-50), Media (51-70), Buena (71-90) y Excelente (91-100). Los resultados obtenidos de la agrupación de los parámetros considerados físico, químicos y microbiológicos de las 6 estaciones son los siguientes: Punto 1 (70,33), Punto 2 (70,10), Punto 3 (67,44), Punto 4 (73,87), Punto 5 (73,80) y Punto 6 (70,90). Los valores de los ICA en el río Yacuambi son

de 67,44 a 73,79 los indica una Calidad aceptable para los diferentes usos. En el tramo de estudio no existe contaminación antropogénica significativa. No obstante, se observaron zonas de extracción artesanal de oro en la ribera del cauce.

Ocasio (2008) en su tesis titulada “*Evaluación de la Calidad del Agua y Posibles Fuentes de Contaminación en un Segmento del Rio Piedras*”, ha evaluado la calidad del agua e identifico las normas vulneradas, establecidas en el reglamento de Estándares de calidad del agua de la Junta de Calidad Ambiental (JCA) de Puerto Rico y la norma de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA). El método utilizado para el desarrollo de este estudio fue el análisis físico, químico y microbiológico de muestras tomadas en 3 estaciones de monitoreo (EU, DE y CTV). Las muestras fueron recolectadas en época de avenida y estiaje. En la estación EU y CTV presenta resultados muy similares, los parámetros que sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental son: Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Aceites y Grasas, Magnesio y Arsénico. La estación DE se tomaron muestras en época de avenida, los parámetros que han superado el Estándar de Calidad Ambiental son: TSS, Magnesio (147 $\mu\text{g/L}$), Aceites y Grasas (3.7 mg/L). Según Ocasio Santiago la escorrentía pluvial urbana es la mayor fuente de contaminación al rio Piedras. Se ha identificado tuberías de desagüe, gasolineras, talleres mecánicos que se encuentran en la carretera 176. Se evidencio un aumento en concentraciones para todos los parámetros en el evento de lluvia y se sugiere desarrollar un plan educativo para concienciar a la población a prevenir la contaminación al rio.

1.3. Objetivos

- Objetivo General

Evaluar la calidad del agua por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer su grado de alteración en la cuenca baja del rio Chillón.

- **Objetivos Específicos**

1. Identificar las fuentes de contaminación natural y vertimiento de efluentes industriales y domésticos que influyen sobre la calidad del agua.
2. Evaluar los parámetros fisicoquímicos por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer el grado de alteración de la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.
3. Establecer la variación de las concentraciones de los metales pesados por el vertimiento de efluentes industriales durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer su grado de alteración de la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.
4. Evaluar los parámetros microbiológicos por el vertimiento de efluentes domésticos durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer el grado de alteración de la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica.

Porque, se toma como referencia estudios sobre determinación de los niveles de contaminación, desde diferentes perspectivas; las teorías y definiciones se vinculan con la realidad física del objeto de estudio, validando las bases teóricas establecidas. Asimismo, es objeto de discusión en el campo académico – científico, y sus resultados específicos se convertirían en complementos teóricos.

1.4.2. Justificación práctica

Porque, los resultados de la evaluación servirán de aporte en la implementación de lineamientos estratégicos para tomar acciones concretas en base a la realidad actual, mediante la identificación de fuentes contaminantes, impactos de los vertimientos domésticos e industriales que han afectado a lo largo del tiempo al objeto de estudio.

1.4.3. Justificación social

Porque, en el área de estudio existe población involucrada que se ve afectada directa o indirectamente por los vertimientos de efluentes debido a la falta de servicios básicos. Asimismo, el incremento de la población, aspectos sociales y políticos genera incremento de los vertimientos domésticos; Los beneficios de los resultados servirán como evidencia de la variación del grado de alteración de la calidad del agua para tomar medidas correctivas de manera oportuna.

1.4.4. Justificación económica

Porque, la evaluación de la calidad del agua servirá de complemento para actuar de manera oportuna en la implementación de medidas estratégicas, para la recuperación de la cuenca baja del río Chillón. El gobierno regional, local y municipios tendrán la oportunidad de generar espacios públicos y recreativos para fomentar el turismo, la recreación, caminatas y otras actividades que generarían ingresos y actividades económicas.

1.4.5. Justificación ambiental

Porque, con la evaluación de la calidad del agua se conocerá la variación y afectación de la contaminación en la cuenca baja del río Chillón. Asimismo, nos servirá como punto de partida para la implementación de lineamientos estratégicos para la conservación de un ambiente sano y en armonía con las actividades antropogénicas.

1.5. Hipótesis

- Hipótesis General

La calidad del agua presenta alto grado de alteración por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos en la cuenca baja del río Chillón.

- Hipótesis Específicos

1. Las fuentes de contaminación natural por vertimientos de efluentes industriales y domésticos que influyen en mayor magnitud sobre la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.
2. La calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón registra un alto grado de alteración en sus parámetros físicoquímicos que presentan por los vertimientos de los efluentes industriales y domésticos.
3. La calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón registra elevada concentración de los metales pesados por los vertimientos de los efluentes industriales.
4. La calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón registra un alto grado de alteración en los parámetros microbiológicos por los vertimientos de los efluentes domésticos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. *Vertimiento de efluentes*

El vertimiento de efluente es la disposición controlada o no de un residuo líquido que puede ser de tipo doméstico, industrial, municipal, minero u otro. Los vertimientos de efluentes que llegan a los cuerpos de agua como: ríos, lagos, mares, aguas subterráneas, océanos son regulados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que otorga el derecho de uso y reusó bajo el contexto de sostenibilidad y retribución económica.

Definición de Vertimiento

“Evacuación deliberada de desechos u otras sustancias físicas, químicas o biológicas al ambiente en su condición de cuerpo receptor”. Por ejemplo, tenemos los vertimientos de efluentes domésticos e industriales que van directamente a los cuerpos de agua sin recibir un tratamiento previo. (Ministerio de Producción–PRODUCE; 2020)

Definición de Efluente

La Autoridad Nacional del Agua – ANA (2016) hace referencia que *“Líquido o agua residual proveniente de actividades antropogénicas que pueden ser vertidas a un recurso hídrico o reusadas.”*

2.1.2. *Aguas residuales*

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA (2014), define a las aguas residuales como: aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por las actividades antropogénicas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado, estas aguas residuales se clasifican en:

a) Aguas residuales industriales

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso de producción, el cual incluye a todas las actividades empresariales provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otros. (p. 7)

b) Aguas residuales domésticos

Son efluentes de origen residencial y comercial que contienen desechos con materia orgánica y/o microbiológica, provenientes de las actividades antropogénicas cotidianas, y deben ser dispuestas previo tratamiento. (p. 7)

c) Aguas residuales municipales

Son aguas residuales domésticas que estarían mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de tipo industrial que han recibido previamente algún tipo de tratamiento, para ser vertidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (p. 7)

2.1.3. Calidad del agua

El agua es de vital importancia para el desarrollo y la salud de todos los seres humanos, así como de los seres bióticos, no existe ser vivo en el planeta que no necesite o no lo haya necesitado en algún momento para poder existir. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros o condiciones naturales que debe conservar el agua sin haber afectado su composición física, química y microbiológica, dependiendo del uso que le haya asignado, indican que el agua puede ser usada para diferentes antrópicas como: agua potable, recreación, riego y bebida de animales, entre otros.

La calidad del agua va depender de un conjunto de variables y factores que caracterizan a los diferentes tipos de cuerpos de agua en términos cuantitativos. Para su descripción se puede realizar de dos formas, por medio de la medición de las variables físicas, químicas y biológicas. Asimismo, utilizando un índice de calidad del agua con

información medibles. Ambas formas son aceptadas y los resultados de las mediciones deben ser interpretadas para definir la Calidad de los cuerpos de agua dependiendo del uso que se le haya establecido. (Sierra, 2011, p. 47)

Para establecer criterios que definan la Calidad, Sierra (2011) menciona lo siguiente:

Los criterios de Calidad deben estar basados en la observación científica de los efectos que producen los agentes contaminantes sobre las características naturales del agua. Según el tipo de uso de los recursos hídricos varía la importancia de los parámetros de calidad. Las variables seleccionadas y mediciones se deben interpretar según las normas o estándares de calidad establecidas para las condiciones propias del área de estudio. (pp. 118, 121)

La calidad del agua, ya sea para fines domésticos, para beber, para fines recreativos, producción de alimentos y otros usos, representa un impacto significativo en la salud. El agua de baja calidad puede causar brotes de enfermedades y contribuir a tasas de enfermedades en distintas magnitudes de tiempo. Se debe iniciar con gestionar la seguridad del agua ya que promueve no solo la salud pública sino también el desarrollo socioeconómico y bienestar de la población. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

Según, Villena (2018) indica lo siguiente:

La calidad del agua representa un valor ecológico muy importante para la salud y el crecimiento económico, debería ser una prioridad sanitaria. Tener un servicio de agua potable y saneamiento eficiente, Asimismo se podría mejorar en los siguientes aspectos: asegurar la salud, promover la productividad y desarrollar las capacidades de la población para mejorar su desempeño para reducir la pobreza. Existe una relación directa entre la calidad del agua y la pobreza de un país. (p. 305-306)

2.1.4. Propiedades del agua

Sierra (2011) señala lo siguiente:

Las propiedades del agua tienen otras propiedades físicas y químicas que la distinguen de otros líquidos, el agua en la naturaleza está en contacto con la atmósfera y el suelo, por lo que adquieren nuevos elementos que alteran su composición inicial. El agua químicamente pura solo existe en el laboratorio y su calidad es determinada mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos., Se describen las siguientes propiedades más importantes del agua:

- **La Densidad:** Se mide como masa por unidad de volumen. El Agua tiene su máxima densidad a 4°C y disminuye a partir de allí con la temperatura, lo que hace que la densidad del hielo sea inferior a la del agua líquida y, por consiguiente, flote en ella. La densidad es importante debido a que interviene en todos los procesos de tratamiento del agua. (Sierra, 2011, p. 53)
- **Viscosidad:** La viscosidad se define en términos prácticos como la resistencia que presenta el agua a la deformación, y por ello, es análoga a la fricción interna. En el agua, la viscosidad disminuye regularmente con la temperatura y cambia más rápidamente que la densidad. La viscosidad interviene en los procesos de coagulación y floculación en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, industriales u otro. (Sierra, 2011, pp. 53-54)
- **Calor específico (CE):** Es la cantidad de calor necesario para elevar 1°C la temperatura de 1 gramo de agua. En casi todos los líquidos el CE aumenta con la temperatura, pero en el agua tiene su mínimo a 35 °C, y este valor es mucho más elevado que otros compuestos como el alcohol, el benceno, etc., es por ello que se necesita una gran cantidad de calor para poder elevar la temperatura del agua, lo

que genera incremento en los costos de los procesos de tratamiento de agua como la destilación. (Sierra, 2011, p. 54)

- **Tensión Superficial:** En las moléculas de un líquido se presentan fuerzas naturales de atracción internas denominadas fuerzas de Van der Waals. En el agua, las moléculas de la capa superficial están atraídas entre sí y al mismo tiempo atraídas por las moléculas de las capas inferiores formándose en la superficie como una película delgada que es difícil de romper. En consecuencia, muchos elementos más densos que el agua llegan a flotar en ella. La energía necesaria para romper la capa es lo que se conoce como tensión superficial. La tensión superficial es un enlace importante en el intercambio de sustancias que van hacia adentro y hacia afuera del agua fijando su habilidad humectante y es importante en procesos de tratamiento del agua para remover las grasas, aceites y detergentes presentes en el agua dependiendo de su naturaleza. (Sierra, 2011, pp. 54-55)

2.1.5. Físico – química de las aguas naturales

Según Higuera y Oyarzun (2008) describen lo siguiente:

El agua es un compuesto vital que se encuentra en casi todos los procesos biológicos, es la base para formar vida en muchos organismos vivos. Así tenemos por ejemplo el agua de los mares y océanos que alberga diferentes formas de vida de la flora marina, que a su vez es la principal fuente de oxígeno del planeta. Asimismo, el agua también contiene oxígeno molecular (O_2), que es vital para la respiración de la fauna marina como los vertebrados (peces) e invertebrados (moluscos). La pérdida de oxígeno disuelto de los cuerpos de agua como los ríos y lagos produce la eutrofización, implicando la muerte de los organismos que viven y se benefician de esos ecosistemas.

Las aguas naturales de una determinada región pueden ser superficiales y subterráneas. Asimismo, las aguas superficiales pueden encontrarse formando parte de ríos, lagos, lagunas, embalses, mares y se encuentran en contacto permanente con la atmósfera. Por otro lado, las aguas subterráneas tienen un comportamiento diferente ya que se acumulan en el subsuelo de aguas de procedencias divergentes, que pueden tener dinámicas muy variadas, tenemos acuíferos confinados, que pueden contener aguas muy antiguas con acuíferos de decenas o centenares de miles de años, acuíferos kársticos con una dinámica muy rápida, así como también acuíferos asociados a cursos fluviales, ligados a la dinámica del río correspondiente. (Higueras y Oyarzun, 2008)

Sobre las aguas naturales se pueden considerar calidad química del agua y calidad biológica del agua. Estos factores están influenciados por las condiciones naturales de una región y por los factores antropogénicos, es decir, por el tipo de actividad humana existente en la zona. (Higueras y Oyarzun, 2008, Sección Minería e hidrosfera, párrafo 5).

Los parámetros más importantes a considerar son los siguientes:

- Potencial de Hidrogeno (pH)

Según Higueras y Oyarzun (2008) indican que, es la medida de la acidez y alcalinidad del agua, expresada por una escala entre 1 - 14, de forma que el valor 1 indica condiciones de máxima acidez, y 14, de alcalinidad extrema ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$). El valor de 7 indica la neutralidad, y es el más deseable para la mayor parte de las aplicaciones. Los valores más distantes indican alta reactividad, y son siempre indeseables ya que su composición química, física y biológica ha sido alterada y puede llevar a otros problemas, como un alto contenido en sales y metales pesados, debido precisamente a dicha reactividad. (párrafo 6)

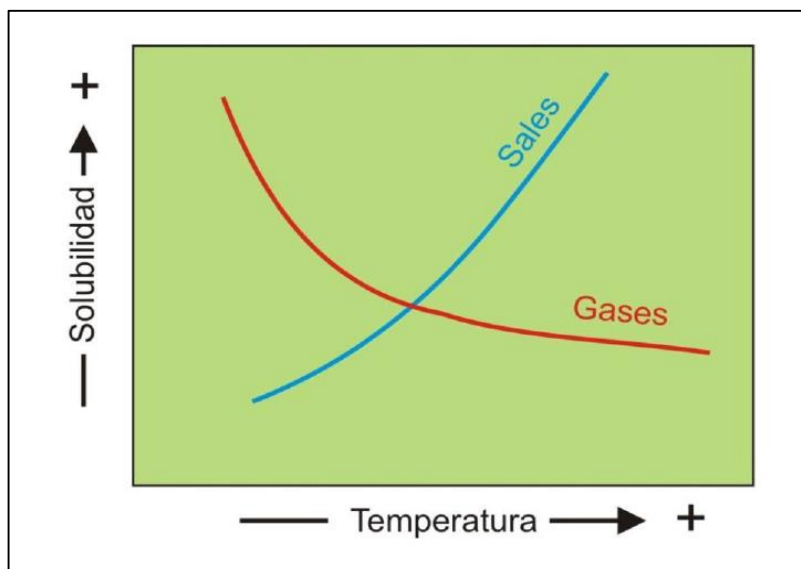
- Temperatura

Al respecto, Higuera y Oyarzun (2008) indican que la temperatura constituye otro tipo de contaminación de las aguas, denominado contaminación térmica. En este caso dependería del nivel térmico del aire en el ambiente natural de las aguas subterráneas, aunque en ocasiones presenta otras condiciones propias, ya sean naturales (aguas termales), o antrópicos (industrias que implican el calentamiento de las aguas. Al igual que en caso anterior, normalmente implica otros problemas. (párrafo 7)

En la figura 1 se observa la relación directa que se establece entre temperatura y solubilidad de iones, a mayor temperatura mayor solubilidad de iones, y menor en gases, factores ambos que degradan la calidad de las aguas, ya que aumentan su dureza y disminuye la capacidad de disolución de oxígeno. (párrafo 7)

Figura 1

Relación Entre Temperatura, Solubilidad de Sales y Gases



Nota. Adaptada de “Minería e Hidrosfera” (párrafo 7), por de Higuera y Oyarzun, 2008, Curso de Minería y Medio Ambiente.

- Contenido en gases

Al respecto, Higuera y Oyarzun (2008) describen lo siguiente:

La proporción de gases disueltos en las aguas naturales depende de diferentes factores, entre ellos la temperatura, presión (sobre todo en aguas subterráneas) y la presencia de gases (CO_2 , N_2 , C , SO_2) en la atmósfera en contacto. De entre estos valores conviene destacar el papel de CO_2 , puesto que supone la posibilidad de formar ácido carbónico, un ácido débil pero cuya abundancia hace que sea el principal de formar ácido carbónico, un ácido débil pero cuya abundancia hace que sea el principal factor de reactividad química de las aguas naturales a través de la reacción $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$. También tiene importancia, sobre todo a partir de ciertos niveles, la presencia de SO_2 , que origina condiciones ácidas. El dióxido de azufre es bastante soluble, de tal manera que se disuelve en el agua que se condensa alrededor del particulado aéreo: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$. (párrafo 8)

Con respecto al oxígeno “existen dos fuentes para la incorporación de este a las aguas superficiales: a) la atmósfera; b) la fotosíntesis. El oxígeno atmosférico se introduce en el agua debido a las perturbaciones físicas, tales como olas o turbulencias, que permiten atrapar a este elemento en su forma molecular (O_2). La cantidad de oxígeno disuelta en el agua está limitada por parámetros físicos como la temperatura y la presión atmosférica. Para una presión constante, a mayor temperatura menos solubilidad. Otros factores que limitan la disponibilidad de oxígeno en el agua son los biológicos y bioquímicos, e inorgánicos. Los primeros guardan relación con la respiración de los organismos acuáticos (peces), y la descomposición de estos en condiciones oxidantes (paso de compuestos tipo CH_n a CO_2). Entre los inorgánicos debemos destacar los procesos de oxidación de compuestos reducidos (p.ej., paso de pirita [FeS_2] a compuestos tipo goethita [FeOOH]). Como datos concretos,

los peces requieren unas 5-6 ppm de oxígeno disuelto para su actividad normal. Niveles del orden de 3 ppm son ya críticos, y entre 1-2 ppm un río no puede sostener un ecosistema que incluya peces” (Higueras y Oyarzun, 2008, párrafo 9).

Higueras y Oyarzun (2008) indican que, los contenidos en CO₂ son muy dependientes de dos parámetros: la temperatura y la acidez del medio (relaciones de equilibrio H₂O-CO₂-H₂CO₃). En aguas cálidas gran parte del CO₂ se va a la atmosfera. Por el contrario, en aguas frías el CO₂ se disuelve de la manera siguiente:



A su vez, el ácido carbónico sufre una primera disociación del tipo:



Higueras y Oyarzun (2008) mencionan lo siguiente, aquí interviene el segundo parámetro, la acidez del medio. En condiciones normales, los iones bicarbonato permiten tamponar de manera natural las aguas. No obstante, si aumenta fuertemente la acidez de las aguas, la concentración de ion bicarbonato disminuirá bruscamente en relación a la reacción anterior. Esto implica que la capacidad natural de tamponar decrece en similar proporción.

- Contenido en sales

Higueras y Oyarzun (2008). Las aguas naturales presentan un cierto contenido en sales que son importantes como nutrientes para los organismos vivos. La conductividad del agua es una medida que nos relaciona la capacidad del agua natural para conducir la electricidad en respuesta al contenido total en sales que presenta (dureza del agua). El contenido en sales implica la presencia de aniones y cationes, que tienen sus orígenes en reacciones de equilibrio gases-agua y disolución de los compuestos solubles de las rocas del entorno. Asimismo, los aniones más comunes son bicarbonato (HCO₃⁻), sulfato (SO₄²⁻) y

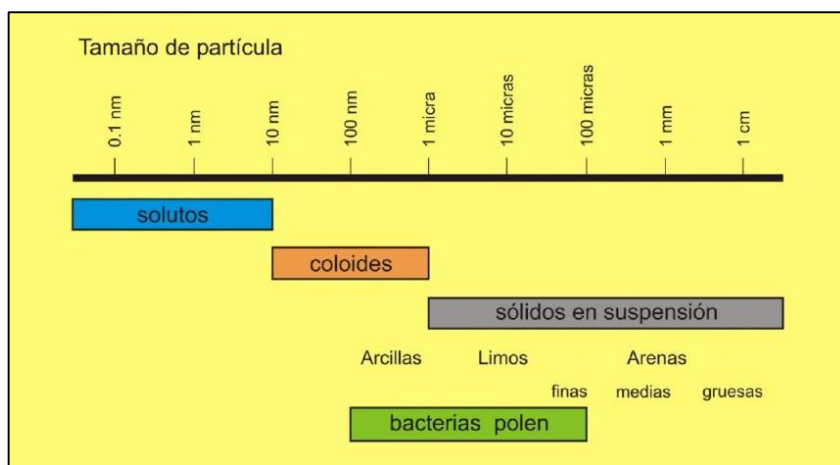
cloruro (Cl^-); y los cationes, Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ . Esencialmente importante para la vida de las plantas es el contenido en algunos aniones “nutrientes”: fosfatos (PO_4^{3-}) y nitratos (NO_3^-). No obstante, la excesiva abundancia de estos últimos aniones produce el fenómeno denominado “eutrofización”, que implica el crecimiento exponencial de las poblaciones de algas y la eliminación del oxígeno, ya que es consumido prioritariamente por estas.

- Sólidos en suspensión

Las aguas contienen partículas en suspensión, que son arrastradas por el agua y producen la turbidez más evidente. Son de dos tipos: suspensiones (geles en el estado de sol), y partículas en sentido estricto (partículas sólidas arrastradas). En la Figura 2 se pueden observar las partículas en suspensión. Forman un problema ya que se adhieren a una gran cantidad de contaminantes como los metales pesados (plomo o mercurio), microorganismos (bacterias), etc. En cuanto a la calidad del agua constituyen un factor negativo. Las arcillas, por su granulometría y particulares propiedades estructurales (armazón en capas, desequilibrio de cargas) juegan un papel muy importante. (Higueras y Oyarzun, 2008)

Figura 2

Tipo de Partículas Arrastradas por el Agua, Según su Granulometría.



Nota. Adaptada de “Minería e Hidrosfera” (párrafo 13), por de Higueras y Oyarzun, 2008, Curso de Minería y Medio Ambiente.

- Contenido orgánico

El contenido de las aguas naturales en materia orgánica puede tener muy diversas causas, antropogénicas o naturales. (Ver tabla 1)

Tabla 1

Principales Actividades Industriales y sus Efluentes o Residuos.

Fuente o Actividad	Contaminante Orgánico
Desechos humanos	Deposiciones, urea
Desechos alimenticios	Azucares, almidones, alcoholes, grasas, aceites, etc.
Basura	Papel, telas, cascaras, hojas de té, café molido, cascaras, etc.
Higiene	Jabones, detergentes, champú
Agricultura	Pesticidas, fertilizantes
Actividades industriales	Muy importantes y variados
Industria farmacéutica y petrolífera	Gama muy amplia de diferentes contaminantes
Otras industrias	Producen por lo general concentraciones muy elevadas de un único tipo de contaminantes.
Procesadoras de papel	celulosa
Mataderos	Sangre, restos orgánicos
Fabricación de alimentos	Azúcar

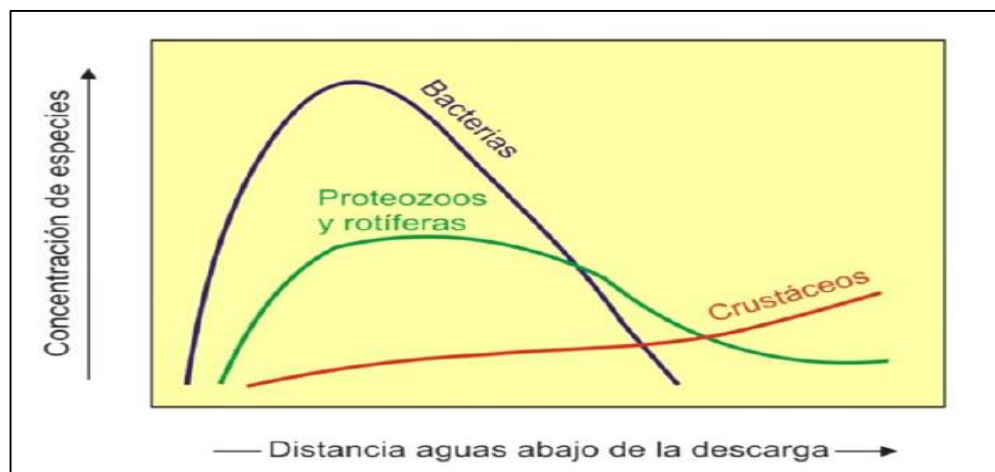
Nota. Adaptada de “Minería e Hidrosfera” (párrafo 14), por de Higuera y Oyarzun, 2008, Curso de Minería y Medio Ambiente.

Higuera y Oyarzun (2008) indican lo siguiente, estos componentes presentan doble problema para el ecosistema: por un lado, pueden ser perjudiciales, o producir efectos adversos, aunque no tóxicos: olor, color. Por otra parte, favorece la proliferación de

microorganismos ya que los contaminantes orgánicos son la base de su alimentación. (Ver figura 3)

Figura 3

Variación de Microorganismos en un Río al Alejarnos del Foco Contaminante



Nota. Adaptada de “Minería e Hidrosfera” (párrafo 15), por de Higuera y Oyarzun, 2008, Curso de Minería y Medio Ambiente.

“Este tipo de actividad biológica supone la degradación de la materia orgánica, dando origen, por lo general, a compuestos simples de menor toxicidad, lo que hace que decrezca progresivamente la concentración inicial de contaminantes orgánicos, y en ultimo termino, de los microorganismos al faltar sus nutrientes. Estos procesos también pueden producir un consumo anómalo de oxígeno, debido a que la reacción general implica es: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. El oxígeno que se consume en esta reacción es el oxígeno disuelto, necesario para las especies que viven en el agua” (Higuera y Oyarzun, 2008, Sección contenido orgánico).

Los parámetros que evalúan la calidad del agua desde el punto de vista biológico son la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y el Carbono Orgánico Total (COT). El DQO y DBO indican la cantidad de oxígeno que requeriría la materia orgánica en el agua.

2.2. Marco conceptual

Para la evaluación de la calidad de las aguas superficiales se han seleccionado diferentes parámetros fisicoquímicos, metales pesados y microbiológicos. Asimismo, los parámetros se describen a continuación:

2.2.1. Aceites y Grasas

La fracción de aceite y grasa de las aguas residuales se encuentran en los compuestos grasos de origen vegetal, animal, hidrocarburos y minerales compuestos. Son altamente inmiscibles con el agua y proceden mayormente de los residuos sólidos producidos por las actividades antropogénicas. Su eliminación durante el tratamiento de las aguas residuales debe ser completa, ya que alteran los procesos aerobios y anaerobios, forman películas en la superficie de los cuerpos de agua que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos de lechos de ríos, lagos y mares degradando el ambiente. (Vásquez, 2018, p. 88)

2.2.2. Coliformes Termotolerantes

Se conocen como Coliformes Termotolerantes a las bacterias del grupo de los Coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa entre 44 - 45 °C. En la mayoría de las aguas residuales domésticas, el género que predomina es *Escherichia*, pero existen otros tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* que también son Termotolerantes. Se denomina organismos Coliformes a las bacterias gramnegativas que tienen forma de bastoncillos. La *Escherichia Coli* se diferencia de los demás Coliformes Termotolerantes por su capacidad para generar indol, está presente en concentraciones muy elevadas en las heces humanas y animales, y normalmente se encuentran en los ríos cuando existe contaminación fecal. (Vásquez, 2018, p. 89 - 90)

2.2.3. Conductividad Eléctrica (C.E)

Indica la presencia de iones en el agua, nos ayuda a medir la capacidad del agua para conducir la electricidad, puede provenir de una base, un ácido o una sal, que se encuentra

disociadas en iones. El agua natural presenta iones en disolución y su conductividad es proporcional a los electrolitos. (Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, s.f., pg. 26)

2.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O)

La demanda bioquímica de oxígeno nos indica el consumo de oxígeno necesario en el agua, para la degradación bioquímica de la materia orgánica por acción de los microorganismos existentes en los cuerpos de agua, mayormente los análisis de muestras de agua se realizan durante un período de cinco días, en la oscuridad y a una temperatura de 20 °C. Un gran número del DBO indica que se requiere grandes cantidades de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en los cuerpos de agua. (Vásquez, 2018, p. 87)

2.2.5. Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O)

La DQO mide la cantidad de compuestos que pueden estar disueltas o suspendidas en los cuerpos de agua, capaces de ser oxidadas por medios químicos utilizando por ejemplo el ácido clorhídrico. Se usa para medir el grado de contaminación por la materia orgánica y su expresión es en miligramos de oxígeno por litro (mg O₂/l). El método pretende medir principalmente concentraciones de materia orgánica, pero puede sufrir alguna interferencia por no seguir los procedimientos adecuados y/o por la presencia de compuestos inorgánicos que pueden sufrir alguna oxidación como por ejemplo: sulfuros, sulfitos, yoduros, etc. (Vásquez, 2018, p. 88)

2.2.6. Escherichia Coli

La *Escherichia Coli* pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Es una bacteria Gram negativa, anaerobia con forma de bacilos capaz de generar indol y se encuentra en las heces de origen humano y animal. Se emplea mayormente como indicador de la contaminación por microorganismos biológicos de tipo fecal en el ambiente. En condiciones del ambiente con alta temperatura, favorece el crecimiento microbiano de la *Escherichia Coli*. La vía de infección primaria en humanos es la ingestión, pueden ocasionar gastroenteritis, diarreas y vómitos

intensos, deshidratación. Frecuentemente es mortal sino se trata adecuadamente. En la actualidad se reconoce la presencia de bacterias patógenas emergentes, como la *Escherichia Coli*, entero patógeno que está causando diarreas y colitis hemorrágica. (Murrell et al., 2013, pg. 26-27)

2.2.7. Huevos de Helmitos

Los helmintos son animales invertebrados con forma de gusano, en las aguas superficiales se presentan huevos de dos grupos: los Nematodos y los Platelmintos. Los huevos tienen características peculiares ya que son de color parduzco con una capa externa gruesa y los fecundados con forma elíptica. Los agentes patógenos en la transmisión por aguas superficiales son las bacterias, virus y protozoos, helmintos y cianobacterias. Ellos pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde una gastroenteritis simple hasta severos o fatales, cuadros de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea. La transmisión puede ser a través del agua que se consume, agua que se usa como riego y también por medio de los alimentos mal lavados y contaminados con estos patógenos. (Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, s.f., pg. 77)

2.2.8. Metal Pesado

Los metales pesados se encuentran naturalmente en el ambiente, son miembros de un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Se incluyen principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos. Entre los metales pesados más significativos en la calidad del agua tenemos: El Plomo (Pb), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu). Asociado con los minerales y en otras definiciones más específicas se basan en la densidad, número atómico o peso atómico y otros en sus propiedades químicas o de toxicidad para los seres vivos. (Vásquez, 2018, p. 85 - 86)

2.2.9. Nitratos y Nitritos

Los nitratos son compuestos inorgánicos que todas las plantas necesitan para crecer, se encuentran en la litosfera en forma de sales sódicas y potásicas. Se libera cuando las bacterias descomponen la materia orgánica del suelo, por disolución de rocas y efluentes industriales. La principal actividad que genera nitratos es la agricultura, donde se utilizan abono y fertilizantes nitrogenados para las cosechas. El Nitrato es un nutriente esencial para el desarrollo de las especies vegetales terrestres y acuáticas, es un compuesto inorgánico cuyo símbolo químico del Nitrato es NO_3 . El nitrato mayormente no es peligroso para el ambiente y la salud de las personas. Por otro lado, si es peligroso cuando se reduce a Nitrito (NO_2). Las concentraciones elevadas de nitratos favorecen el crecimiento de algas causantes de la eutrofización. Además, causan trastornos sanguíneos. (Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, s.f., pg. 47)

2.2.10. Oxígeno Disuelto (O.D)

Es el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua debido a la aireación y a la fotosíntesis de las plantas acuáticas. El oxígeno disuelto es de vital importancia que favorece las condiciones aeróbicas en aguas naturales que reciben materia polucionada. Los niveles de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua van a depender de las actividades fisicoquímicas y bioquímicas que ocurren en el agua y su presencia es una condición fundamental para el desarrollo natural del ambiente, evitando la descomposición anaeróbica de la materia orgánica. Las principales fuentes de oxígeno en el agua son la aireación y la fotosíntesis de las algas, su remoción se debe a la respiración de los vegetales, demanda bioquímica de oxígeno de los materiales orgánicos y sedimentos de aireación. Es importante la temperatura, presión y salinidad para la concentración de oxígeno. El análisis de oxígeno disuelto es una prueba clave en el control de la calidad del agua y para el control de los procesos de tratamiento de aguas residuales. (Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, s.f., pg. 47)

2.2.11. Potencial de Hidrógenos (pH)

El término pH expresa las concentraciones y actividad del ion Hidrógeno, en general se usa para medir cuantitativamente o cualitativamente la condición ácida o alcalina de una solución, no necesariamente la acidez alcalinidad total. (Vásquez, 2018, p. 86)

2.2.12. Sulfatos

Son sales o los esteres del ácido sulfúrico, su presencia naturalmente se puede dar por las aguas que atraviesan terrenos ricos en yesos o por las actividades antrópicas que generan efluentes de tipo industrial. El ion sulfato incrementa la salinidad de las aguas y en presencia de otras sales aumenta su solubilidad. Después de los cloruros, el agua de riego con exceso de concentración de sulfatos puede quemar las hojas. En algunos casos agudos las hojas de las plantas pueden presentar quemaduras en los bordes, los sulfatos limitan la absorción del calcio y facilitan la del Sodio. Las aguas naturales no contienen altas concentraciones de sulfatos, en cantidades significativas la calidad del agua puede tener efectos sobre el sabor y actuar como laxantes. (Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, s.f., pg. 67)

2.2.13. Temperatura

Es un indicador importante de la calidad del agua por su influencia en el desarrollo de la vida acuática e incide en las reacciones químicas y cambios de otros indicadores como el Potencial de hidrogeno, Conductividad eléctrica, materia orgánica, entre otros parámetros. Un cambio brusco de la temperatura puede generar aumento de la mortalidad de especies acuáticas y su influencia en la calidad del agua se genera como efecto de la relación que se establece entre la temperatura y la solubilidad de gases y sales: la relación entre la temperatura y la solubilidad de sales es directa, mientras que la relación entre la temperatura y los gases corresponde a indirecta. Ambos factores determinan el proceso de una baja calidad de agua, debido a que disminuyen la capacidad de disolución de oxígeno. (Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, s.f., pg. 7)

2.3. Marco legal ambiental

La Constitución Política del Perú – Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales. La Constitución Política del Perú de 1993, en su artículo 2º, inciso 22, establece que “Toda persona tiene derecho a la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida”. Asimismo, los artículos 66º, 67º, 68º y 69º establecen que los recursos naturales, renovables y no renovables son patrimonio de la Nación, siendo el Estado el promotor del uso sostenible de éstos.

Decreto Legislativo N°635, Código Penal del año 1991; menciona las penas privativas de libertad a las personas que descarguen, comercialicen o viertan desechos industriales o domésticos en zonas no autorizadas, con mayor sanción si el causante es funcionario o servidor público.

La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, Conforme al artículo N°1. Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente. así como a sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y desarrollo sostenible del país.

En su artículo N° 9, cuando se refiere a la Política Nacional del Ambiente que su objetivo es mejorar la calidad de vida de las personas y garantizar la permanencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales a largo plazo; y el desarrollo sustentable del país, mediante la preservación, cuidado y recuperación del ambiente y sus componentes, la

conservación y el aprovechamiento racional y sostenible de los recursos naturales, de una forma responsable y congruente con el respeto a los derechos esenciales de la persona.

En su Artículo N° 31, trata sobre el Estándar de Calidad Ambiental, y lo define como: La medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Acorde al artículo N° 114. Cita que el acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población, y que le corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan para abastecimiento de la población, sin perjuicio de las responsabilidades que correspondan a los particulares. En caso de escasez del recurso hídrico, el Estado asegura el uso preferente del agua para abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.

Acorde al artículo N° 120. Establece que el Estado, tiene el deber de la protección de la calidad del recurso hídrico del país. De esta manera el Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fine de su reúso, considerando como antecedente la obtención de la calidad necesaria para su reutilización, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizaran.

Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos, del 31 de marzo de 2009, esta ley tiene por finalidad normalizar el uso y gestión integrada del agua, la participación del Estado y los privados en dicha gestión, basándose en los principios de valoración del agua, priorizar el acceso al agua, participación de los ciudadanos y cultura del agua, seguridad jurídica, el

respeto de los usos de agua por las comunidades campesinas y nativas, sustentabilidad, descentralización, prevención, eficiencia., gestión integrada y tutela jurídica; en este sentido se ha creado el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, siendo la Autoridad Nacional del Agua el ente rector y la máxima autoridad técnico normativa la cual está integrada por el Consejo Directivo, Jefatura, Tribunal de Resolución de Controversias Hídricas, Órganos Desconcentrados denominados Autoridades Administrativas del Agua y Administradores Locales del Agua; y Órganos de Apoyo. Para el uso del agua y su vertimiento se ha fijado una retribución económica cuyas tarifas están de acuerdo al uso de infraestructuras hidráulicas mayores y menores, por el servicio de monitoreo y por la gestión de las aguas subterráneas. La presente ley deroga el Decreto Ley N° 17752, Ley General de Aguas y su reglamento el Decreto Supremo N° 261-69-AP.

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N° 001-2010 - AG, en su Artículo 103 trata sobre la protección del agua, indica que, la protección del agua tiene como finalidad la prevención y deterioro de su calidad; proteger y mejorar el estado de los cuerpos naturales y los ecosistemas acuáticos; implantar medidas; específicas para eliminar o minimizar progresivamente las causas que generan su contaminación y degradación.

Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM. En la presente norma se aprueban las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua, en él se establecen precisiones con respecto a las Categorías y Subcategorías de los Estándares de Calidad en función a los usos del agua. En este Decreto Supremo se especifican los criterios y consideraciones para asignar categorías a los cuerpos de agua, implementar los Estándares de Calidad en zonas intangibles, delimitación de la zona de mezcla y los criterios

y exigencias a tener en cuenta para verter efluentes en los cuerpos receptores, también se indican los casos en que la aplicación de los Estándares de Calidad requiera hacer una excepción en el cual se debe presentar estudios geoquímicos u otro tipo de estudios técnicos que indiquen que la presencia de sustancias o compuestos en el agua que superen los Estándares de Calidad Ambiental.

Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. La presente Resolución aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad del Agua de los Recursos Hídricos Superficiales. En el cual se establecen los parámetros mínimos q medir en los cuerpos de a fin de hablar de calidad del agua. Asimismo, nos brinda de lineamientos a seguir para realizar dicho monitoreo de calidad del agua.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023.2009-MINAM y el Decreto Supremo 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental para agua quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta norma modifica algunos valores de algunos parámetros correspondientes a algunas categorías de los Estándares de Calidad y mantiene a su vez algunos otros establecidos por los anteriores Decretos Supremos.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Compila las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N°002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N°023-

2009-MINAM y el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo.

Las categorías establecidas para los estándares de calidad ambiental para agua son:

- Categoría 1: Poblacional y Recreacional.
- Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.
- Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo es una investigación descriptiva y aplicativa con un enfoque cuantitativo. Ya que describe la realidad tal y como se desprende de la observación directa que realiza el analista y/o del conocimiento que ha adquirido a través de la lectura o estudio de las informaciones aportadas por otros autores. Por consiguiente, se trata de un método cuya finalidad es representar la información sobre una realidad y cuantitativo porque se realiza un monitoreo de calidad de agua, gráficos y mediciones; con la finalidad de compararlos con el ECA para Agua – D.S. N°004-2017-MINAM.

3.1.1. Diseño de la investigación

La presente investigación tiene diseño No experimental-Longitudinal, ya que no se desarrollan ensayos o experimentos que pretendan modificar la variable del objeto de estudio, se ha tomado muestras en el cuerpo acuático para ser analizados en el laboratorio y obtener resultados cuantificables, los mismos serán comparados posteriormente con valores guías. Es un estudio ex post facto, que investiga las posibles relaciones de causa–efecto observando hechos o manifestaciones que tuvieron lugar. Se dice Longitudinal porque recolectamos datos a través del tiempo para observar cambios, sus determinantes y consecuencias.

3.1.2. Nivel de la investigación

El presente estudio es de nivel correlacional no experimental en el cual se evalúa la relación estadística entre los vertimientos de efluentes y su alteración en la calidad del agua del río Chillón, que va comparar los resultados desde el año 2012 hasta el año 2019.

3.2. Ámbito temporal y espacial

El ámbito temporal de la presente investigación comprende el periodo desde el año 2012 hasta el 2019. La información obtenida es de la Autoridad Nacional del Agua (ANA),

desde el año 2012 hasta el 2017 y se realizó 2 monitoreos de la calidad de agua del río Chillón durante el año 2019 en época de avenida (febrero) y estiaje (mayo).

El amito espacial comprende un tramo del río Chillón en la cuenca baja con una superficie de 296.713 km² y longitud del río principal de 25 km que recorre los distritos de Carabaylo, Comas, San Martín de Porres, Los Olivos, Puente Piedra y Ventanilla, en el Departamento de Lima. En la tabla 2 se describen las coordenadas del objeto de estudio.

Tabla 2

Ubicación de Coordenadas en UTM de la Cuenca Baja del Río Chillón

Vértices	Coordenadas UTM WGS84- Zona 18S		Área (km ²)
	Norte	Este	
V1	8701252.64	278479.57	296.713
V2	8694898.53	283701.49	
V3	8690734.22	289274.42	
V4	8681976.19	283293.63	
V5	8676006.62	276710.29	
V6	8679882.96	268480.08	
V7	8684966.61	272113.85	
V8	8694316.51	271830.29	

Nota. Elaboración propia.

3.3. Variables

La variable independiente y dependiente se describen en la siguiente tabla 3 Operacionalización de variables.

Tabla 3

Operacionalización de Variables

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Vertimiento de Efluentes	Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad (Compendio Ambiental MINAM, 2010).	Agua residual de tipo orgánica e inorgánica procedente de la actividad industrial y doméstica que son vertidos directamente al río Chillón, el cual presenta sustancias tóxicas que deben ser evaluados mediante los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que no deben exceder los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).	Parámetros fisicoquímicos	Temperatura	°C	Ficha de registro, Métodos estandarizados, Equipos de campo y laboratorio.
					Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH de 0-14	
					Conductividad Eléctrica	uS/cm	
					Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	
					Metales pesados	mg/L	
					Nutrientes (Nitritos, Nitratos y Sulfatos)	mg/L	
					Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	
				Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		
				Parámetros microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	
					Huevos y Larvas de Helmintos	NMP/100 ml	
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100 ml						
DEPENDIENTE	Calidad del Agua	La calidad del agua va depender de un conjunto de variables y factores que caracterizan a los diferentes tipos de cuerpos de agua en términos cuantitativos. Para su descripción se puede realizar de dos formas, por medio de la medición de las variables físicas, químicas y biológicas. Asimismo, utilizando un índice de calidad del agua con información medibles. Los resultados de las mediciones deben ser interpretadas para definir la Calidad de los cuerpos de agua dependiendo del uso que se le haya establecido (Sierra, 2011, p. 47).	Son las características fisicoquímicas y microbiológicas que presenta los cuerpos de agua en estudio, el mismo que está sujeto a un determinado uso y condiciones naturales del recurso hídrico, la evaluación será aplicada al cuerpo receptor en nuestro caso es el río Chillón.	Parámetros fisicoquímicos	Temperatura	°C	Ficha de registro, Métodos estandarizados, Equipos de campo y laboratorio.
					Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH de 0-14	
					Conductividad Eléctrica	uS/cm	
					Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	
					Metales pesados	mg/L	
					Nutrientes (Nitritos, Nitratos y Sulfatos)	mg/L	
					Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	
				Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		
				Parámetros microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	
					Huevos y Larvas de Helmintos	NMP/100 ml	
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100 ml						

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

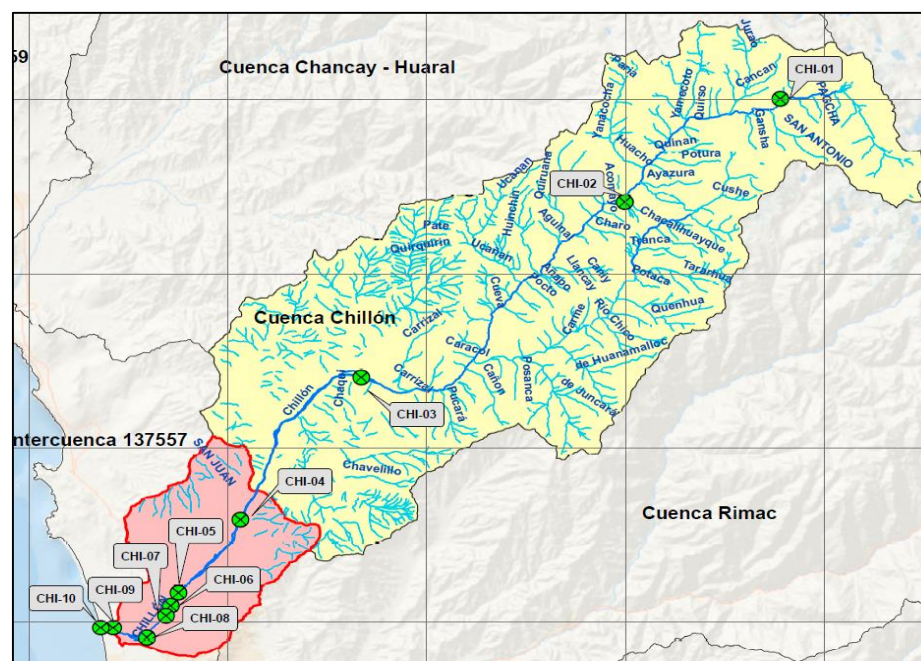
Nuestra población o universo es la cuenca baja del río Chillón con una extensión de 296.713 km², se ha realizado previamente un mapa de ubicación y un análisis satelital (Google Earth) para conocer la accesibilidad de las estaciones de monitoreo.

3.4.2. Muestra

La muestra consta de 10 estaciones de monitoreo en la cuenca del río Chillón, las cuales han sido seleccionadas a criterio del experto (asesor) en la cual se ha considerado tomar 1 estación (8.5 litros) en cuenca alta como Blanco, 2 estaciones (17 litros) en cuenca media como referencia y 7 estaciones (73.5 litros) en la cuenca baja, estas últimas estaciones se encuentran dentro del área de estudio. En el caso de la ubicación de las estaciones de monitoreo se ha considerado las estaciones propuestas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en sus informes de evaluación de recursos hídricos en la Cuenca del río Chillón. (Ver figura 4)

Figura 4

Estaciones de Monitoreo en la Cuenca del Río Chillón



Nota. Levantamiento de información año 2019. Elaboración propia.

3.5. Instrumentos

Para realizar las determinaciones de los diversos parámetros de campo, fisicoquímicos y microbiológicos de cada una de las muestras tomadas en las estaciones de monitoreo, se consideraron los siguientes instrumentos de escritorio, campo y de laboratorio.

3.5.1. Instrumentos de escritorio

La información cartográfica que se ha utilizado son las elaboradas para esta investigación (Ver en Anexo Mapa N° 6 Monitoreo Ambiental). Del cual se ha identificado con coordenadas UTM WGS84 los puntos de monitoreo ambiental. Se han usado los shapefile de las entidades del Ministerio del Ambiente y de la Autoridad Nacional del Agua.

A continuación, se detallan los equipos que se han utilizado.

- Para el procesamiento de información y redacción de la tesis se ha utilizado una computadora portátil Core i7 marca DELL N° Serie: 41577596030
- Impresora Epson modelo: XP-401 (Impresión en físico de la presente investigación)
- Programa ArcGIS 10.4.1. (Para la elaboración de Mapas y generación de información)
- Office 2016 (Elaboración y redacción de la presente investigación)
- Excel 2016 (Para realizar los gráficos y tablas)

3.5.2. Equipos de campo

- Cámara Fotográfica Sony DSC-W800 (Toma fotográfica de las estaciones de monitoreo y análisis de muestras en Laboratorio ambiental)
- Multiparametro de campo (Se usó para medir Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica y Potencial de Hidrógenos)
Marca: Hach
Modelo: Sension 156.
- Medidor pH (Para medir el Potencial de hidrogeno y Temperatura en campo)

Marca: Hanna

Modelo: HI 98107

3.5.3. *Instrumentos de laboratorio*

- Métodos estandarizados

- Espectrómetro de Absorción Atómica (Para medir Metales Pesados)

Marca: Thermo Scientific

Modelo: S Series.

Medidas o lecturas: 65 Elementos (Incluye todos los metales pesados).

- Generador de Hidruros (Para medir concentraciones de Metales Pesados)

Marca: Thermo Scientific

Modelo: VP 100.

Medidas o lecturas: Plomo, Cadmio, Hierro, Zinc y Cobre.

- Espectrómetro Visible (Por método Colorímetro se mide las muestras de Nitratos, Nitritos y Sulfatos)

Marca: Thermo Scientific

Modelo: Genesis 6.

Medidas o lecturas: Parámetros medibles entre $\lambda = 400-750$ nm.

- Reactor Digital (Para calentar muestras de Demanda Química de Oxígeno)

Marca: Hach

Modelo: DRB 200.

Temperatura: 0-150 ° C

Tiempo: 30-120 Minutos.

- Incubadora (Para dejar muestras de Demanda Bioquímica de Oxígeno por 5 días)

Marca: Shel Lab.

Modelo: LI-5-2.

Temperatura: -10 a 45 ° C

- Estufa de secado (Usado para secar las muestras de Aceites y Grasas)

Marca: Steel Products.

Modelo: S/M.

Temperatura: 0 a 300 ° C

- Plancha de calentamiento (Para Digestión de muestras en medio ácido)

Marca: Thermo Scientific

Modelo: Type 2200.

Temperatura: 0 a 300 °C

- Balanza Analítica (Para pesar compuestos químicos, preparar reactivos y pesaje de muestras de Aceites y Grasas)

Marca: Bamersac

Modelo: AS 220/C/2.

Rango: Máximo hasta 220 g.

- Campana Extractora (Para extracción de gases de digestión)

Marca: Quimis.

Modelo: S/M.

- Congeladora Horizontal (Para guardar muestras de agua)

Marca: Electrolux

Modelo: AS 220/C/2.

Rango: - 18 a 10 ° C

3.6. Procedimientos

3.6.1. *Etapa preliminar*

- Elección del Área de Estudio

Para definir el área de estudio se identificó al río Chillón como uno de los sistemas acuáticos aparentemente contaminados debido al color y olor de sus aguas superficiales. Asimismo, por los reportes periodísticos, estadísticas municipales y regionales. En la franja marginal se puede observar tuberías que vierten sus aguas residuales domésticas e industriales en el río Chillón.

3.6.2. *Etapa de trabajo en campo*

Se ha considerado 10 estaciones de monitoreo a criterio del investigador los cuales 3 se realizó en cuenca alta y media. Las últimas 7 estaciones se evaluaron dentro de nuestra área de estudio en cuenca baja. Se ha considerado los criterios establecidos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para determinar las estaciones de monitoreo en base a la identificación de fuentes contaminantes y accesibilidad del área de estudio descritos en los informes técnicos de resultados de los monitoreos en el periodo (2012-2017). Para la toma de muestras se realizó de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales R.J. N° 010-2016-ANA.

En la tabla 4, se observa la descripción de las estaciones de monitoreo el cual inicia en cuenca alta con la estación CHI-01. Asimismo, cuenca media en las estaciones CHI-02 y CHI-03. Para finalizar en cuenca baja con las estaciones: CHI-04, CHI-05, CHI-06, CHI-07, CHI-08, CHI-09 y CHI-10. La Delimitación temporal – espacial se realizó en época de avenida (febrero) y estiaje (mayo) del año 2019.

Tabla 4*Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua*

Código	Coordenadas UTM - WGS84		Altura (m.s.n.m.)	Descripción
	Este	Norte		
CHI-01	335580	8740100	3807	50 metros después de la confluencia con la quebrada Torococha. Kilómetro 134.5 carretera Lima- Canta.
CHI-02	319934	8728232	2299	100 metros aguas abajo del rio Chillón con la intercepción de la Quebrada Cóndor Huinco. Kilómetro 92.5 carretera Lima-Canta.
CHI-03	293427	8708087	938	100 metros aguas abajo del Puente Magdalena. Kilómetro 5 carretera Lima - Canta.
CHI-04	281281	8691750	360	Rio Chillón, 500 metros aguas debajo de la planta de SEDAPAL
CHI-05	275045	8683304	146	Rio Chillón, puente peatonal cerca de la avenida San Juan
CHI-06	274272	8681821	116	Rio Chillón, 100 metros antes del Puente Chillón- Panamericana Norte. A la altura de un puente de madera
CHI-07	273778	8680668	96	Rio Chillón, altura del Puente Milton Jiménez
CHI-08	271877	8678182	66	Rio Chillón, 200 metros aguas abajo del Puente Peatonal Nueva Esperanza
CHI-09	268481	8679276	30	Rio Chillón, 800 metros aproximadamente aguas arriba del puente Néstor Gambeta
CHI-10	267220	8679284	19	Desembocadura del rio Chillón a la playa Márquez, después del enrocado

Nota. Elaboración propia.

3.6.3. *Etapa de trabajo en laboratorio*

Los análisis de los parámetros microbiológicos fueron analizados por Analytical Laboratory E.I.R.L. (ALAB), los resultados están acreditados por International Accreditation Service (IAS). Por otro lado, los análisis de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados se realizaron en el Laboratorio de Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua, se han usado diferentes métodos estandarizados fundamentados en principios y leyes, los cuales se describen a continuación:

- *Método Espectrometría de Absorción Atómica de Llama (Métodos Normalizados APHA-AWWA-WPCF.3111 A. 1989) / Determinación de Metales Pesados*

Según indica (Vásquez, 2018), El equipo de Espectrometría de Absorción Atómica que a su vez es dirigida por medio de una computadora debe realizarse previamente el ajuste de calibración mediante soluciones patrones, el equipo funciona de la siguiente manera: colocada la muestra en Fiola de 100 ml en medio ácido el equipo dirige un rayo luminoso a través de una llama a un monocromador y sobre un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado en la llama. Cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción, se utiliza como fuente relativamente libre de interferencias espectrales o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de concentraciones limitado por las soluciones patrón. (pp. 112 – 113)

- *Método Colorimétrico de la Sulfanilamida (Bendschneider y Robinson – 1952) / Determinación de Nitritos.*

Por este método, primero se prepara 3 soluciones estándar con la solución Patrón y el Blanco, se vierte las muestras en probetas, para determinar su concentración se hace reaccionar con una amina aromática, sulfanilamida en solución ácida. El compuesto diazo resultante se hace reaccionar con N-1-Naftil Etilendiamina y forma un tinte azo altamente coloreado, luego de colocar el Blanco y soluciones estándar en el espectrómetro visible, nos indicara la intensidad de longitudes de onda que es proporcional a la concentración de nitritos presente en cada una de las muestras de agua. (Vásquez, 2018, p.113)

- *Método colorimétrico por Reducción de Cadmio (Merck - Organic Reagents For Trace Analysis) / Determinación de Nitratos.*

Según (Vásquez, 2018), luego de preparar las 3 soluciones estándar y el Blanco, la determinación de nitratos en agua está basada en la reducción de los nitratos a nitritos, por acción de la columna de Cadmio. Luego de esta reducción se procede a la determinación de los nitritos. El resultado será de la diferencia entre los nitratos convertidos a nitritos y, los nitritos hallados anteriormente. (p. 113)

- *Método Colorimétrico por SulfaVer 4 / Determinación de Sulfatos*

Según se describe en el Manual de Análisis de Agua (Hach Company,2000), previamente se prepara 3 soluciones estándar con la solución Patrón y el Blanco, luego de realizar el ajuste de calibración en el equipo espectrómetro visible se procede a determinar cada una de las muestras, los iones de sulfato reaccionan con el bario en el reactivo de sulfato Sulfa Ver 4 y forman una turbidez de sulfato de bario insoluble de color blanco. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato que contiene cada muestra.

- *Método de Winkler o Iodométrico (Winkler, L.W. 1888) / Determinación de Oxígeno Disuelto*

Se basa en la adición de una solución de manganeso divalente, seguido de un álcali fuerte, a la muestra contenida en un frasco con tapón de vidrio. El oxígeno disuelto oxida rápidamente una cantidad equivalente del precipitado disperso de hidróxido manganeso divalente a hidróxidos con mayor estado de valencia. En presencia de iones yoduro, en solución ácida, el manganeso oxidado revierte al estado divalente, con liberación de yodo equivalente al contenido original de oxígeno disuelto. Entonces se valora el yodo con una solución patrón de tiosulfato (Vásquez, 2018, p.114).

- *Método de la Dilución (Mc Gowan, Frye y Kersman 1913) / Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)*

Es un ensayo de simulación en el cual se usa un procedimiento estandarizado para determinar los requerimientos de oxígeno para una población microbiana heterogénea y en donde se establece la materia orgánica biodegradable presente en un agua residual, efluentes y aguas poluidas (Vásquez, 2018, p. 114).

Según el autor (Vásquez, 2018), los métodos de dilución tienen por principio establecer una dilución de aguas ricas en materia orgánica con una muestra que aporte el oxígeno disuelto, la muestra debe permanecer en la incubadora durante 5 días a una temperatura de 20 °C donde las condiciones operatorias están bien determinadas.

- *Método Gravimétrico de Evaporación (J. Bouquiaux, A. Mertens, Tribune Du C.B.E.D.E. 1960) / Determinación de Aceites y Grasas*

Según describe el método (Vásquez, 2018), para la extracción de aceites y grasas se emplean varias fracciones de tricloroetileno las que se agitan constantemente durante 15 minutos aproximadamente soltando los gases, con la muestra de agua a pH 5. Se deja decantar durante 30 minutos y se separa las impurezas de la muestra que se observa en la superficie, las fracciones del solvente se vierte en un vaso precipitado de 50 ml previamente tarada, se secan

en baño maría a 80 °C y se enfrían en un desecador, luego se llevan a la balanza analítica para obtener la concentración por diferencia. (p. 115)

3.6.4. Etapa de trabajo en gabinete

Después de realizar los análisis fisicoquímicos y obtener los resultados microbiológicos, los resultados de las 10 estaciones son evaluados según el uso del recurso hídrico. Asimismo, los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas por el ANA durante el periodo (2012-2017). Las muestras tomadas en cuenca alta y media se comparan con categoría 1, Subcategoría A2: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, específicamente Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Las muestras tomadas en cuenca baja se comparan con categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de animales.

3.7. Análisis de datos

Se ha obtenido data de los resultados de monitoreos de calidad de agua realizados por el ANA en la cuenca del río Chillón desde los años 2012 hasta el 2017 y se realizó un monitoreo para la presente investigación en el año 2019 en época de avenida y estiaje, con el fin de determinar las concentraciones de los parámetros de campo: Potencial de Hidrogeno, Conductividad Eléctrica, Temperatura y Oxígeno Disuelto. Asimismo, los parámetros fisicoquímicos: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Aceites y Grasas. Además, los elementos metálicos: Cadmio, Cobre, Hierro, Plomo y Zinc.

De los resultados del análisis de los datos cuantitativos se evalúa los niveles de concentración de las variables y mediante la estadística se permitirá describir y poner de manifiesto las principales características de las variables tomadas de cada estación de monitoreo individualmente. Para evaluar cada una de las variables se utilizará el programa Ms.

Excel 2016. Este programa nos ayudara a dar a conocer la evaluación mediante figura de gráficos de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y elementos metálicos que han sobrepasado el Estándar de Calidad Ambiental para agua.

3.8. Consideraciones éticas

Para la elaboración de la presente investigación, se da cumplimiento a la ética profesional, con los principios fundamentales de la moralidad individual, social y practico, a través de normas de conducta, para el bien común, con juicios de valor de naturaleza racional en marcadas en los estatutos de la UNFV-FIGAE, dando obligatoriedad a los principios de integridad, competencia profesional, objetividad y confidencialidad del comportamiento profesional.

Durante el desarrollo prevalecen los valores éticos, como proceso llevado de manera organizada, integral, coherente, secuencial y racional en busca de nuevos conocimientos, con el propósito de establecer la verdad y coadyuvar al desarrollo de las ciencias ambientales. Se respetan autorías de teorías, resultados de monitoreo, opiniones u otra información que son citados en esta investigación.

IV. RESULTADO

4.1. Identificación de las fuentes de contaminación natural y vertimientos de efluentes industriales y domésticos, para la evaluación de la calidad del agua

4.1.1. Caracterización del ambiente físico

Se describen las condiciones ambientales presentes en la zona de estudio, el ambiente físico se representa en las siguientes características: pendiente de la cuenca, clasificación de suelos, cobertura vegetal, hidrografía, clima y meteorología de acuerdo a la ubicación de la zona de estudio. (Ver en anexo D, Mapa N° 1: Ubicación del área de estudio)

- Pendiente

El área de estudio de la cuenca baja presenta pendientes bajas con elevaciones poco pronunciadas el cual favorece la accesibilidad hacia el río Chillón. En la tabla 5, se observa el tipo desde pendiente muy suave que representa un área de 125.08 km², pendiente suave 101.13 km². Subiendo hacia la cuenca media y alta se encuentran pendientes moderadas con un área total de 29.25 km², pendiente de tipo escarpada con 16.48 km² y pendientes de tipo abrupta con 24.77 km², siendo las pendientes de tipo muy suave en mayor porcentaje del área de estudio con un 42.16% del área total del área de estudio. (Ver en anexo D, Mapa N° 2: Pendientes)

Tabla 5

Pendiente de la Cuenca Baja del Río Chillón

Tipo de Pendiente	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Pendiente Muy Suave	125.08	42.16
Pendiente Suave	101.13	34.08
Pendiente Moderada	29.25	9.86
Pendiente Escarpada	16.48	5.55
Pendiente Abrupta	24.77	8.35
Total	296.71	100.00%

Nota. Elaboración propia.

- Clasificación de suelos

Los suelos del área de estudio, se presentan suelos con morfologías y características variadas en base a la heterogeneidad de materiales parentales o litológicos a su topografía variada. Se tiene suelos superficiales y ligeros de textura media a fina con elementos gruesos de grava y pedregosidad. (Ver en anexo D, Mapa N° 3: Clasificación de Suelos)

El área de estudio se encuentra en la asociación de Litosoles, Regosoles, Fluvisoles y Solonchaks, según la asociación de suelos establecidos en el Mapa mundial de suelos.

FAO-Unesco (1971), nos describe lo siguiente:

Litosoles: Su topografía es mayormente escarpada y fuertemente socavada, mayormente se encuentran combinados con la rocosidad y pedregosidad, esto lo convierte en suelos inadecuados para la actividad agrícola. Generalmente los litosoles no son aptos para la agricultura tradicional ni moderna. Sin embargo, existen algunas zonas muy fértiles que pueden ser usados para la agricultura. (p. 120)

Regosoles: Se presentan como formaciones de dunas a lo largo de la costa y suelen contener grandes cantidades de carbonato cálcico libre. En climas secos presentan un alto contenido de minerales meteorizables, pero debido a su capacidad baja de retención de agua se emplea muy poco para la actividad agrícola. La mayoría de los regosoles presenta bajos niveles de elementos nutritivos para las plantas y por ello demanda el uso de fertilizantes. (p. 124)

Fluvisoles: Se encuentran asociados a varias clases de gleysoles. Se describen solamente los que ocupan las partes mejor avenadas de las cuencas de los ríos, en la costa del pacífico el aprovechamiento de las tierras es muy variado y se relaciona con el clima y la densidad poblacional. Los Fluvisoles son considerados como los mejores suelos para la actividad agrícola y disponen de

mayor suministro de agua. En la región costera del Perú muchos Fluvisoles tienen cultivos de regadío, entre ellos principalmente la caña de azúcar y el algodón, son probablemente los suelos más intensivamente cultivados. (p. 120)

Solonchaks: Estos suelos presentan pendiente suave y son poco adecuados para la agricultura tradicional en las zonas húmedas y subhúmedas, donde la salinidad se encuentra en relación directa con la topografía, como las presas de avenamiento sin desagüe. Estos suelos se pueden mejorar logrando la lixiviación de las sales por método de rehabilitación física, biológica e hidrológica sin afectar la fertilidad del mismo. (p.129)

De acuerdo a la asociación de suelos establecidos en el Mapa mundial de suelos de la FAO-Unesco. La cuenca baja del río Chillón se enmarca en una asociación de l-Re-c, je7 -3a y l-c que se encuentran en dirección Sur - oeste cerca al litoral del océano pacífico. Siendo el de mayor extensión je7-3a. (Ver tabla 6).

Tabla 6

Clasificación de Suelos

Clasificación de Suelos	Nombre	Área (ha)	Porcentaje (%)
l-Re-c	Litsoles y Regosoles éutricos de pendiente escarpada	2700.69	9.1
l-c	Litsoles de pendiente escarpada	10642.83	35.87
je7-3a	Fluvisoles éutricos de textura fina y solonchaks gléyicos de pendiente suave	16327.74	55.03
Total		29671.26	100

Nota. Elaboración propia.

- Uso Actual de Suelos

Mientras que la Clasificación de los suelos, califica básicamente la aptitud del mismo, el uso actual implica el empleo real de cualquier porción de terreno. Se ha identificado 3 tipos de uso actual de suelo, los cuales son: zona de actividad agrícola, área escarpada sin vegetación y zona urbana. (Ver en anexo D, Mapa N°4: Uso Actual de Suelos).

La cuenca del río Chillón se encuentra ocupada principalmente por área escarpada sin vegetación (65.05%), seguida por zona urbana (30.76%) y zona de actividad agrícola (4.18%). En el área de zona urbana los usos del suelo son fundamentalmente: zona residencial, industrial, comercial y el recreacional, predominando el uso residencial. (Ver tabla 7)

Tabla 7

Clasificación de Uso Actual de Suelos

Uso Actual de Suelos	Área (ha)	Porcentaje (%)
Zona urbana	9127.86	30.76
Área escarpada sin vegetación	19302.56	65.05
Zona de Actividad Agrícola	1240.84	4.18
Total	222231.5	100

Nota. Elaboración propia.

- Zona Urbana: Son las áreas dedicadas al desarrollo de las actividades antropogénicas y desarrollo poblacional de ciudades, considerados como centros poblados importantes.

- Área Escarpada sin Vegetación: Son áreas donde la vegetación es escasa con suelos áridos, no son considerados aptos para la agricultura por la falta de nutrientes en los suelos y otros factores geológicos de la zona.
- Zona de actividad Agrícola: Son áreas que son utilizadas para la actividad agrícola, mayormente se producen vegetales de tallo corto para la demanda local ya que existe disponibilidad de agua. Reyes (2012) describe lo siguiente: “En la parte baja la agricultura que se practica es intensiva y bajo riesgo permanente. Las áreas de cultivo, se encuentran en los sectores de relieve más suaves y a lo largo de las laderas montañosas que circulan el río, aquí tenemos cultivos rotativos. Predominan los cultivos intensivos (hortalizas), los que siembran hasta en tres campañas al año. Los principales cultivos que se desarrollan son: tomate, maíz, papa, camote, algodón, habas, oca, frejol, alverja, col, etc.” (p. 45)
- Hidrografía e Hidrología

El río Chillón tiene su origen en la laguna de Chonta a 4850 msnm en la cordillera de la Viuda, tiene una distancia de 126 km y presenta una pendiente promedio de 3.85%.

El área de estudio se encuentra en la cuenca baja del río Chillón, la cual pertenece a la vertiente del Pacífico. En la tabla 8, se puede observar el área total de la cuenca baja del río Chillón de 296.71 km², la cual se ubica entre los 0 - 1619 m.s.n.m., el perímetro de la cuenca baja es de 84 km y la fuente principal hídrica con una longitud de 25 km., la altura promedio del área de estudio es de 811.5 m.s.n.m., los distritos por los que pasa el curso del río son: Comas, Carabaylo, Puente Piedra, San Martín de Porres y la provincia constitucional del Callao. (Ver en anexo D, Mapa N° 6: Hidrografía)

Tabla 8*Datos Hidrográficos de la Sub Cuenca Baja del Rio Chillón*

Parámetros	Cuenca Baja Chillón	Cuenca Chillón
Área	296.713 km ²	2222.315 km ²
Longitud del río principal	25 km.	116.54 km
Perímetro	84 km.	306.09 km
Altitud	0- 1619 m.s.n.m.	0 - 4850 m.s.n.m.
Altura promedio	811.5 m.s.n.m.	2400 m.s.n.m.

Nota. Elaboración propia.

- Cobertura vegetal

En el área de estudio se han reconocido tres (3) tipos de coberturas vegetal. En la tabla 9, se puede observar: Desierto costero, Área urbana y Loma. Según el Mapa de Cobertura Vegetal (MINAM,2015) tomando en cuenta los parámetros climáticos, altitudinales, edáficos y de unidades de vegetación. (Ver en anexo D, Mapa N° 5: Cobertura Vegetal)

La cuenca baja del río Chillón se encuentra ocupada principalmente por Desierto costero con (20346.86 ha.) seguida por el área urbana (9127.86 ha) y Loma (196.54 ha).

Tabla 9*Cobertura Vegetal*

Cobertura Vegetal	Área (ha)	Porcentaje (%)
Desierto costero	20346.86	68.57
Área urbana	9127.86	30.76
Loma	196.54	0.66
Total	29671.26	100

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se describen las unidades

- Desierto costero: El desierto costero comprende amplias planicies y llanuras secas, rocas sedimentarias, colinas y cerros bajos. Caracterizado por presentar unas condiciones climáticas extremadamente áridas con escasa vegetación.
- Área Urbana: Son áreas donde se encuentra la mayor parte de las poblaciones y por consiguiente mayores actividades antropogénicas como: El comercio, Industria, construcción, servicios básicos de salud y educación entre otros.
- Loma: Según el Ministerio del Ambiente – MINAN (2015), este tipo de vegetación se ubican en las estribaciones andinas que se encuentran cerca al mar en el desierto costero, desde Lima hasta Tacna. La Loma se forma por las temperaturas bajas de la corriente peruana, produciendo capas densas de neblina durante el invierno austral (junio – setiembre), que al encontrarse con los vientos andinos se produce un tipo especial de vegetación que van desde la orilla del mar hasta los 1000 metros de altitud aproximadamente. (p. 63)
- Zonas de vida

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida del Dr. Leslie Holdrige enmarcadas en las tres regiones latitudinales que cubren el país y la Guía Explicativa: Mapa Ecológico del Perú, publicado por INRENA 1995. En la tabla 10, se observa que el área de estudio incluye 3 zonas de vida, las cuales son: Desierto desecado subtropical (dd-S), Desierto perárido Montano Bajo Subtropical (dp-MBS) y Desierto superárido Subtropical (ds-S). (Ver en anexo D, Mapa N° 8: Zonas de Vida).

Tabla 10*Zonas de Vida*

Nomenclatura	Zonas de Vida	Área (ha)	Porcentaje (%)
dd-S	Desierto desecado subtropical	20426.87	68.84
dp-MBS	Desierto perárido Montano Bajo Subtropical	6835.90	23.04
ds-S	Desierto superárido Subtropical	2408.49	8.12
	Total	29671.26	100.00

Nota. Elaboración propia.

- Desierto desecado subtropical (dd-S)

Según el Mapa Ecológico del Perú elaborado por INRENA (1995) describe sobre la zona de vida (dd-S) lo siguiente:

Se encuentran a lo largo del litoral peruano comprendiendo a las planicies y partes bajas de los valles costeros, desde el nivel del mar hasta 1800 metros de altitud. El relieve topográfico es plano y ligeramente ondulado, variando a abrupto en los cerros aislados. La topografía de la zona es plana a ligeramente ondulado, presenta cementaciones salinas, cálcicas y con incipiente horizonte A superficial, conformada por grupos Yermosoles cálcicos, Solonchaks, Fluvisoles, Regosoles y Litosoles. En esta Zona de Vida no existe vegetación o es muy escasa, potencialmente en la mayoría de las tierras de esta zona, eriazas, es posible mediante riego, llevar a cabo o fijar una agricultura de carácter permanente y económicamente productiva. (pp. 41-42)

- Desierto perárido Montano Bajo Subtropical (dp-MBS)

Según lo descrito por INRENA (1995) explica lo siguiente:

Ocupa la porción inferior e intermedia del lado occidental andino, entre los 2000 y 2400 metros de altitud; siendo la topografía de la zona mayormente accidentada, con pendientes pronunciadas que sobrepasan el 70%, cambiando con algunas áreas de topografía más suave. Los suelos son mayormente Litosoles. Asimismo, presenta zonas de grupos de Xerosoles de textura media y Andosoles vitricos. La vegetación es escasa y se circunscribe a hierbas anuales de vida efímera, dominando las gramíneas, así como los arbustos. (pp. 69 – 70)

- Desierto superárido Subtropical (ds-S)

Según explica el INRRENA (1995) lo siguiente:

Geográficamente se extiende a lo largo del litoral peruano, comprendiendo los llanos costeros del norte y las estribaciones bajas de la vertiente occidental andina, entre el nivel del mar y los 1000 metros de altitud. Su relieve varía desde plano u ondulado hasta inclinado a empinado. Los suelos son generalmente profundos, de texturas variables que acumulan calcio y yeso. La vegetación es un tanto más abundante que otras zonas costeras donde aparecen arbustos xerófilos, en los lugares más húmedos propio de las riberas de los valles aluviales irrigados o secos. (pp. 53-54)

- Geología

Los aspectos geológicos del área de estudios se desarrollaron como base de información del Mapa Geológico del Perú 2018 realizado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el Boletín N° 4 serie C, Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Chillón, elaborado por el INGEMMET (1979). Esta información sirve para identificar detalladamente las unidades litoestratigráficas del área de estudio, la que se localiza en el sector SE de los cuadrángulos 24j Chosica y 24i de Chancay. (Ver en Anexo D, Mapa N° 9: Geología).

Las unidades estratigráficas están identificadas en la figura 5, corresponden a unidades que cronológicamente varían desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario holoceno, los cuales se describen a continuación:

➤ El Jurásico Superior

- Grupo Puente Piedra (JsKi-vs)

Según el Mapa Geológico del Perú realizado por el (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET, 2018), está conformada por cuatro unidades litoestratigráficas: Formación Cerro Blanco (Ki-cb), está conformado por derrames andesíticos, afaníticos intercalados con areniscas de origen piroclástico y volcánicos dacíticos y andesíticos; Formación Ventanilla (Ki-v), contiene limolitas y arcillas abigarradas intercaladas con limonitas y areniscas limosas; Formación Puente Inga (Ki-pi), conformada por lutitas tobáceas muy fosilíferas intercaladas con derrames volcánicos; Formación Santa Rosa (Jski-sr), se adopta esta denominación a lo volcánicos andesíticos, intercalados con areniscas feldespáticas pizarrosas, derrames andesíticos brechoides.

➤ El Cretácico Inferior a Superior

- Formaciones Gigantal y Hualhuani (Ki-c)

En el Mapa Geológico del Perú elaborado por el INGEMMET (2018), se reconoce con este nombre a la Formación Marcavilca (Ki-mar), compuesta por areniscas cuarzosas de grano medio a fino de color gris verdoso, marrón y blanquecino con estratificación paralela que se encuentra muy pocas superficies de este tipo en comparación a las demás unidades litoestratigráficas.

- Grupo Morro Solar (Ki-mc)

El INGEMMET (1979) indica lo siguiente: se encuentran en las Lomas de Carabayllo y en el sector de Comas, con un grosor de 200 metros aproximadamente, correspondiente a la Formación Marcavilca (Ki-mar) y la Formación Herradura (Ki-h). La primera, se compone de

lutitas limolíticas rojas o grises y en la parte superior areniscas gris verdosas, con capas de lutitas laminares. La segunda formación, consiste en areniscas gris verdosas, intercaladas con lutitas micáceas gris oscuras. Actualmente en el Mapa Geológico del Perú realizado por el INGEMMET (2018), señala que el Grupo Morro Solar se encuentra ubicado en el Cretácico inferior.

- Grupo Lima: Formaciones: Pananga, Muerto y Pariatambo (Ki-m)

Según el Mapa Geológico del Perú realizado por el INGEMMET (2018), se encuentra conformado por la Formación Atocongo (Ki-at) y la Formación Pamplona (Ki-pa). La primera contiene calizas de color gris clara a beige, altamente silicificado por metamorfismo termal. La segunda contiene areniscas intercaladas con lutitas y calizas, con algunos niveles de margas calcáreas.

- Grupo Casma. Formaciones Lancones (Kis-vs)

Según el INGEMMET (1979) “En la zona de estudio consiste de diferentes unidades litoestratigráficas de naturaleza volcánico-sedimentaria, las que suprayacen a la Formación Atocongo. En el río Chillón, aflora en ambos márgenes del tramo medio, tomando un rumbo general NO-SE con buzamientos que oscilan entre 45° y 55°, en los flancos de un sinclinal abierto. En la parte inferior, alternan aglomerados andesíticos o dacíticos con derrames andesíticos, riolíticos, algunas capas delgadas de lutitas, areniscas, lodolitas y calizas”. (pp. 12-13)

➤ El Cretácico Superior - Unidades Intrusivas

- Super Unidad Patap, Gabro Lancones (Ks-gb, di)

El Mapa Geológico del Perú del año 2018, indica específicamente que la unidad litoestratigráfica sería de tipo Gabrodiorita (Ks-bc/pt-gbdi) y pertenece a la Super Unidad Patap. Según el INGEMMET (1979) la Superunidad Patap, está conformada por intrusiones de composición gabro-diorítica, los cuales afloran en los márgenes de cuerpos tonalíticos mayores.

Son rocas resistentes a la erosión que exhiben en algunos casos elevaciones destacables, su coloración es oscura, con alteraciones de sus minerales primarios. (pp. 16-17)

- Super Unidades: Tiabaya y Linga – Plutones: Paraíso y Lachay (Ks-mgr, gd)

Según el Mapa Geológico del Perú realizado por el INGEMMET (2018), se encuentra dentro del Batolito de la Costa, específicamente en la Super Unidad Santa Rosa como Tonalita, diorita (Ks-bc/sr-tn,di). Según el INGEMMET (1979) la Superunidad Santa Rosa constituye mayormente en la parte central de la cuenca del Chillón. La conforman diferentes tipos de rocas que van desde dioritas a granodioritas, cuyos componentes principales son cuarzo, plagioclasas y feldespato potásico, conjuntamente con hornoblenda y biotita. (p. 17)

- Cuerpos Subvolcánicos e intrusivos menores (Ks-and, ri)

Según el Mapa Geológico del Perú del año 2018, la unidad litoestratigráfica sería específicamente de tipo Andesita (Ks-and), se encuentra en el margen izquierdo del río Chillón, se reconocen intrusiones hipabisales mayormente de tipo andesita.

➤ Cuaternario Pleistoceno

- Formación Cañete. Depósitos aluviales antiguos (Qp-c)

En el Mapa Geológico del Perú 2018 se describe esta unidad como Depósito aluvial pleistocénico (Qp-al), compuesta por conglomerados, cantos de rocas intrusivas y volcánicas, gravas subangulosas e intercalado con arenas limos y arcillas. Según el INGEMMET (1979), Los Depósitos Aluviales son acumulaciones aluvionales, depositados por acción de los huaycos y cursos fluviales en épocas de grandes avenidas. Estos depósitos se caracterizan por su heterogeneidad y desorden en la deposición y están constituidos por bloques, rodados, gravas, de naturaleza variada, con una matriz areno limosa. (pp. 14-15)

➤ Cuaternario Holoceno

- Depósitos aluviales recientes, eólicos, coluviales (Qh-c)

En el Mapa Geológico del Perú realizado por el INGEMMET (2018) describe como 2 subunidades: Deposito eólico (Q-eo) y Deposito marino (Q-ma).

Según describe el INGEMMET (1979), los Depósitos eólicos son extensos provenientes de arena eólica, de grano mediano y anguloso, que en conjunto se caracteriza por su color amarillento. La mayor parte se encuentran emplazados en el margen derecho del río Chillón, desde la Pampa de Huarangal hasta el borde del mar. Las acumulaciones más extensas y potentes se encuentran en el área de la Pampilla, donde la arena llena las cumbres de la mayoría de los cerros circundantes. Los depósitos marinos, están representados por acumulaciones de arenas finas de color gris. El depósito principal de este tipo se encuentra en el borde inferior de las Pampas de Ventanilla, hasta el borde de la playa y alcanza un ancho aproximado de 2 kilómetros. (p. 16)

- Deposito aluvial (Qh-al)

El INGEMMET (2018) describe la presente unidad como: Acumulaciones de fragmentos rocosos heterométricos y heterogéneos (arenas, cantos, bolos, etc.) son redondeados a subredondeados por las corrientes del río Chillón y depositados en forma de terrazas.

Figura 5

Geología Local

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		
				UNIDADES INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Qh-al	Depósito aluvial.	Ks-and,ri Cuerpos Subvolcánicos e intrusivos menores. Ks-mgr,gd Super Unidades: Tiabaya y Linga. Plutones: Paraíso y Lachay. Ks-gb,di Super Unidad Patap, Gabro Lancones.
			Qh-c	Depósitos aluviales recientes, eólicos, coluviales.	
		PLEISTOCENO	Qp-c	Formación cañete. Depósitos aluviales antiguos.	
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR			
			Kis-vs	Grupo casma. Formación Lancones.	
		INFERIOR	Ki-m	Grupo Lima. Formaciones: Pananga, Muerto y Pariatambo.	
			Ki-mc	Grupo Morro Solar.	
		Ki-c	Formaciones Gigantal y Hualhuani.		
	JURÁSICO	SUPERIOR	JsKi-vs	Grupo Puente Piedra.	
	INFERIOR				

Nota. Unidades litoestratigráficas del área de estudio, elaboración propia.

- Geomorfología

Según es el estudio realizado por la Municipalidad Metropolitana de Lima (2013) describe la geomorfología como: “La cuenca del río Chillón se encuentra en el borde occidental del continente Sudamericano configurado por la Cordillera de Los Andes, la Repisa Continental, la Plataforma continental submarina, el Talud Continental y la Fosa Abisal; que recorren longitudinalmente el territorio peruano, en cuya parte central se encuentra la cuenca del río Chillón”. (p. 227) (Ver en Anexo D, Mapa N° 10: Geomorfología)

Geomorfológicamente la cuenca del río Chillón es el resultado de deterioro glacial, pluvial y fluvial que han ocurrido durante los procesos de Glaciación y Deglaciación durante

el Período Cuaternario (4 glaciaciones). En la tabla 11, se observan las unidades geomorfológicas de la cuenca baja del río Chillón, los cuales son: Repisa Continental Costanera y Montañoso definidas a continuación:

A) Repisa Continental Costanera: Se ubica entre el Mar y la Cordillera de Los Andes, debido a los procesos de levantamiento tectónico en diferentes bloques (levantados y hundidos), erosión marina, acumulación aluvial deltaica y al emplazamiento de la Cordillera Costanera; han dado origen a la formación de una Zona amplia donde se diferencian las pampas, colinas y montes áridos y desérticos.

- Campos de dunas: Debido a la acumulación de arenas en las playas de Oquendo – La Pampilla, Ventanilla, Santa Rosa, Ancón y Pasamano. En la Zona Costanera se diferencian dos clases de campos de dunas: Dunas de edad Pleistocénico y Dunas de edad Holocénico reciente.

- Cordillera Costanera: “La falla longitudinal, durante el proceso de levantamiento de la plataforma Continental en el borde continental se ha formado una serie de Cordilleras en forma de Cadenas longitudinales y paralelas al litoral, que se han denominado Cordilleras Costaneras; como las que se encuentran en el Borde Continental de la cuenca del río Chillón y la Inter – cuenca Ancón. Se han formado las Siguietes Cadenas costaneras: Costanera Oquendo (159 metros de altitud), Costanera Chillón – Ventanilla – Santa Rosa – Ancón (400 metros de altitud) y Costanera Pasamano (700 metros de altitud)”. (p. 248)

B) Montañoso: Constituye la estructura orogénica que se encuentra ligado a la Cordillera Occidental de Los Andes, los procesos naturales de desgaste intenso han dado lugar a diferentes unidades geomorfológicas y el grupo Los Espolones Montañosos andinos Transversales formado en parte de la cuenca baja del río Chillón. (p. 249)

- Espolones Montañosos Andinos Transversales: Se encuentra ubicado desde la Repisa Continental entre los 200 y 3880 metros de altitud. Los procesos de desgaste eólico y fluvial descendente desde las cimas de la divisoria Continental de la Cordillera Occidental en la

Cordillera La Viuda, han dado lugar a cadenas montañosas transversales separadas por valles y cañones, denominados Espolones. En este Sistema se ubican nueve unidades geomorfológicas que se describen a continuación. (p. 250)

a) Colinas bajas (EM-cb). - Colinas rocosas de laderas redondeadas con menos de 50 metros de altura y áridas.

Tabla 11

Datos Geomorfológicos

Unidades Geomorfológicas	Área (ha)	Porcentaje (%)
Vertiente montañosa empinada a escarpada	13357.04	45.02
Valle y llanura irrigada	7538.93	25.41
Vertiente montañosa moderadamente empinada	4233.84	14.27
Centros poblados	3254.67	10.97
Llanura ondulada	1286.78	4.34
Total	29671.26	100

Nota. Elaboración propia.

- **Clima y Meteorología**

Según la clasificación climática del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), que toma como referencia la metodología de Werren Thornthwaite, el área de estudio se caracteriza por presentar un clima de tipo desértico semicálido, con deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año y con humedad relativa, calificada como húmeda. Los factores más influyentes de este tipo de clima, en la zona de estudio son: la baja altitud, su ubicación latitudinal y su topografía llana. Estos factores intervienen de manera determinante

en los rasgos climatológicos como los niveles existentes de humedad, precipitación, amplitud térmica y los regímenes eólicos.

Para la caracterización climatológica de la cuenca baja del río Chillón se consideraron los registros de la estación meteorológica Huarangal, como estación representativa por encontrarse cerca del área de estudio, se registra un periodo de 10 años.

A continuación, en la tabla 12 se muestran las principales características que presenta la estación meteorológica de donde se realizaron las mediciones:

Tabla 12

Estación Meteorológica

Estación Meteorológica	Departamento/ Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Huarangal	Lima	Ancón	11° 47' S	77°6' W.	300

Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

Los datos meteorológicos analizados, para el desarrollo del presente estudio, son: temperatura, precipitación, humedad relativa, dirección y velocidad del viento.

- Temperatura

Su variación está ligada al factor altitudinal, va disminuyendo a medida que ésta aumenta. El decrecimiento de la temperatura con la altura recibe la denominación de Gradiente vertical de temperatura (GVT), definido como un cociente entre la variación de la temperatura y la variación de altura, entre dos niveles. En la tabla 13, se observa la temperatura total mensual del área de estudio y en la tabla 14 los valores máximos, mínimos y promedios de temperatura, según los registros de la estación Huarangal entre los años 1999 y 2009, es de 20.2 °C, presentando temperatura mínima en el mes de Agosto (15.5°C, mínima media anual) y los mayores en el mes de Marzo (25.4°C, máxima media anual).

Tabla 13*Temperatura Total Mensual (°C)*

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	22.5	24.3	24.3	22.6	20.3	17.1	15.7	16.2	16.9	18.4	19.1	20.9
2000	22.7	25.2	25.2	24.4	19.9	16.3	15.6	15.8	17	18.6	19.5	21.7
2001	23.7	25.7	26.2	23.7	19.2	16.2	15.5	15.6	16.2	17.7	19	21.4
2002	23.3	24.8	25.5	23.3	21.2	16.4	14.4	14.3	16.2	18.7	19.2	21.5
2003	22.3	24.9	24.7	22.8	20.3	17.5	16.3	15.7	15.8	18.5	19.9	21.1
2004	23.5	25	25.3	23.5	20.3	15.4	16	16.4	17.2	18.6	20.1	23
2005	24.2	25.2	25.3	24	20.1	16.7	16	16.4	16	18.5	19.2	21.4
2006	24.5	25.9	25.7	23.8	20.7	17.4	16.9	16.6	17.5	18.2	19.5	20.1
2007	23.4	25.4	24.9	24.2	21.1	16.9	15.4	14.7	15.8	18.5	19.4	21
2008	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2009	24.2	25.6	26.2	25.4	18.2	17.1	15.8	15.7	17.2	19.3	19.4	21.3

Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

Tabla 14*Valores Máximos, Mínimos y Promedios de Temperatura (°C)*

Año	Máximo	Mínimo	Promedio
1999	24.3	15.7	19.9
2000	25.2	15.6	20.2
2001	26.2	15.5	20
2002	25.5	14.3	19.9
2003	24.9	15.7	20
2004	25.3	15.4	20.4
2005	25.3	16	20.3
2006	25.9	16.6	20.6
2007	25.4	14.7	20.1
2008	S/D	S/D	S/D
2009	26.2	15.7	20.5
Valor promedio	25.4	15.5	20.2

Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

- Precipitación

La información pluviométrica que describe el comportamiento de la precipitación total mensual proviene de los registros de la estación meteorológica Huarangal. En la tabla 15, se observa la precipitación total mensual durante el periodo de 1999 – 2009 y en la tabla 16 se muestra los valores máximos, mínimos y promedios de precipitación los cuales muestran como valor máximo 26.2 mm durante el año 2002 en el mes de febrero y un valor mínimo de 0.0 durante casi todo el periodo de medición.

Tabla 15*Precipitación Total Mensual (mm)*

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	0.0	3.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	0.6	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.3
2001	0.4	4.0	0.0	0.0	0.0	3.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
2002	1.5	26.2	0.0	0.0	0.0	1.2	4.8	6.0	1.1	0.0	0.0	0.0
2003	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	1.9	2.0	0.0	0.0	0.0
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2005	1.0	4.4	0.0	0.0	0.4	0.7	0.3	0.4	2.2	0.1	0.3	0.0
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	3.0	0.6	0.0	0.0	0.0
2007	0.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.6	4.2	0.1	0.0	0.0
2008	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2009	0.0	1.5	0.0	0.0	3.7	3.1	2.3	2.2	4.0	0.5	0.0	0.1

Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

Tabla 16*Valores Máximos, Mínimos y Promedios de Precipitación (mm)*

Año	Máximo	Mínimo	Promedio
1999	3.8	0.0	0.33
2000	1.6	0.0	0.42
2001	4	0.0	0.98
2002	26.2	0.0	3.4
2003	3.3	0.0	0.64
2004	1.5	0.0	0.13
2005	4.4	0.0	0.82
2006	3	0.0	0.51
2007	7.6	0.0	1.53
2008	S/D	S/D	S/D
2009	4	0.0	1.45
Valor promedio	5.9	0.0	1.0

Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

La poca precipitación que presenta la zona de estudio se debe a la interacción del sistema de alta presión (Anticiclón) del Pacífico Sur, la Corriente Peruana y la presencia de la Cordillera de los Andes, estos sistemas impiden que las masas de aire húmedo se aproximen, generando un tipo de clima árido. Como consecuencia se tiene lo siguiente:

- precipitación media mensual: 1.0 (mm)
- precipitación máxima mensual: 5.9 (mm)
- precipitación mínima mensual: 0 (mm)
- Humedad Relativa

Para estimar la variación de la Humedad Relativa representativa de la zona de estudio, se asumió la variación mensual de la estación Huarangal, la estación que se encuentra cercana al área de estudio. En la tabla 17, se observa la media mensual de la Humedad Relativa y en la tabla 18 los máximos, mínimos y promedios de Humedad Relativa.

Tabla 17*Media Mensual de la Humedad Relativa (%)*

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1991	74.6	70.3	71.3	76.4	83.3	82.8	86.2	84.2	86.6	85.4	79	77.5
1992	73.6	71.8	72.7	75.5	79.5	84	87.9	87.1	83.4	80.8	78.3	76
1993	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1994	75.7	71	69.8	73.3	80.5	84.9	84.8	84.6	78.6	81.3	80.2	82.4
1995	79.5	77.6	73.9	75.4	76.5	84.9	89.9	87.7	86	81.7	79.4	73.8
1996	71.6	65.8	67.9	72.9	79.5	88.6	86.9	85.3	83.3	81	81.5	76.9
1997	74.8	65.1	68.3	76.7	78.3	78.6	78.1	82.6	84.3	81.9	81.9	81
1998	82.9	81.6	76.9	75.2	80.8	86.6	87.1	88.1	84.3	79	78.2	77
1999	73.8	73.3	71.5	72.9	76.2	82.5	85.4	82.9	81.4	78.9	77.9	77.6
2000	76.5	65.3	61.7	65.9	78.7	87.2	88.5	88.8	81.6	78.3	75.8	77.7
2001	74.4	68.6	64	73	83.5	88.9	90.1	86.7	84.7	79.6	77.9	75.5

Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

Tabla 18*Valores Máximos, Mínimos y Promedios de Humedad Relativa (%)*

Año	Máximo	Mínimo	Promedio
1991	86.6	70.3	79.8
1992	87.9	71.8	79.2
1993	S/D	S/D	S/D
1994	84.9	69.8	78.9
1995	89.9	73.8	80.5
1996	88.6	65.8	78.4
1997	84.3	65.1	77.6
1998	88.1	75.2	81.5
1999	85.4	71.5	77.9
2000	88.8	61.7	77.2
2001	90.1	64	78.9
Valor promedio	87.4	68.9	79

Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

Se puede observar que el menor valor se da en el mes de marzo del año 2000 (61.7%), mientras que el mayor valor se da en el mes de Julio del año 2001 (90.1%), su promedio multianual es (79.0%).

- Dirección y velocidad del viento

En la tabla 19, se observa el comportamiento de los vientos registrado en la estación Huarangal, cuyos registros son del periodo (1999 – 2006) y varía en el rango de 0.8 a 2.9 m/s. Los valores más altos se presentan de manera variable durante los meses de (setiembre – mayo), descendiendo ligeramente en el periodo de (mayo – agosto). En la tabla 20, se observa el valor promedio mínimo, la cual corresponde a 1.5 m/s, el valor promedio máximo a 2.6 m/s y el promedio multianual es de 2.2 m/s. En la tabla 21, se observa la dirección del viento, la que predomina corresponde a Sur-sudoeste SSW, en función de la gradiente térmica horizontal.

Tabla 19

Viento Media Mensual (m/s)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	S/D	S/D	S/D	2.7	2.6	2.1	2.1	2.4	2.6	0.9	2.7	2.6
2000	2.2	2.8	2.8	2.7	2.1	1.7	1.4	2	2.6	2.6	2.6	2.6
2001	2.4	2.8	2.8	2.5	2.1	1.7	1.8	2.1	2.3	2.6	2.5	2.9
2002	2.9	2.5	2.8	2.6	2.2	1.7	1.9	1.9	2.3	2.5	2.4	2.5
2003	2.4	2.7	2.6	2.4	2	1.8	2	2	2	2.3	2.6	2.6
2004	2.8	S/D	2.5	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	2.5	2.7	2.8
2005	2.8	2.4	2.5	2.4	2	1.8	1.9	2	S/D	2.2	1.2	1.6
2006	1.4	1.2	1.3	1	0.8	1	1	1	S/D	S/D	S/D	S/D

Nota. Fuente: Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

Tabla 20

Valores Máximos, Mínimos y Promedios Anuales del Viento (m/s)

Año	Máximo	Mínimo	Promedio
1999	2.7	0.9	2.3
2000	2.8	1.4	2.3
2001	2.9	1.7	2.4
2002	2.9	1.7	2.4
2003	2.7	1.8	2.3
2004	2.8	2.5	2.7
2005	2.8	1.2	2.1
2006	1.4	0.8	1.1
Valor promedio	2.6	1.5	2.2

Nota. Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

Tabla 21*Dirección del Viento (m/s)*

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	S/D	S/D	S/D	SW	SW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW
2000	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW
2001	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SW	SSW	SW	SW	SSW	SSW
2002	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW
2003	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW
2004	SSW	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	SSW	SSW	SSW
2005	SSW	S/D	S/D	SSW	S/D	SSW	SSW	SSW	S/D	S/D	SSW	SSW
2006	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	S/D	S/D	S/D	S/D

Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología del Perú – SENAMHI.

4.1.2. Caracterización del ambiente socioeconómico

- Ambiente Social

Según en el diagnóstico socio-ambiental realizado por la (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2013), “La Cuenca del Río Chillón se caracteriza por ser una unidad geográfica con desequilibrios poblacionales en su ocupación, similar a la cuenca del río Lurín, en el caso del Chillón el 95.4% de la población vive en la Cuenca baja y solamente el 4.6% de la población total radica en las zonas alta y media. Ocasionalmente por un lado una gran concentración y un acelerado crecimiento en la Cuenca baja (Lima Norte), donde los distritos del margen derecho del río, como son Ventanilla, Puente Piedra y Carabayllo, son los que crecen con mayor celeridad; frente a un despoblamiento de los distritos de la cuenca media y baja”. (p. 62)

- Características de la Población

De acuerdo al censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la región Lima para el año 2007 registra una población de 7 665 222 habitantes, con un crecimiento de 2,0 % anual.

Según el censo realizado por el INEI en el año 2017, Lima cuenta con 9 174 855 habitantes. Desde el punto de vista político administrativo, Lima está formada por 10 provincias y 43 distritos. Asimismo, la Provincia constitucional del Callao está conformada por 7 distritos.

La cuenca baja del río Chillón abarca 5 de los 43 distritos de Lima y 1 de los 7 distritos de la Provincia Callao siendo estos: Comas, Carabayllo, San Martín de Porres, Los Olivos, Puente Piedra y Ventanilla. En la tabla 22, se observa las estimaciones y proyecciones realizadas por el INEI en el año 2016, de los 7 distritos que conforma la provincia constitucional del Callao, el segundo distrito con mayor población e importancia relativa es Ventanilla con 385 mil 596 habitantes, que concentra el 37,50% de la población de la provincia.

Tabla 22*Población Distrital que Abarca la Cuenca Baja del Río Chillón-Lima*

Distrito	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Comas	509 976	512 565	515 248	517 881	520 403	522 760	524 894	531 027	537 263
Carabayllo	237 269	247 077	257 326	267 961	278 963	290 311	301 978	309 899	317 952
San Martín de Porres	620 193	632 974	646 191	659 612	673 149	686 702	700 177	714 952	729 974
Los Olivos	339 028	344 280	349 670	355 101	360 532	365 921	371 229	377 915	384 711
Puente Piedra	263 594	276 886	290 884	305 537	320 837	336 928	353 489	363 194	373 062
Ventanilla	926 788	941 268	955 385	969 170	982 800	999 976	1 013 935	1 028 144	1 042 496

Nota. Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (Provincia Lima: Compendio Estadístico 2017).

En la tabla 23 se observa la superficie y densidad poblacional. La provincia de Lima cuenta con una superficie poblacional de 2670,21 km², alcanzando una densidad poblacional de 3 436 habitantes por km² en el año 2017.

Tabla 23*Superficie y Densidad Poblacional*

Distrito	Superficie (km ²)	Densidad Poblacional (Hab./km ²)
Comas	48.75	11021
Carabayllo	346.73	917
San Martín de Porres	36.91	19777
Los Olivos	18.25	21080
Puente Piedra	71.18	5241
Ventanilla	73.52	569165

Nota. Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática (Provincia Lima: Compendio Estadístico 2017) y (Provincia Constitucional del Callao: Compendio Estadístico 2017).

El distrito del Callao cuenta con una superficie poblacional de 73.52 km², alcanzando una densidad poblacional de 5245 habitantes por kilómetro cuadrado para el año 2016.

- Distribución de la población

En la distribución de la población por área de residencia se presenta también un fuerte desequilibrio entre la población urbana y rural, en el caso de la cuenca baja al año 2007 sólo un 0.30% vive en el área rural, mientras que en la zona urbana radica el 99.69%, sólo en el distrito de Carabaylo un 3% vive en el campo; los demás distritos que conforman la parte baja de la cuenca se caracterizan por tener una población eminentemente urbana. (Ver tabla 24)

Tabla 24

Población Según Área de Residencia en Cuenca Baja del Río Chillón

Distrito	1993					2007				
	Total	Urbana	%	Rural	%	Total	Urbana	%	Rural	%
Comas	410066	410066	100	0	0.00	486977	486977	100	0	0.00
Carabaylo	108049	99884	92.44	8165	7.56	213386	206980	97.00	6406	3.00
San Martín de Porres	385759	383697	99.47	2062	0.53	579561	579561	100	0	0.00
Los Olivos	231367	231367	100	0	0.00	318140	318140	100	0	0.00
Puente Piedra	104261	103004	98.79	1257	1.21	233602	233602	100	0	0.00
Ventanilla	94497	-	-	-	-	277895	277895	100	0	0.00
Total	1333999	1228018	92.05	11484	0.86	2109561	2103155	99.69	6406	0.30

Nota. Tomado de la Municipalidad Metropolitana de Lima, Plan integral de la cuenca Chillón, Intercuencas la Pampilla, Ventanilla, Santa Rosa y Ancón y la zona marítima costera Callao-Pasamayo. Plan de Ordenamiento Territorial (POT CUENCA CHILLÓN), 2013.

- Organización Social

Se encuentra una diversidad de organizaciones sociales, agrupadas a diversos temas, de los cuales este estudio se enfoca en al tema ambiental en sus diversos niveles de actuación: provincial, comunal, interprovincial, distrital, zonal, incidiendo básicamente en las organizaciones encontradas en la cuenca baja del río Chillón. (Reyes, 2012)

Según indica (Reyes, 2012), “Dentro de las principales organizaciones de la Cuenca del Chillón tenemos: La Junta de Usuarios de la Cuenca del Chillón, 15 comisiones de riego, 22 comunidades campesinas, comités de productores, organizaciones vecinales, organizaciones femeninas, sindicato de pescadores, mesas de concertación para el desarrollo local en los distritos del Cono Norte; el Consejo de Desarrollo Económico del Cono Norte y las 2 mesas de concertación para la lucha contra la pobreza en Cono Norte de Lima”. (p. 32)

La prioridad de las intervenciones de las organizaciones sociales urbanas, en el tema ambiental, es promover la conciencia ambiental ciudadana para mejorar la calidad de vida. En la tabla 25, se observan las organizaciones sociales con mayor número de beneficiarios en todos los distritos, los cuales son: El comité del programa del vaso de leche y los comedores populares, siendo los distritos de Comas, Carabayllo y San Martín de Porres los que cuenta con mayor número. Los distritos adyacentes al río Chillón no cuentan con infraestructura ni han empleado normativas para la concienciación del cuidado de la calidad del agua del río Chillón a fin de mejorar la calidad de vida de la población, ya que este tipo de ecosistema representan un potencial agrario y turístico en beneficio de la población los limeños.

Tabla 25

Cuenca Baja Río Chillón: Organizaciones Sociales, Según Distritos 2015-2016

Distritos	Club de Madres		Comité del Programa del Vaso de Leche		Comedor Popular		Club de Tercera Edad (Adulto mayor)		Organizaciones Juveniles	
	Nº	Beneficiarios	Nº	Beneficiarios	Nº	Beneficiarios	Nº	Beneficiarios	Nº	Beneficiarios
Comas	-	-	1628	116992	434	33831	11	982	1	60
Carabayllo	-	-	773	31096	169	13499	29	890	-	-
San Martín de Porres	-	-	444	42993	101	8214	1	1926	-	-
Los Olivos	33	2819	267	33766	60	5489	2	1493	-	-
Puente Piedra	-	-	636	25686	136	9797	1	480	-	-
Ventanilla	27	2025	429	26598	131	9825	1	1653	3	300
Total	60	4844	4177	277131	1031	80655	45	7424	4	360

Nota. Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (Provincia Lima: Compendio Estadístico 2017), Instituto Nacional de Estadística e Informática (Callao: Compendio Estadístico 2014).

- Residuos sólidos

En la tabla 26, se observa la generación de residuos sólidos para el periodo (2015-2016). Para el año 2015 en el distrito de Comas hay una generación per cápita 0.83 (Kg/hab/día), en el distrito de Carabaylo hay una generación per cápita 0.82 (kg/hab/día), en el distrito de San Martín de Porres hay una generación per cápita 0.65 (kg/hab/día), en el distrito de Los Olivos hay una generación per cápita 0.82 (kg/hab/día), en el distrito de Puente Piedra hay una generación per cápita 0.49 (kg/hab/día) y en el distrito de Ventanilla perteneciente a la región Callao se genera per cápita 0.63 (kg/hab/día).

Respecto a la generación de residuos sólidos en el año 2016, en el distrito de Comas hay una generación per cápita 0.85 (kg/hab/día), en el distrito de Carabaylo hay una generación per cápita 0.86 (kg/hab/día), en el distrito de San Martín de Porres hay una generación per cápita 0.82 (kg/hab/día), en el distrito de Los Olivos hay una generación per cápita 0.84 (kg/hab/día), en el distrito de Puente Piedra hay una generación per cápita 0.73 (Kg/hab/día) y en el distrito de Ventanilla perteneciente a la Provincia constitucional Callao hay una generación de 0.64 (kg/hab/día).

Tabla 26

Generación de Residuos Sólidos

Distritos	2015		2016	
	Generación Anual (Tonelada/Año)	Generación Per Cápita (kg/hab-día)	Generación Anual (Tonelada/Año)	Generación Per Cápita (kg/hab-día)
Comas	160063	0,83	162323	0,85
Carabaylo	90692	0,82	95280	0,86
San Martín de Porres	166680	0,65	208966	0,82
Los Olivos	111487	0,82	114235	0,84
Puente Piedra	62842	0,49	93440	0,73
Ventanilla	-	0.63	-	0.64

Nota. Tomado del INEI (Provincia Lima: Compendio Estadístico 2017), (Compendio Estadístico Provincia Constitucional del Callao 2014).

- Servicios Sociales

- Salud

La desnutrición crónica infantil en niños y niñas menores de 5 años, a nivel nacional es de 12.9%. Los distritos que forman parte de la cuenca baja del río Chillón con niños y niñas menores de 5 años de edad presentan valores por debajo del promedio a nivel nacional. No obstante, los distritos con mayor porcentaje de desnutrición crónica infantil son: Carabayllo (6.8%) y Puente Piedra (7.2%). El distrito con menor desnutrición crónica es el distrito de Los Olivos con (5.3%). (Ver tabla 27)

Tabla 27

Tasa de Desnutrición Crónica de Niños y Niñas Menores de 5 Años, 2017

Districtos	Total, de Niños y Niñas Menores de 5 Años Evaluados	Niños y Niñas con Desnutrición Crónica	Porcentaje (%)
Comas	21039	1347	6.4
Carabayllo	14143	956	6.8
San Martín de Porres	15022	883	5.9
Los Olivos	14429	766	5.3
Puente Piedra	11195	805	7.2
Ventanilla	32783	1939	5.9
Total	108611	6696	6.2

Nota. Adaptado de la Dirección de Redes Integradas de Salud Lima Norte.

En la tabla 28, se observa la tasa de anemia en niños y niñas de 6 a 35 meses para el año 2017, la anemia es uno de los problemas más grave a nivel nacional debido al gran porcentaje de niños y niñas que padecen de esta enfermedad, en los distritos que forman parte de la cuenca baja del río Chillón los distritos con mayor porcentaje de anemia infantil son: Carabayllo (44.5%) y Comas (41.6%) y el distrito que presenta menor número y porcentaje de niños y niñas

de 6 a 35 meses que padece de anemia es el distrito de Los Olivos con 649 niños y niñas que representan el (31.6%) del total de evaluados.

Tabla 28

Tasa de Anemia de Niños y Niñas de 6 a 35 Meses, 2017

Distritos	Total, de Niños y Niñas de 6 a 35 Meses Evaluados	Niños y Niñas con Anemia	Porcentaje (%)
Comas	4315	1793	41.6
Carabaylo	3190	1421	44.5
San Martín de Porres	2393	908	37.9
Los Olivos	2054	649	31.6
Puente Piedra	2060	707	34.3
Ventanilla	-	-	-
Total	14012	5478	39.1

Nota. Adaptado de la Dirección de Redes Integradas de Salud Lima Norte.

Estos indicadores de salud en los niños y niñas nos alertan en las consecuencias que trae consigo respecto al retraso en su crecimiento y en el rendimiento escolar que son determinantes en el desarrollo personal de estos niños, sus familias, su comunidad y del país.

- Educación

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática registra en el año 2016, Un total de 622 937 estudiantes se han matriculado en los distritos ubicados dentro de la cuenca baja del río Chillón que han logrado tener una educación entre básica regular, básica alternativa, básica especial, técnica productiva y superior no universitaria. (Ver tabla 29)

Los distritos con mayor número de instituciones educativas son San Martín de Porres con 1 396 y Comas con 998 respectivamente. Los distritos con mayor porcentaje de matriculados en el sistema educativo privado y público son: San Martín de Porres con un 23.20% (144 mil 498) y Comas con un 20.67% (128 mil 752).

Tabla 29*Matrícula en el Sistema Educativo por Modalidad y Nivel Educativo, 2016*

Distrito	Básica Regular					Básica Alternativa	Básica Especial	Técnico Productiva	Superior no Universitaria			Total
	N° de Instituciones Educativas	Total	Inicial	Primaria	Secundaria				Total	Pedagógico	Tecnológica	
Comas	998	118314	26077	51115	41122	4620	330	3510	1978	190	1788	128752
Carabayllo	654	70946	17416	32370	21160	1566	104	487	233	-	233	73336
San Martín de Porres	1396	135203	31089	59805	44309	3204	428	3412	2251	239	2012	144498
Los Olivos	816	91606	19407	39888	32311	4341	446	6092	3870	94	3776	106355
Puente Piedra	736	80159	18565	36261	25333	2151	184	2043	905	120	785	85442
Ventanilla	625	82735	20129	38242	24364	362	-	1022	435	-	435	84554

Nota. Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (Provincia Lima: Compendio Estadístico 2017), Instituto Nacional de Estadística e Informática (Callao: Compendio Estadístico 2017).

- Principales Actividades económicas

- Agricultura

En la cuenca baja las áreas de cultivo, se encuentran en los relieves suaves, aquí tenemos cultivos rotativos, los cuales son mayormente hortalizas para abastecer a la ciudad de Lima Metropolitana, los principales cultivos que se desarrollan son: Maíz amarillo duro, Maíz choclo, Maíz chala, camote, papa, cebolla, arveja, tomate, zanahoria, entre otros. La producción agrícola se ve afectado por el crecimiento acelerado de urbanización, botaderos de residuos sólidos, efluentes domésticos o industriales, riesgos latentes ante inundaciones y deslizamientos que afectan las áreas de cultivo. (Ver tabla 30)

Tabla 30

Intenciones de Siembra por Hectárea en Cuenca Chillón, Campaña 2016-2017

Cuenca Chillón	Intenciones de Siembra en Hectáreas												
	Total	2016					2017						
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
Ají	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ajo	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	
Arveja grano verde	16	-	-	-	-	-	-	-	-	4	9	3	
Camote	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
Cebolla	9	3	2			2	2	-	-	-	-	-	
Frijol grano seco	48	12	2	2	3	-	-	-	-	-	5	24	
Haba grano verde	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
Maíz amarillo duro	21	4	9	6	-	-	-	-	-	-	-	2	
Maíz chala	1078	90	100	108	103	90	77	68	67	76	92	99	108
Maíz choclo	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	12	12
Papa	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	16	4
Pimiento	42	3	3	-	-	-	-	-	2	10	13	11	
Tomate	10	-	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zanahoria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6	1	
Zapallo macre	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	

Nota. Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (Provincia Lima: Compendio Estadístico 2017).

- Comercio y Manufactura

En la cuenca baja del río Chillón, la población en los últimos años, se están dedicando a la industria, mediante pequeñas y micro empresas, los cuales contribuyen en mínima proporción a la economía mediante la creación de puestos de trabajo, salarios y otros aspectos en desarrollo social. Según indica el INEI en Lima, las actividades económicas de comercio y manufactura son actividades que representan mayor valor agregado bruto. (Ver tabla 31)

Tabla 31

Actividades Económicas con Valor Agregado Bruto

Actividad Económica	Valor Agregado Bruto (%)	
	Año 2015	Año 2016
Extractivas	0.4	0.5
Manufactura	17.1	16.8
Construcción	6.2	5.7
Comercio	13.4	13.3
Transporte, almacenamiento, correo y mensajería	7	7
administración pública y defensa	6.5	6.4
otras actividades	49.4	50.3
Total	100	100

Nota. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Provincia Lima: Compendio Estadístico 2017).

En la tabla 32, se observan las micro y pequeñas empresas registradas en las municipalidades pertenecientes a la región Lima. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática de la Provincia Constitucional del Callao en el año 2015 registra para el distrito de Ventanilla (incluye empresas ubicadas en el distrito de Mi Perú) un total de 15 241 de unidades empresariales, 14 953 son clasificadas como microempresas, 262 como pequeña empresa, 8 como mediana empresa, 18 como gran empresa. Las principales actividades son la producción de alimentos y bebidas, cueros y calzados, artesanía, textiles, servicios, metalurgia, maquinaria y equipo, agropecuario, industria, muebles y accesorios.

Tabla 32*Micro y Pequeñas Empresas Registradas en las Municipalidades, 2014*

Distrito	Tipo de Producción										
	Total	Alimentos y Bebidas	Cueros y Calzado	Artesanía	Textiles	Muebles y Accesorios	Metalurgia	Maquinaria y Equipo	Agropecuario	Industria	Servicio
Total	2247	1178	120	271	14	50	60	95	12	68	379
Microempresa	2075	1145	107	254	13	45	58	81	10	42	320
Pequeña empresa	172	33	13	17	1	5	2	14	2	26	59
Comas	383	363	2	12	2	2	1	-	-	-	1
Microempresa	383	363	2	12	2	2	1	-	-	-	1
Pequeña empresa	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carabayllo	342	187	5	34	9	14	1	-	9	54	29
Microempresa	305	175	4	34	9	13	-	-	7	36	27
Pequeña empresa	37	12	1	-	-	1	1	-	2	18	2
San Martín de Porres	629	321	57	164	-	-	-	78	-	9	-
Microempresa	573	310	45	149	-	-	-	65	-	4	-
Pequeña empresa	56	11	12	15	-	-	-	13	-	5	-
Los Olivos	666	290	56	45	2	33	58	16	3	1	162
Microempresa	634	280	56	43	2	30	57	16	3	-	147
Pequeña empresa	32	10	-	2	-	3	1	-	-	1	15
Puente Piedra	227	17	-	16	1	1	-	1	-	4	187
Microempresa	180	17	-	16	-	-	-	-	-	2	145
Pequeña empresa	47	-	-	-	1	1	-	1	-	2	42

Nota. Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (Provincia Lima: Compendio Estadístico 2017).

4.1.3. Caracterización de las fuentes de contaminación por vertimientos industriales y domésticos

La faja marginal en la cuenca baja del río Chillón es degradada mediante el acondicionamiento con escombros y uso de maquinarias para la instalación de asentamientos humanos, como se observa en la figura 6, la acumulación de escombros incumpliendo el art. 115.1 Está prohibido el uso de las fajas marginales para fines de asentamientos humanos, agrícola u otra actividad que las afecte. Dada en el reglamento de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338.

Figura 6

Escombros en el Curso del Río Chillón en Cuenca Baja



Nota. Tomado de la Autoridad Nacional del Agua, año 2020.

En la figura 7, se observa camiones que se encargan de preparar el terreno en zonas aledañas a la faja marginal de la cuenca baja del río Chillón, lo que pone en riesgo la seguridad de la población aledaña al reducir el cauce del río frente a las avenidas. Estos escombros son arrastrados por la corriente del río y llevados hasta la desembocadura poniendo en riesgo a las poblaciones que se han asentado dentro de la faja marginal del río Chillón. Por consiguiente, es importante la fiscalización y seguimiento del cuidado de la faja marginal. Asimismo, el reporte por parte de los pobladores aledaños para que las autoridades actúen oportunamente.

Figura 7

Invasión de la Faja Marginal



Nota. Tomado de la Autoridad Nacional del Agua, año 2020.

En la figura 8, se puede observar la reducción del cauce del río Chillón, debido a la invasión de terrenos para beneficio de algunas personas y en perjuicio del ambiente acuático y pobladores aledaños. Es un grave riesgo que las autoridades regionales y locales no tomen acciones judiciales inmediatas contra estos grupos de personas que se aprovechan de las necesidades de las demás personas.

Figura 8

Reducción del Cauce Natural de la Cuenca Baja del Río Chillón



Nota. Tomado de la Autoridad Nacional del Agua, año 2020.

- Identificación de efluentes domésticos e Industriales

Dentro de la faja marginal de la cuenca baja del río Chillón se encuentran ubicados Asentamientos Humanos, los cuales han instalado clandestinamente tuberías para verter sus efluentes de tipo doméstico al río Chillón. Asimismo, la falta de alcantarillado hace que los pobladores viertan sus desagües directamente al río Chillón.

En la tabla 33, se observan las principales fuentes de vertimiento de tipo doméstico sin recibir tratamiento previo, los cuales provienen de instalaciones clandestinas realizadas por ellos mismos.

Tabla 33

Vertimientos de Tipo Doméstico en Cuenca Baja sin Autorización

Vertimientos de Efluentes de Tipo Domésticas no Autorizados en la Cuenca Baja del Río Chillón					
Descripción	Margen	Coordenadas UTM (WGS-84)		Altitud (metros)	Distrito
		Este	Norte		
Vertimiento de aguas residuales domésticas a través de una canal de tierra.	Izquierda	284 253	8 698 511	499	Carabayllo
Planta de Tratamiento de Agua Potable - Carabayllo.	Izquierda	281 348	8 691 804	312	Carabayllo
Aguas residuales domésticas, procedentes de viviendas y de empresas dedicadas al procesamiento de plásticos.	Derecha	275 151	8 683 539	159	Puente Piedra
Aguas residuales domésticas, procedentes de viviendas a través de una tubería.	Derecha	275 119	8 683 519	154	Puente Piedra
Aguas residuales domésticas, procedentes de viviendas por medio de una tubería.	Izquierda	274 339	8 681 993	129	Comas

Vertimientos de Efluentes de Tipo Domésticas no Autorizados en la Cuenca Baja del Río Chillón					
Descripción	Margen	Coordenadas UTM (WGS-84)		Altitud (metros)	Distrito
		Este	Norte		
Aguas residuales domésticas descargadas a través de cuatro tuberías, proveniente de viviendas.	Izquierda	275 152	8 683 471	140	Comas
Aguas residuales domésticas descargadas a través de una tubería, proveniente de viviendas.	Izquierda	274 957	8 683 090	136	Comas
Aguas residuales domésticas descargadas a través de una tubería, proveniente de viviendas.	Izquierda	274 949	8 683 058	135	Comas
Aguas residuales domésticas descargadas a través de una tubería, proveniente de viviendas.	Izquierda	274 259	8 681 753	115	Comas
Descarga de aguas residuales de la PTAR Puente Piedra de SEDAPAL S.A. a través de un canal de concreto.	Izquierda	270 953	8 678 134	68	San Martín de Porres
Aguas residuales domésticas descargadas a través de una tubería, proveniente de viviendas.	Izquierda	271 880	8 678 180	65	San Martín de Porres
Aguas residuales domésticas descargadas a través de una tubería, proveniente de viviendas.	Derecha	268 483	8 679 315	30	Ventanilla
Aguas residuales domésticas descargadas a través de una tubería, proveniente de viviendas.	Derecha	268 130	8 679 522	19	Ventanilla

Nota. La información es de los Informe Técnico realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) – 2017. La elaboración de la tabla 33 es elaboración propia.

En la tabla 34, se observa la descripción y coordenadas de los efluentes de tipo industrial identificados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en su informe técnico del año 2017, según el ANA estos efluentes cuentan con tratamiento previo antes de ser vertidos al río Chillón. Pertenecen a ciertas actividades industriales que se encuentran reguladas por las autoridades competentes.

Tabla 34

Vertimientos de Tipo Industrial con Autorización

Vertimientos de Efluentes de Tipo Industrial Autorizados en la Cuenca Baja del Río Chillón					
Descripción	Margen	Coordenadas UTM (WGS-84)		Caudal (l/s)	Distrito
		Este	Norte		
Aguas residuales industriales tratadas, procedentes de la Central Térmica de Ventanilla.	Derecha	269 328	8 678 624	29	Ventanilla
Aguas residuales industriales tratadas de la Planta de Producción de Papelera Zárate S.A.C.	Derecha	274 331	8 682 070	0.04	Puente Piedra
Aguas residuales industriales tratadas provenientes del rebose de la Planta de Tratamiento de agua potable del río Chillón.	Izquierda	281 369	8 691 798	80	Carabayllo

Nota. La información es de los Informe Técnico realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) – 2017.

De la inspección en campo en la cuenca baja del río Chillón, cerca de las estaciones de monitoreo, la presencia de metales pesados puede deberse a los efluentes industriales que vierten sus aguas sin tratamiento previo al río, actividades de metalmecánica, chatarreo y

quema de residuos sólidos en los márgenes y dentro del río. Asimismo, se observan instalaciones clandestinas de efluentes domésticos de las poblaciones que se han asentado en los márgenes del río Chillón generando mayor contaminación.

En la Figura 9, se observa estructuras metálicas recién pintadas producidas de actividades metalmecánica que se realizan cerca del río Chillón, esta actividad puede estar relacionado con la presencia de metales pesados en las aguas del río Chillón. Según sus coordenadas UTM (WGS 84) Este: 0275746; Norte: 8684126, está ubicado en el margen izquierdo en el distrito de Comas. Estas actividades se encuentran antes de llegar a la estación de monitoreo CHI-05.

Figura 9

Actividades Industriales en los Márgenes del Río Chillón



Nota. La imagen fue tomada en el año 2022, elaboración propia.

En la Figura 10, se observa una tubería que vierte sus aguas residuales directamente al río Chillón, se encuentra antes de llegar a la estación CHI-05. Según sus coordenadas UTM (WGS 84) Este: 0275580; Norte: 8683926, está ubicado en el margen izquierdo del río en el distrito de Comas.

Figura 10

Tubería de Vertimiento de Aguas Residuales



Nota. La imagen fue tomada en el año 2022, elaboración propia.

En la Figura 11, se observa el vertimiento de aguas grises de tipo industrial al río Chillón, se encuentra antes de llegar a la estación CHI-05. Según las coordenadas UTM (WGS 84) Este: 0275369; Norte: 8683778, está ubicado en el margen derecho del río Chillón en el distrito de Puente Piedra. Durante la inspección del efluente se escuchaba un ruido fuerte que provenía de las instalaciones cerradas con planchas de metal.

Figura 11

Efluente de Tipo Industrial en el Distrito de Puente Piedra



En la Figura 12, se observa tuberías que vierte sus aguas residuales de tipo doméstico al río, se encuentra antes de llegar a la estación CHI-05. Según las coordenadas UTM (WGS 84) Este: 0275369; Norte: 8683778, está ubicado en el margen izquierdo del río en el distrito de Comas, las tuberías provienen de las viviendas precarias asentadas en el borde del río.

Figura 12

Tuberías de Efluentes Domésticos en el Distrito de Comas



En la Figura 13, se observa tuberías que vierte sus aguas residuales de tipo doméstico al río, se encuentra antes de llegar a la estación CHI-06. Según las coordenadas UTM (WGS 84) Este: 0275369; Norte: 8683778, está ubicado en el margen izquierdo del río en el distrito de Comas y provienen de las viviendas precarias asentadas muy cerca del río.

Figura 13

Tuberías de Efluentes de Tipo Doméstico



En la Figura 14, se observa tuberías que vienen de las viviendas aledañas, vierte sus aguas residuales directamente al río Chillón, según las coordenadas UTM (WGS 84) Este: 0273703; Norte: 8680415 están ubicados en el distrito de Puente Piedra.

Figura 14

Tuberías de Efluentes Domésticos en el Distrito de Puente Piedra



En la Figura 15, se observan dos tuberías que vierte aguas residuales al río Chillón, según las coordenadas UTM (WGS 84) Este: 0268231; Norte: 8679437, está ubicado antes de la estación CHI-10 en el margen derecho del río en el distrito de Ventanilla.

Cerca del área de estudio, en los márgenes del río Chillón se encuentran grandes cantidades de residuos sólidos entre los siguientes: plásticos, botellas, latas, residuos orgánicos, desechos de animales, muebles, bolsas plásticas con desmonte, llantas, residuos metálicos, entre otros. Asimismo, se ha observado la práctica de quemar los residuos sólidos en los márgenes del río.

Figura 15

Efluentes en el Distrito de Ventanilla



En la Figura 16, se observa una tubería que sale de las viviendas que realizan actividades de chatarreo en el cual desintegran todo tipo de metales, se encuentra a la altura del puente Chillón antes de llegar a la estación CHI-10, según las coordenadas UTM (WGS 84) Este: 0267954; Norte: 8679516, está ubicado en el margen izquierdo del río en el distrito de Ventanilla.

Figura 16

Tubería de Aguas Residuales cerca al Puente Chillón



4.2. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos

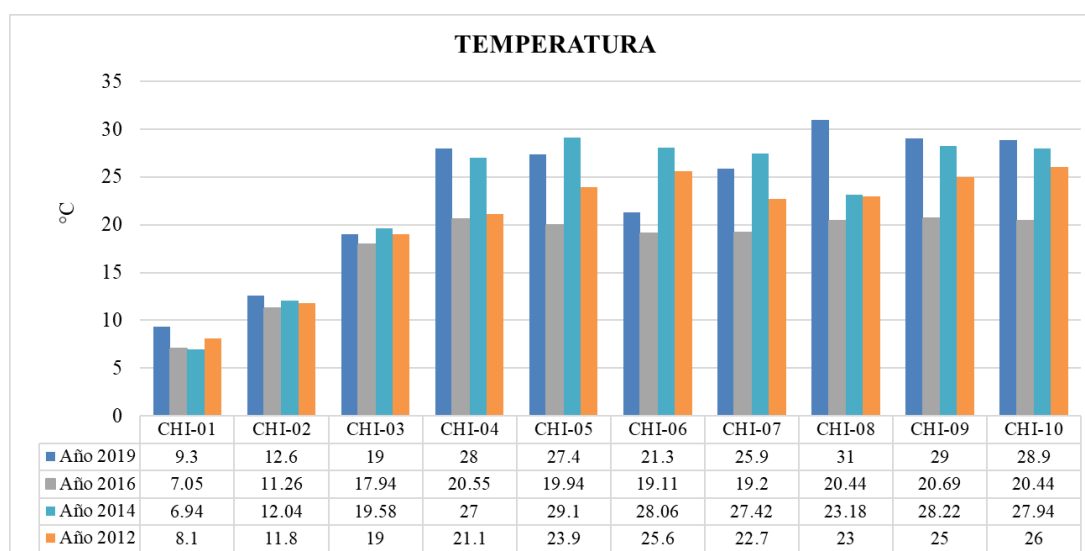
4.2.1. Temperatura *in situ*

El promedio de la Temperatura para la cuenca baja del río Chillón en época de avenida es de 27.4 °C y en época de estiaje es de 20.9 °C para el año 2019, asimismo para el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) no debe haber una variación mayor o menor de 3 °C entre las estaciones de monitoreo adyacentes. La estación CHI-01 está ubicada en Cuenca Alta como Blanco, cerca de la Laguna Chonta de donde discurren las aguas heladas con una temperatura de 9.3 °C en época de avenida y 8.3 °C para la época de estiaje.

Avenida: En la figura 17, se observa el parámetro de Temperatura varía entre 9.3 °C en la estación CHI-01 hasta 31 °C en la estación CHI-08 para el año 2019, según el ECA para agua la variación no debe ser mayor de 3° C con respecto a los años anteriores. Se aprecia una variación mayor a lo que indica el ECA en las estaciones ubicadas en cuenca baja del río Chillón, posiblemente asociado a los vertimientos de tipo industrial y/o doméstico.

Figura 17

Temperatura en Época de Avenida (2012 – 2019)



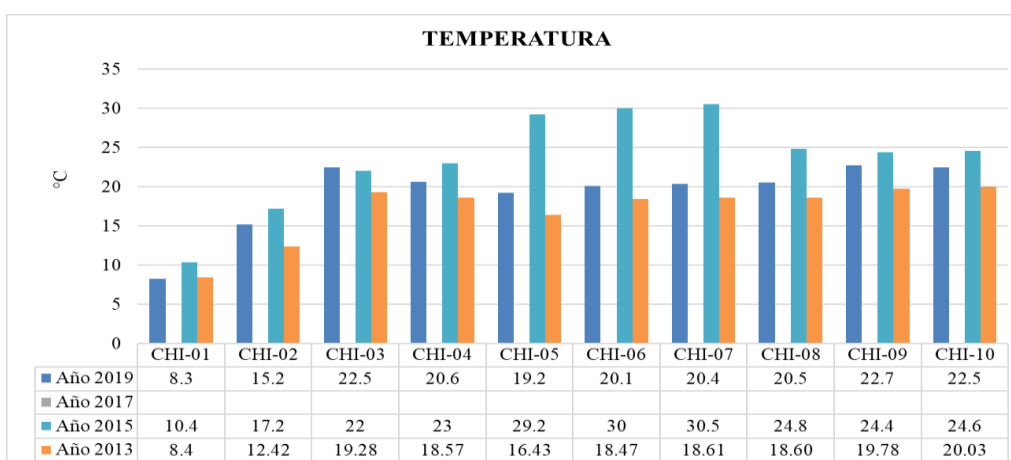
Nota. Los datos son de la Autoridad Nacional del Agua, la figura es elaboración propia.

Estiaje: En la figura 18, se muestra el comportamiento de la Temperatura estable, cumpliendo con la variación de 3°C según indica el ECA en las estaciones CHI-01, CHI-02 y CHI-03 ubicadas en cuenca alta. Sin embargo, en las estaciones CHI-05, CHI-06, CHI-07, CHI-08, CHI-09 y CHI-10 se observa un incremento mayor a 3 °C entre los años 2013 y 2015.

Naturalmente la Temperatura del río aumenta en dirección hacia la desembocadura del río, pero los resultados cambiantes en las estaciones de monitoreo durante el periodo de evaluación del año 2013 hasta el 2019, se puede deber a la materia orgánica en exceso presente en las aguas superficiales debido a los efluentes domésticos e industriales, en la cual cada año se estos vertimientos se vienen incrementando por las actividades antropogénicas que se realizan cerca de la faja marginal. Asimismo, estos efluentes no siempre vierten sus aguas residuales no tratadas al río Chillón, sino que lo hacen de forma periódica. Para esta época de estiaje se aprecia que la Temperatura es menor en comparación a las estaciones en época de avenida. Durante el año 2015 se observa un cambio brusco de Temperatura entre las estaciones CHI-04 y CHI-05. Mas no sucede lo mismo en los años 2013 y 2019. Cabe precisar que no se ha encontrado registro de medición de la Temperatura para el año 2017.

Figura 18

Temperatura en Época de Estiaje (2013 – 2019)



Nota. Los datos son de la Autoridad Nacional del Agua, sin datos completos para el año 2017, la figura es elaboración propia.

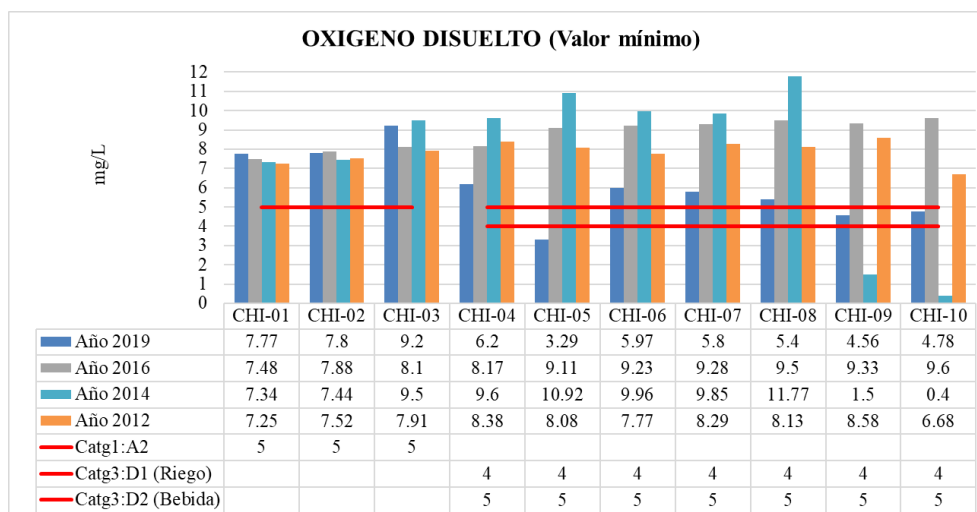
4.2.4. Oxígeno Disuelto

Avenida: En la figura 23, se observan los niveles del parámetro Oxígeno Disuelto (OD), el cual presenta un comportamiento inestable en las estaciones ubicadas en la cuenca baja. El ECA para agua indica un valor mínimo que debe tener las aguas superficiales según la Categoría 3: D1 Riego de vegetales de 5.0 mg/L y D2 Bebida de animales de 4.0 mg/L. Los valores más bajos durante el periodo de monitoreo 2012 hasta el 2019 se presentaron durante el año 2014 en las estaciones CHI-09 con 1.5 mg/L y CHI-10 con 0.4 mg/L. Durante el año 2019 la estación CHI-05 indica un resultado de 3.29 mg/L el cual no cumpliría con el Estándar de Calidad para agua, cabe resaltar que la zona de toma de muestra presentaba una gran acumulación de residuos sólidos y emanaba un fuerte hedor. Asimismo, las estaciones CHI-09 y CHI-10 presentan valores bajos de 4.56 mg/L y 4.78 mg/L respectivamente.

Los resultados del Oxígeno Disuelto tienen relación con los efluentes domésticos y/o industriales, debido a la descomposición de la materia orgánica que incrementa la temperatura de las aguas superficiales, La mayor parte de las especies acuáticas no pueden existir con valores menores de 3 mg/L de Oxígeno Disuelto, por ello es uno de los parámetros principales para conocer la calidad del agua.

Figura 23

Oxígeno Disuelto en Época de Avenida (2012 -2019)

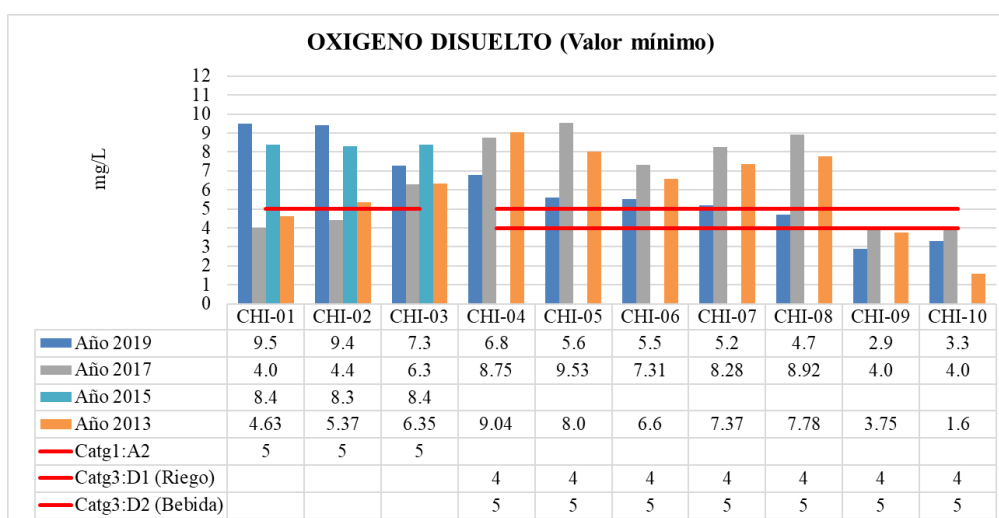


Estiaje: En la figura 24, los niveles de Oxígeno Disuelto tienen un comportamiento inestable durante el periodo de evaluación del 2013 al 2019 en época de estiaje. En la cuenca baja, durante el año 2019 las estaciones que no cumplen con el valor mínimo del ECA Categoría 3: D1 Riego de Vegetales (4.0 mg/L) son: CHI-09 con 2.9 mg/L y CHI-10 con 3.3 mg/L. Asimismo, para el año 2017 en la estación CHI-08 con un valor de 2.8 mg/L. Del mismo modo durante el año 2013 las estaciones CHI-09 con 3.75 mg/L y CHI-10 con 1.6 mg/L. Estos valores bajos indican mortandad de las especies acuáticas y según los resultados de los parámetros microbiológicos podemos deducir que los valores bajos de Oxígeno Disuelto pueden deberse a la descomposición de las bacterias presentes en los efluentes domésticos que son vertidos directamente al río Chillón sin tratamiento previo.

Durante el año 2019, los valores más elevados se registran en las estaciones ubicadas en cuenca alta y media CHI-01 (9.5 mg/L), CHI-02 (9.4 mg/L) y CHI-03 (7.3 mg/L). Asimismo, en la cuenca alta se han identificado piscigranjas de Trucha (*Oncorhynchus mykiss*), esta especie requiere de concentraciones elevadas de Oxígeno Disuelto (OD). Cabe mencionar, durante el año 2015 no se ha registrado valores completos de medición del parámetro (OD).

Figura 24

Oxígeno Disuelto en Época de Estiaje (2013- 2019)



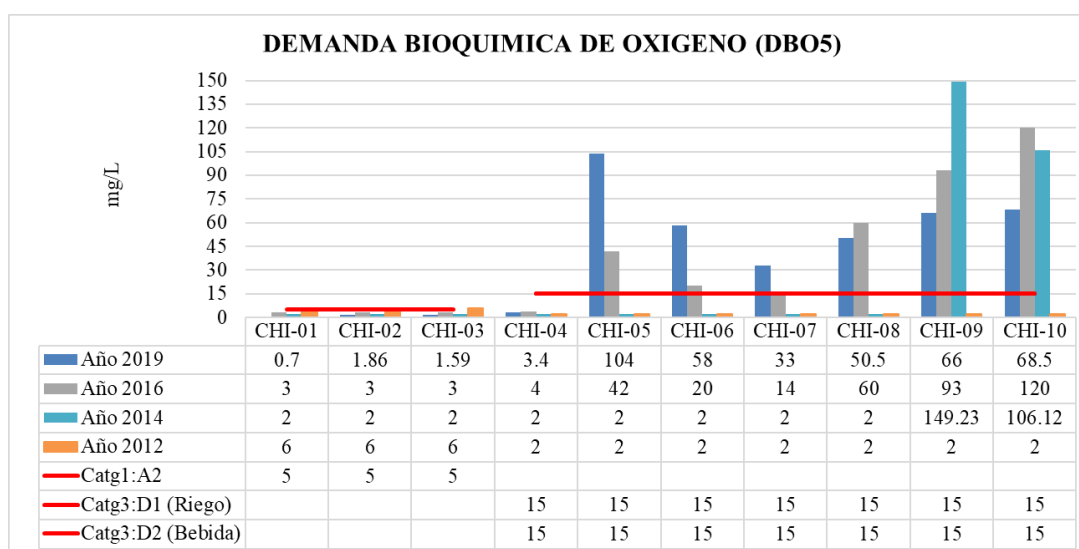
4.2.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Avenida: En la figura 25, durante el periodo de evaluación en época de avenida se observan altas concentraciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las estaciones ubicadas en cuenca baja, especialmente en las estaciones CHI-09 y CHI-10. El ECA para la cuenca baja es la Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales es de 15.0 mg/L. Para el año 2019 las estaciones que sobrepasan el ECA son CHI-05 (104 mg/L), CHI-06 (58 mg/L), CHI-07 (33 mg/L), CHI-08 (50.5 mg/L), CHI-09 (66 mg/L) y CHI-10 (68.5 mg/L). Asimismo, en el año 2016 las estaciones CHI-05 (42 mg/L), CHI-06 (20 mg/L), CHI-07 (14 mg/L), CHI-08 (60 mg/L), CHI-09 (93 mg/L) y CHI-10 con 120 mg/L. Durante el año 2014 solo las estaciones CHI-09 y CHI-10 han excedido el ECA con valores de 149.23 mg/L y 106 mg/L respectivamente. Los valores registrados durante el año 2012 son poco confiables debido a resultados de otros parámetros.

El alto contenido de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, indica el favorecimiento del crecimiento bacteriano, esto se puede deber a las altas concentraciones de carga microbiana de las aguas residuales de tipo domésticas que son vertidas al río Chillón sin tratamiento previo.

Figura 25

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) – Época Avenida (2012-2019)

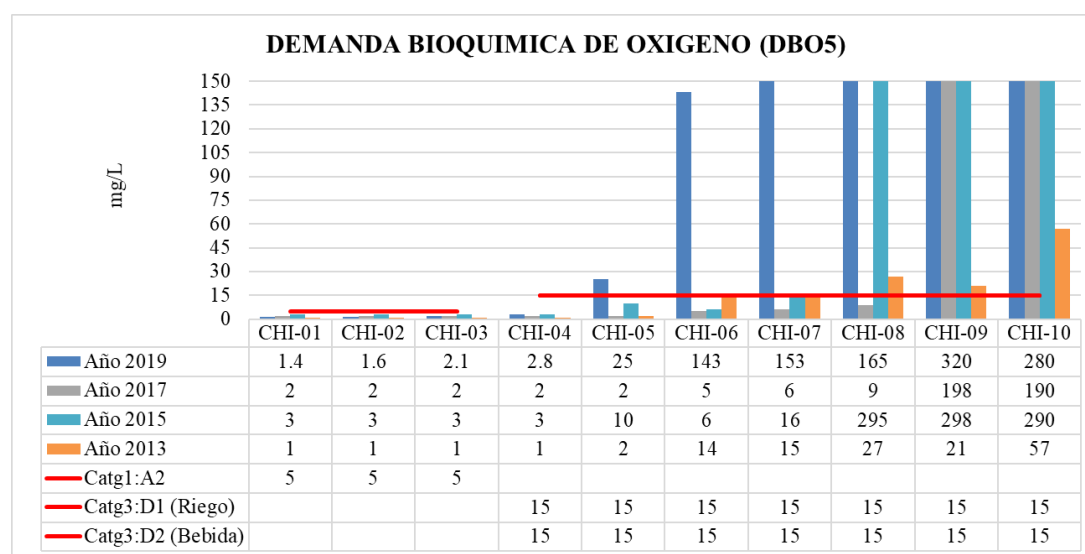


Estiaje: En la figura 26, se observan concentraciones elevadas del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5. Sobrepasando hasta en 20 veces durante el año 2019 en la estación CHI-09 el ECA Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales de 15.0 mg/L. Durante el año 2019 las estaciones que exceden el ECA son CHI-05 (25 mg/L), CHI-06 (143 mg/L), CHI-07 (153 mg/L), CHI-08 (165 mg/L), CHI-09 (320 mg/L) y CHI-10 (280 mg/L). Asimismo, durante el año 2017 las estaciones CHI-08 (212 mg/L), CHI-09 (198 mg/L) y CHI-10 (190 mg/L). Del mismo modo durante el año 2015 las estaciones CHI-07 (16 mg/L), CHI-08 (295 mg/L), CHI-09 (298 mg/L) y CHI-10 (290 mg/L). De igual manera las estaciones que sobrepasan el ECA de 15 mg/L durante el año 2013 son CHI-08 (27 mg/L), CHI-09 (21 mg/L) y CHI-10 (57 mg/L).

Se puede inferir que durante la época de estiaje las estaciones CHI-08, CHI-09 y CHI-10 son los más afectados por el vertimiento de aguas residuales domésticos sin tratamiento previo, ya que se debe a las elevadas concentraciones microbianas. Cabe mencionar que en las estaciones CHI-08 y CHI-09 se encontraron grandes acumulaciones de residuos sólidos. Estas estaciones están ubicadas en los distritos de Ventanilla y San Martín de Porres.

Figura 26

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) - Época Estiaje (2013-2019)

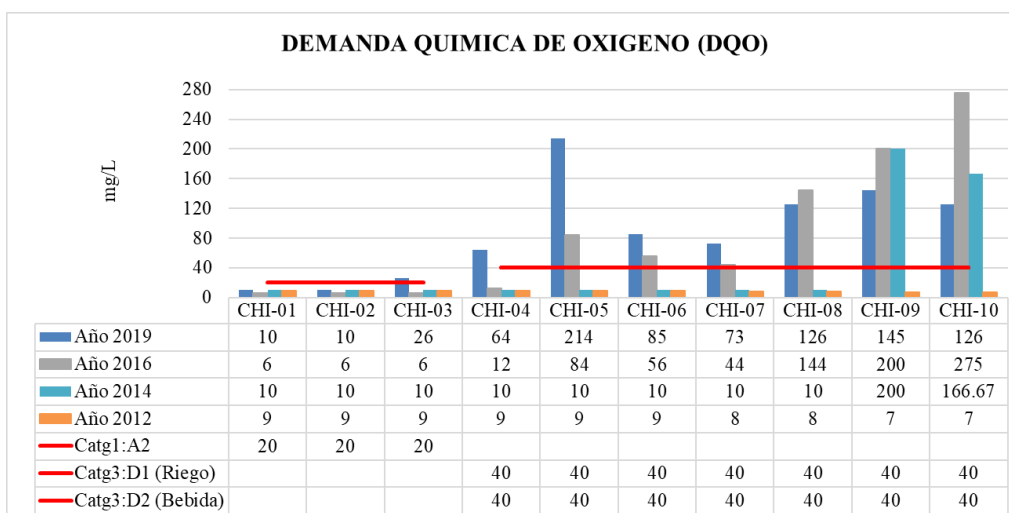


4.2.6. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Avenida: En la figura 27, se observan elevadas concentraciones de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las estaciones ubicadas en cuenca baja durante el periodo de evaluación. En época de avenida durante el año 2019 la estación que sobrepasa el ECA según la categoría 1: A2 de 20 mg/L es la estación CHI-03 con un valor de 26 mg/L. Asimismo, para el mismo año las estaciones que exceden el ECA categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales de 40 mg/L son: CHI-04 (64 mg/L), CHI-05 (214 mg/L), CHI-06 (85 mg/L), CHI-07 (73 mg/L), CHI-08 (126 mg/L), CHI-09 (145 mg/L) y CHI-10 (126 mg/L). Del mismo modo, para el año 2016 las estaciones CHI-05 (84 mg/L), CHI-06 (56 mg/L), CHI-07 (44 mg/L), CHI-08 (126 mg/L), CHI-09 (200 mg/L) y CHI-10 (275 mg/L). Durante el año 2014 solo las estaciones CHI-09 y CHI-10 han sobrepasado el ECA con valores de 200 mg/L y 166.67 mg/L. Como se observa las estaciones CHI-08, CHI-09 y CHI-10 son las más críticas por la contaminación, con valores que sobrepasan hasta en 6 veces el ECA Categoría 3 de 40.0 mg/L. Los valores altos de DQO se asocia a las concentraciones elevadas de materia orgánica que puede deberse al incremento de los vertimientos domésticos y/o industriales que se encuentran a lo largo del río Chillón.

Figura 27

Demanda Química de Oxígeno (DQO) - Época Avenida (2012 – 2019)

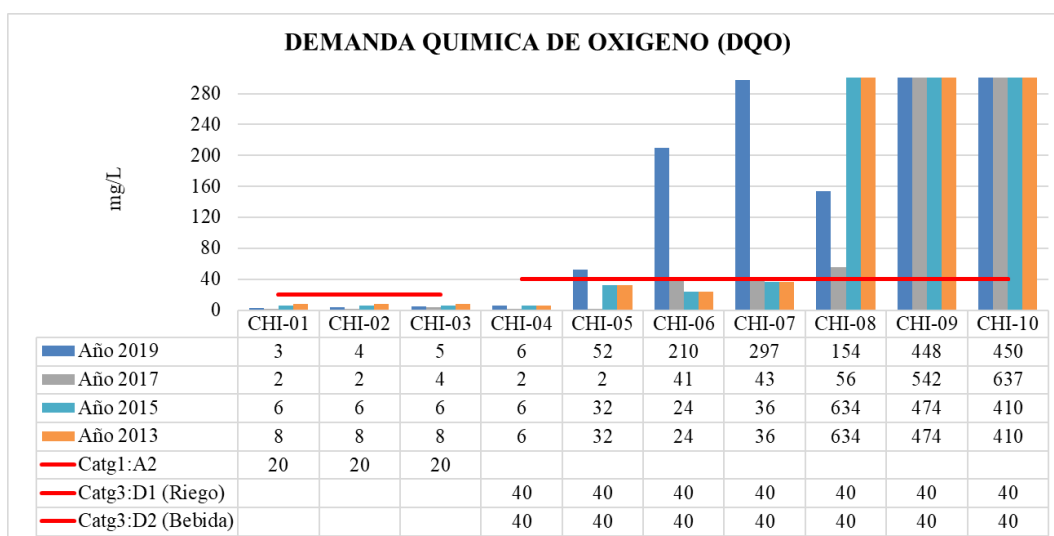


Estiaje: En la figura 28, se observan elevadas concentraciones del parámetro DQO que llegan a sobrepasar hasta en 15 veces el ECA Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales de 40.0 mg/L en la estación CHI-10 para el año 2017. Durante el año 2019 las estaciones que no cumplen el ECA son: estación CHI-05 (52 mg/L), CHI-06 (210 mg/L), CHI-07 (297 mg/L), CHI-08 (154 mg/L), CHI-09 (448 mg/L) y CHI-10 (450 mg/L). Asimismo, para el año 2017 las estaciones CHI-05 (41 mg/L), CHI-06 (43 mg/L), CHI-07 (56 mg/L), CHI-08 (450 mg/L), CHI-09 (542 mg/L) y CHI-10 (637 mg/L). De igual manera para los años 2015 y 2013 en las estaciones CHI-08 (634 mg/L), CHI-09 (474 mg/L) y CHI-10 (410 mg/L).

Según los resultados, las estaciones CHI-08, CHI-09 y CHI-10 son los más afectados, Esto puede deberse a los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento previo y acumulación de residuos sólidos que existe en la faja marginal, ya que este parámetro nos indica las concentraciones de materia orgánica, los cuales pueden ser oxidados por medios químicos. Se infiere que el exceso de materia orgánica se debe a los vertimientos de aguas residuales de tipo domésticas y/o industriales.

Figura 28

Demanda Química de Oxígeno (DQO) - Época Estiaje (2013 – 2019)



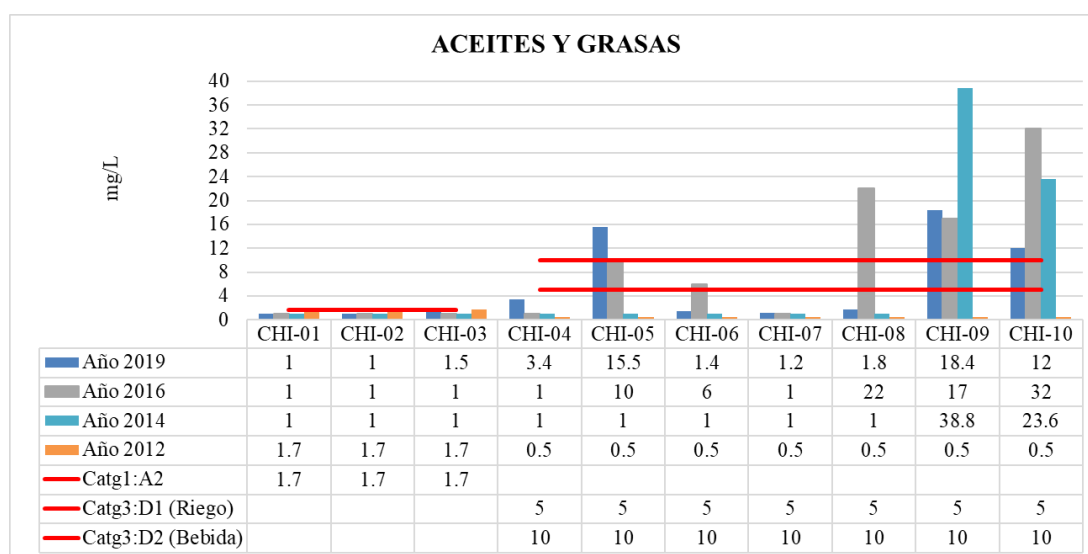
4.2.7. Aceites y Grasas

Avenida: En la figura 29, se muestra elevadas concentraciones del parámetro Aceites y Grasas en la cuenca baja, el ECA Categoría 3 Riego de vegetales es de 5.0 mg/L y Bebida de animales es de 10.0 mg/L. Durante el año 2019 las estaciones que han sobrepasado los Estándares de Calidad Ambiental son las estaciones CHI-05 (15.5 mg/L), CHI-09 (18.4 mg/L) y CHI-10 (12 mg/L). Asimismo, en el año 2016 las estaciones CHI-08 (22 mg/L), CHI-09 (17 mg/L) y CHI-10 (32 mg/L). Del mismo modo, durante el año 2014 las estaciones que han registrado valores excedentes al ECA son: CHI-09 con 38.8 mg/L y CHI-10 con 23.6 mg/L. No obstante, durante el año 2012 los datos registrados en todas las estaciones no exceden del ECA, algo inusual con respecto a los resultados de los parámetros microbiológicos.

Los aceites y grasas están constituidos por compuestos grasos de origen vegetal y/o animal, los cuales están presentes en las aguas residuales domésticas y/o industriales. Las estaciones CHI-05, CHI-08, CHI-09 y CHI-10 en algún momento han sobrepasado el ECA de 10 mg/L. Asimismo, las estaciones más afectadas son CHI-09 y CHI-10 ya que todas las aguas residuales sin tratamiento se van acumulando hasta llegar a la desembocadura del río Chillón.

Figura 29

Aceites y Grasas en Época de Avenida (2012 – 2019)

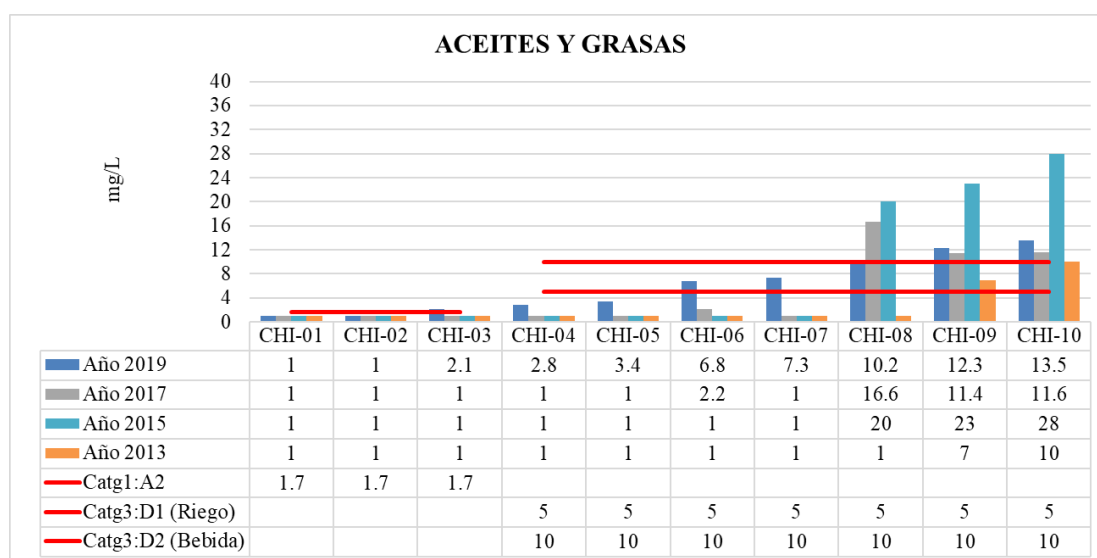


Estiaje: En la figura 30, se puede apreciar elevadas concentraciones de Aceites y Grasas en las estaciones CHI-08, CHI-09 y CHI-10. Para el uso de las aguas superficiales en cuenca baja el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua es según la Categoría 3 - Riego de vegetales de 5.0 mg/L y Bebida de animales de 10.0 mg/L. Para la época de estiaje durante año 2019 las estaciones que han sobrepasado el ECA de riego de vegetales (5 mg/L) son: CHI-06 (6.8 mg/L), CHI-07 (7.3 mg/L). Asimismo, durante el año 2013 en las estaciones CHI-09 (7 mg/L) y CHI-10 (10 mg/L).

Las estaciones que han excedido el ECA para Riego de Vegetales (10 mg/L) durante el año 2019 son: CHI-08 (10.2 mg/L), CHI-09 (12.3 mg/L) y CHI-10 (13.5 mg/L). De igual modo, durante el año 2017 son las estaciones CHI-08 (16.6 mg/L), CHI-09 (11.4 mg/L) y CHI-10 (11.6 mg/L). Asimismo, durante el año 2015 las estaciones CHI-08 con 20 mg/L, CHI-09 con 23 mg/L y CHI-10 con 28 mg/L. Se infiere que las estaciones más cercanas a la desembocadura del río en la playa Márquez CHI-08, CHI-09 y CHI-10 son las más afectadas por las aguas residuales domésticas que son vertidas sin recibir tratamiento previo. Ya que los Aceites y grasas son compuestos que se encuentran en las aguas residuales.

Figura 30

Aceites y Grasas en Época de Estiaje (2013 – 2019)

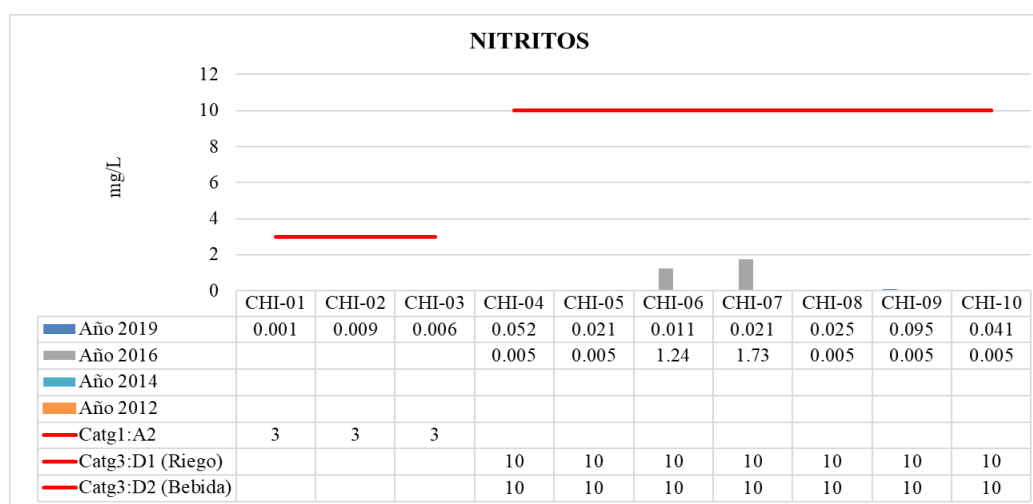


4.2.8. Nitritos

Avenida: En la figura 31, se puede apreciar las concentraciones de los Nitritos (NO_2), mantienen un comportamiento estable a lo largo de la cuenca del río Chillón cumpliendo con el ECA Categoría 3 (D1- Riego y D2- Bebida) (10 mg/L).

Figura 31

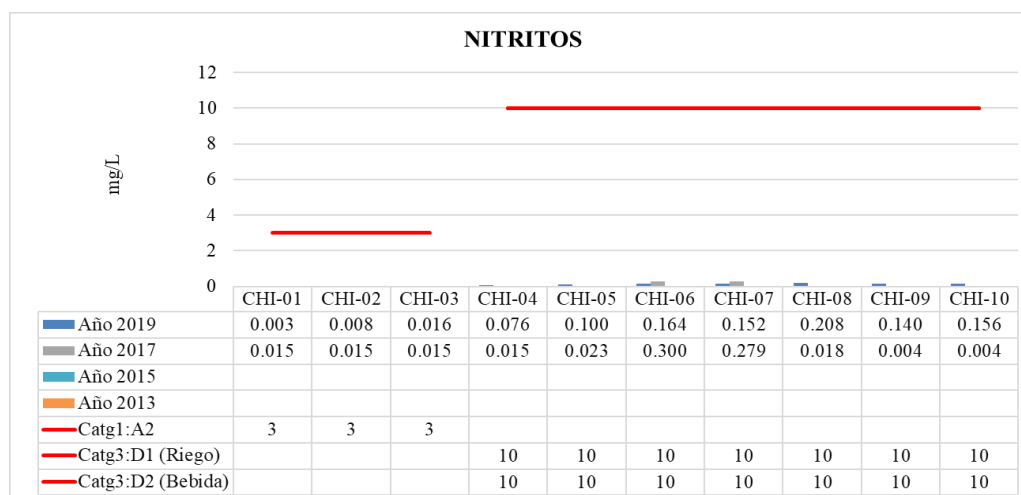
Nitritos en Época de Avenida (2012 – 2019)



Estiaje: En la figura 32, se observa un comportamiento estable de las concentraciones de Nitritos (NO_2), ninguna estación de monitoreo supera el Estándar de Calidad Ambiental para los años 2017 y 2019. No se ha evaluado en los años 2013 y 2015.

Figura 32

Nitritos en Época de Estiaje (2013 – 2019)

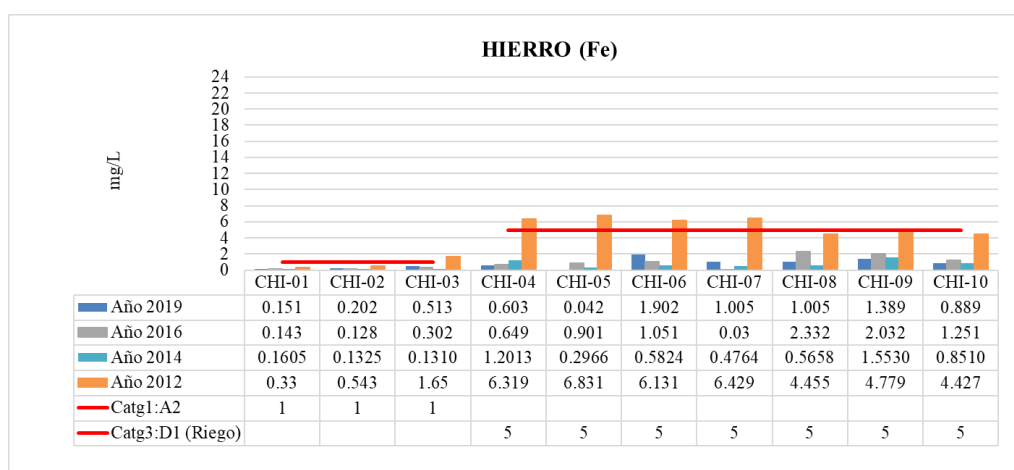


4.3.3. Hierro

Avenida: En la figura 42, las concentraciones de Hierro (Fe) superaron el ECA: D1-Riego (5 mg/L) para el año 2012 en las estaciones CHI-04, CHI-05, CHI-06 y CHI-07. Para el año 2019 las concentraciones de Hierro (Fe) tuvieron un comportamiento estable.

Figura 41

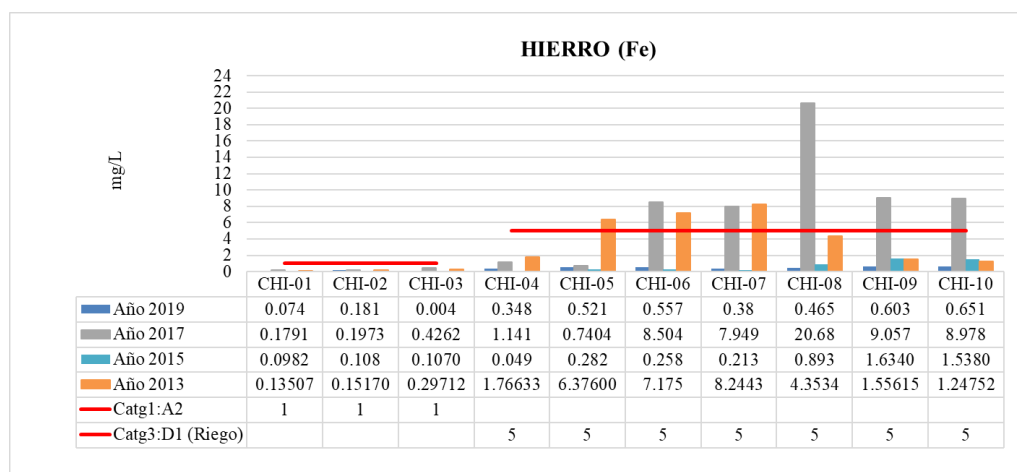
Hierro en Época de Avenida (2012 – 2019)



Estiaje: De la figura 42, se observa las concentraciones de Hierro (Fe), la estación CHI-05, CHI-06, CHI-07, CHI-08, CHI-09 y CHI-10 en el año 2013 y 2017 supera el Estándar de Calidad Ambiental (5 mg/L). Para el año 2019 tienen un comportamiento estable.

Figura 42

Hierro en Época de Estiaje (2013 – 2019)

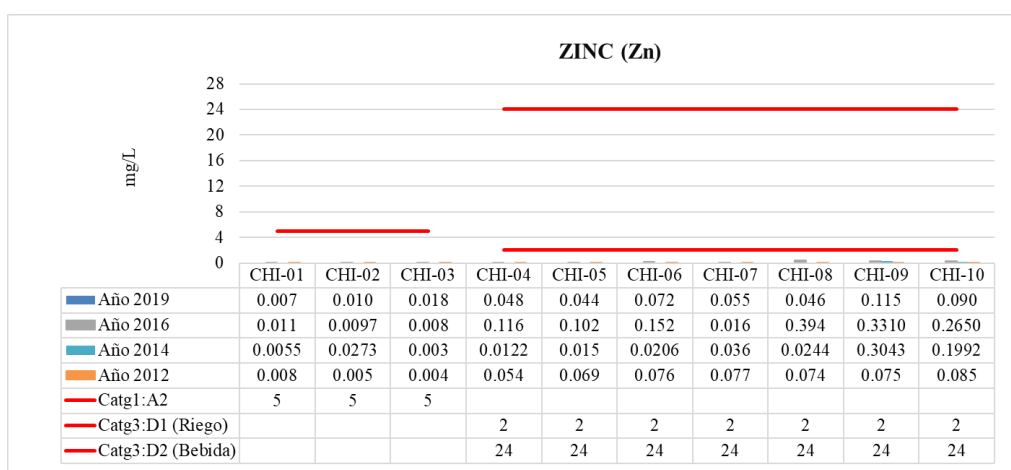


4.3.5. Zinc

Avenida: En la figura 45, se observa comportamiento estable de las concentraciones de Zinc (Zn), todas las estaciones cumplen el ECA para Categoría 3: D1-Riego (2 mg/L) y D2-Bebida (24 mg/L), en los años evaluados 2012, 2014, 2016 y 2019.

Figura 45

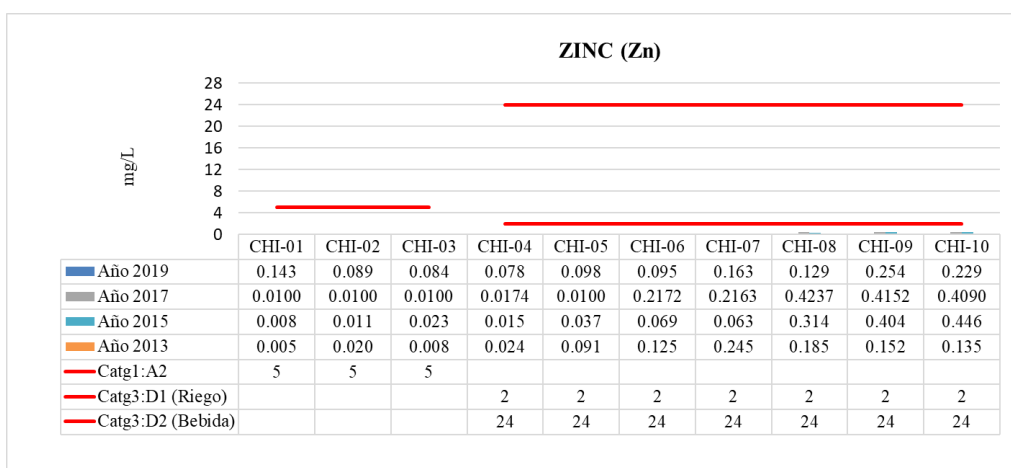
Zinc en Época de Avenida (2012 – 2019)



Estiaje: En la figura 46, las concentraciones de Zinc (Zn) mantienen una tendencia estable, las estaciones cumplen el ECA para Categoría 3: D1-Riego (2 mg/L) y D2-Bebida (24 mg/L) para los años evaluados 2013, 2015, 2017 y 2019.

Figura 46

Zinc en Época de Estiaje (2013 – 2019)

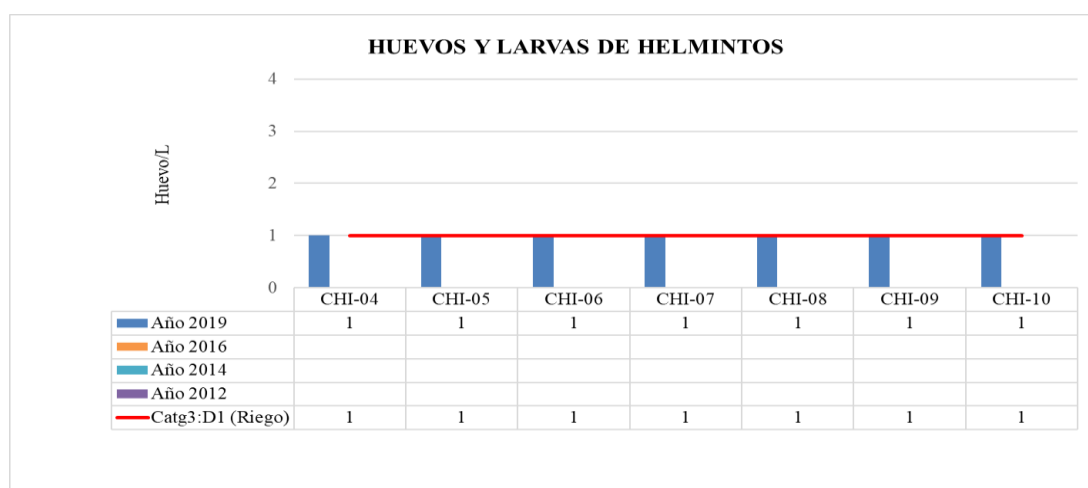


4.4.3. Huevos y Larvas de Helmintos

Avenida: En la figura 51, se observa las concentraciones de Huevos y Larvas de Helmintos, las estaciones ubicadas en cuenca baja se mantienen dentro del rango establecido en el ECA, Categoría 3: Riego de vegetales (1 Huevo/L).

Figura 51

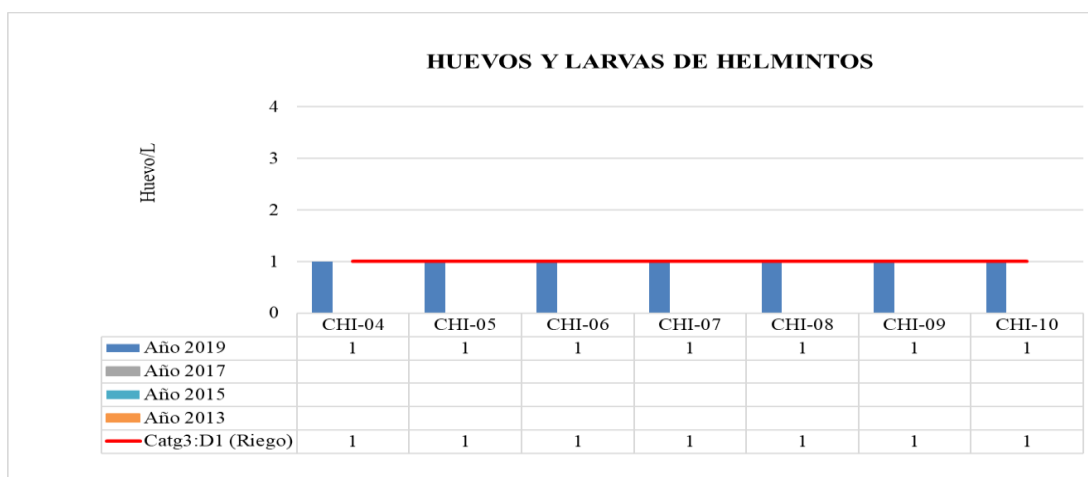
Huevos y Larvas de Helmintos en Época de Avenida (2012-2019)



Estiaje: De la figura 52, se puede apreciar las concentraciones de Huevos y Larvas de Helmintos, las estaciones ubicadas en Cuenca Baja se mantienen dentro del rango establecido en el (ECA) Categoría 3: Riego de vegetales (1 Huevo/L).

Figura 52

Huevos y Larvas de Helmintos en Época de Estiaje (2013-2019)



V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Contaminación natural y vertimiento de efluentes industriales y domésticos

Reyes Cubas (2012), en su tesis “Estudio de la Contaminación de las Aguas del Río Chillón”. En la descripción de la hidrología de su estudio presenta una superficie total aproximada de 2353.53 km², con un perímetro de 279 km, y una longitud total de 126 km, desde la laguna de Chonta a 4850 msnm, hasta la desembocadura en el mar de la Bahía de el Callao. Asimismo, señala la existencia de 22 subcuencas. La cuenca baja del río Chillón presenta un área de 1126.14 km², un perímetro igual a 207,345 km y cuya longitud del río principal es de 58,620 km.

En los resultados de los datos hidrológicos de la presente investigación son discrepantes ya que se usaron shapefile actualizados en el cual se ha identificado la delimitación de 9 subcuencas pertenecientes a la cuenca del río Chillón, con un área total de 2222.31 km² y un perímetro de 306.09 km. De igual manera la cuenca baja indica una superficie total de 296.713 Km² con perímetro de 84 km cuya longitud del río principal para la cuenca baja es de 25 km.

Según el Informe Técnico de Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua en la Cuenca del río Chillón (ANA, 2017). Se han identificado un total de 72 fuentes directas de contaminantes, de los cuales 25 son de vertimiento de aguas residuales domésticas, 01 vertimiento municipal, 7 tuberías conectadas clandestinamente y 39 botaderos de residuos sólidos. En la cuenca baja se identifican 13 vertimientos de tipo doméstico y 3 vertimientos de tipo industrial.

En mi opinión, la contaminación por el vertimiento de efluentes domésticos e industriales, va seguir incrementándose si no se adoptan lineamientos estratégicos en cumplimiento de la Ley, con apoyo de la fiscalía para la prevención del delito. Son las autoridades locales y regionales los que deben tomar el liderazgo en la fiscalización e incremento de la conciencia ambiental en la población. De modo que, favorezca la conservación del ambiente y mejora de la calidad del agua.

5.2. Sobre la evaluación de los parámetros fisicoquímicos

Aliaga, M. (2010), en sus resultados durante los años 2004, 2005 y 2006, sobrepasan el ECA. El Oxígeno Disuelto obtuvo concentraciones elevadas en las estaciones E02 de 3.7 mg/L y E07 de 3.5 mg/L durante el año 2004. El DBO₅ en todas las estaciones no cumplen con el ECA, las concentraciones fueron para la estación E06 de 190 mg/L, E07 de 170 mg/L y E08 de 356 mg/L. Asimismo, en el año 2005 en la estación E07 con 150 mg/L, E08 con 280 mg/L, E09 con 35 mg/L y E10 con 38 mg/L y para el 2006 las concentraciones más elevadas se encuentran en las estaciones E07 con 35.2 mg/L y E08 con 68.3 mg/L.

En la presente investigación los parámetros fisicoquímicos que han sobrepasado el ECA categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales son: el Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), durante el periodo 2012 - 2019. Siendo el OD más bajo en las estaciones CHI-05 (3.29 mg/L) y CHI-10 (4.78 mg/L). Asimismo, los resultados más elevados para el DBO₅ en las estaciones CHI-05 (104 mg/L) y CHI-10 (68.5mg/L). Por consiguiente, nuestros resultados son semejantes debido a la presencia de vertimientos residuales que son vertidos al río sin tratamiento propio.

Reyes Cubas (2012) en su evaluación fisicoquímica realizado durante los años 2008, 2009 y 2010. El parámetro OD no cumple el ECA en las estaciones E-02 (3.8 mg/L) y E-07 (4.0 mg/L). En el caso del parámetro DBO₅ durante el año 2008 sobrepasa el ECA en todas las estaciones monitoreadas siendo las más elevadas en E-02 (38.3 mg/L), E-08 (34.8 mg/L), E-09 (67.2 mg/L) y E-10 (48.2 mg/L). De igual manera en el año 2009 en las estaciones E-08 (28.6 mg/L), E-09 (61.3 mg/L) y E-10 (41.6 mg/L) y finalmente para el año 2010, las estaciones E-07 (35 mg/L) y E8 (72.3 mg/L). No se ha evaluado Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y Grasas.

En la presente investigación los resultados en las estaciones CHI-08, CHI-09 y CHI-10 son las más críticas durante el periodo (2012-2019). Existe un incremento de las

concentraciones de los parámetros DBO₅ y OD. El DBO₅ registra valores más altos de 165 mg/L, 320mg/L y 280 mg/L durante el año 2019 en época de estiaje. Asimismo, durante el año 2017 los valores más elevados son 212 mg/L, 198 mg/L y 190 mg/L respectivamente. El OD registra valores bajos durante el año 2019 de 4.7 mg/L, 2.9 mg/L y 3.3 mg/L. Los Aceites y Grasas registran valores elevados en las estaciones CHI-09 (18.4 mg/L) y CHI-10 (12 mg/L). La DQO en las estaciones CHI-05 (214 mg/L), CHI-09 (145 mg/L) y CHI-10 (126 mg/L).

A modo personal, en los estudios realizados anteriormente no se ha considerado los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y Grasas debido a que no se encontraba registrado en la normativa vigente para ese año de evaluación. Ahora se tiene un protocolo de monitoreo y normativa más completa.

5.3. Sobre la variación de las concentraciones de los metales pesados

Aliaga, M. (2010), en su estudio identifico a los metales pesados que han sobrepasado el ECA como: Plomo, Arsénico, Hierro y Cromo durante el periodo 2004, 2005 y 2006. El Plomo presenta su valor más alto durante el año 2005 en la estación E7 (1.22 mg/L). De igual manera el Arsénico durante el año 2004 en las estaciones E08 con 1.37 mg/L. Asimismo, el Hierro en la estación E9 con 23.8 mg/L durante el año 2004 y por último el Cromo en la estación E7 con 0.2 mg/L durante el año 2005. Las concentraciones de Cobre, Cadmio y Zinc se han mantenido por debajo del ECA. No obstante, cabe precisar que la investigación no cuenta con información completa en sus 14 estaciones durante el periodo de evaluación.

En este estudio se ha evaluado el Plomo, Hierro, Cobre, Cadmio y Zinc. Los resultados con elevada concentración concuerdan con los siguientes metales que han excedido el ECA: Plomo y Hierro, esto se debe a que no se ha evaluado los metales pesados Arsénico y Cromo. En el caso del Plomo sobrepasa el ECA en varias estaciones ubicadas en cuenca baja, su más alto valor se registra en la estación CHI-06 con 0.1740 durante el año 2019 en época de estiaje. Asimismo, el Hierro en la estación CHI-07 con 20.68 mg/L durante el año 2017. Los metales

pesados como el Cobre, Zinc y Cadmio se han mantenido mayormente debajo del ECA. A diferencia de la investigación realizada por Aliaga Martínez, la presente investigación cuenta con registros completos durante el periodo 2012-2019.

Reyes, C. (2012), durante su evaluación realizada durante los años 2008, 2009 y 2010. Señala que en la cuenca baja del río Chillón sobrepasan el ECA el Plomo, Cadmio, Cobre, Hierro y Arsénico. En el caso del Plomo desde la estación E-06 hasta E-14, registrándose el valor máximo en E-11 (0.0905 mg/L), durante el año 2009. Asimismo, el Cadmio en la estación E-14 con 0.035 mg/L. De igual modo el Cobre en el año 2008 en la estación E-10 (1.273 mg/L). De igual manera, el Hierro en la estación E-07 (15.459 mg/L), durante el año 2009 y por último el arsénico en la estación E-4 (2.87 mg/L). No obstante, el Zinc se ha mantenido estable durante el periodo evaluado y, además señala como fuente de contaminación a las fábricas de baterías, industrias informales, fábricas de papeles y fundición.

En concordancia con nuestros resultados se identifica al Plomo y Hierro como los metales pesados que más han sobrepasado el ECA durante el periodo de evaluación. Cabe precisar que se ha encontrado presencia de Cadmio durante el año 2019 en época de avenida desde la estación CHI-04 hasta CHI-10 ubicadas en la cuenca baja del río Chillón. La presencia de Cadmio concuerda con la investigación hecha por Reyes Cubas durante los años 2008 y 2009. Este resultado de presencia de Cadmio, Plomo y Hierro puede deberse a los efluentes de tipo industrial de las actividades de fundición de metales, pinturas, talleres mecánicos, industrias papeleras, curtiembre entre otras actividades industriales.

En lo que a mí respecta, se comprueba la presencia de metales pesados en la calidad del agua del río Chillón desde el año 2004 hasta la actualidad. Asimismo, los metales pesados contaminan los suelos agrícolas ya que estos son regados con las aguas del río Chillón y estaría afectando a la salud de la población.

5.4. Sobre los parámetros microbiológicos

Aliaga Martínez (2010), en su evaluación durante los años 2004, 2005 y 2006; indica que los Coliformes Termotolerantes (CT), Coliformes Fecales (CF) o Totales sobrepasan el ECA desde la estación E01 ubicada en el distrito de Carabayllo hasta la estación E14 ubicada en la desembocadura del río Chillón. Las concentraciones más elevadas del parámetro CF durante el año 2004 fueron en las estaciones E06 de 4×10^7 NMP/100 ml, E07 de 3×10^6 NMP/100 ml, E08, E10, E11, E12 y E13 con 5×10^5 NMP/100 ml. Durante el año 2005 las concentraciones más significativas fueron en las estaciones E07 de 9×10^7 NMP/100 ml y E12 1×10^6 NMP/100 ml. Durante el año 2006 los resultados más significativos fueron en las estaciones E07 de 16×10^4 NMP/100 ml y E08 de 16×10^4 NMP/100 ml. En el caso de los Coliformes Termotolerantes, solo se ha evaluado durante el año 2005 cuyos resultados sobrepasaron el ECA significativamente en las estaciones E07 de 2×10^8 NMP/100 ml, E11 de 3×10^5 NMP/100 ml, E12 de 2×10^6 NMP/100 ml y E13 de 9×10^5 NMP/100 ml.

En la presente investigación, los resultados concuerdan ya que sobrepasan el ECA en todas las estaciones ubicadas en cuenca baja del río Chillón. Existe un incremento de la materia orgánica desde Carabayllo hasta la desembocadura del río. Los Coliformes Termotolerantes alcanzan un valor máximo de 22×10^5 NMP/100 ml en la estación CHI-09. El parámetro *Escherichia Coli* un resultado más elevado en la estación CHI-09 con 14×10^5 NMP/100 ml. Los resultados en cuenca alta y media se han mantenido estables. Para los parámetros microbiológicos de Huevos y Larvas de Helmintos se han evaluado únicamente para el año 2019, los cuales se han mantenido dentro del ECA.

Reyes Cubas (2012), en su evaluación los resultados sobrepasan el ECA en todas las estaciones evaluadas durante los años 2008, 2009 y 2010. Las concentraciones más elevadas de Coliformes Fecales se dieron durante el año 2008 fueron registradas en las estaciones E-07 de 1,174,250 NMP/100 ml, E-09 de 1,582,222 NMP/100 ml y E-10 de 1,097,778 NMP/100

ml. Las concentraciones de Coliformes Termotolerantes más elevadas se dieron durante el año 2008 se registraron en las estaciones E-07 con 1,555,000 NMP/100 ml, E-09 con 3,462,222 NMP/100 ml, E-10 con 1,603,333 NMP/100 ml y E-11 con 2,401,111 NMP/100 ml. Además, el autor señala que los altos valores se deben a la presencia de una gran cantidad de desagües domésticos y arrojado de residuos sólidos en el río Chillón.

Los resultados de la presente investigación conciertan con Reyes, C. (2012). Los resultados sobrepasan el ECA en todas las estaciones ubicadas en la cuenca baja. Los Coliformes Termotolerantes registran valores más elevados durante el año 2014 en las estaciones CHI-09 con 79×10^6 NMP/100 ml y CHI-10 con 49×10^6 NMP/100 ml. El parámetro *Escherichia Coli* fue evaluado a partir del año 2017 registrando concentraciones más elevadas en CHI-08 con 11×10^5 NMP/100 ml, CHI-09 con 17×10^6 NMP/100 ml y CHI-10 con 11×10^6 NMP/100 ml. El parámetro Huevos y Larvas de Helminos se han mantenido dentro del ECA de 1 Huevo/L, según la evaluación durante el año 2019. A modo personal, la contaminación de los vertimientos domésticos genera mayor contaminación debido al incremento de la población y falta de servicios básicos. Los parámetros microbiológicos se incrementan a medida que nos acercamos al mar debido a que se colectan todos los efluentes.

VI. CONCLUSIONES

6.1 La cuenca baja del río Chillón, presenta una extensión de 296.713 km² con una longitud de su cauce principal de 25 km. Asimismo, los distritos colindantes presentan una población total de 3 385 458. En toda la cuenca del río Chillón existe un total de 25 vertimientos de aguas residuales domésticas, 01 vertimiento municipal, 7 tuberías conectadas clandestinamente. Se ha identificado 13 vertimientos de efluentes domésticos y 3 vertimientos de tipo industrial, los cuales cuentan con autorización en la cuenca baja del río Chillón.

Las fuentes de contaminación más relevantes se encuentran en los distritos de Comas, Puente Piedra y Ventanilla. Actividades industriales como: metalmecánica, plantas de fundición de metales, chatarreo en el cual se usa el agua para sus actividades. Asimismo, los efluentes domésticos, acumulación y quema de residuos sólidos (Pinturas, metales, plásticos, llantas, madera, entre otros) en los márgenes o dentro del río, tienen relación con la presencia de metales pesados y materia orgánica en las aguas superficiales del río Chillón.

6.2 Los parámetros fisicoquímicos que sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental presentando un alto grado de alteración en la calidad del agua del río Chillón, durante el periodo del 2012 al 2019 son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) Demanda Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno Disuelto (OD), Aceites y Grasas.

El parámetro DBO₅ presenta los valores más elevados en las estaciones CHI-08 (295 mg/L), CHI-09 (298 mg/L) y CHI-10 (290 mg/L) en el año 2015. El parámetro DQO registra las concentraciones más elevadas durante el año 2017 en las estaciones CHI-08 (450 mg/L), CHI-09 (542 mg/L) y CHI-10 (637 mg/L). Asimismo, el parámetro OD durante el año 2014 en las estaciones CHI-09 (1.5 mg/L) y CHI-10 (0.4mg/L). Del mismo modo, el parámetro Aceites y Grasas en las estaciones CHI-08 (20 mg/L), CHI-09 (23mg/L) y CHI-10 (28 mg/L) durante el año 2015.

6.3 Las concentraciones de los Metales Pesados con alto grado de alteración en la calidad del agua que sobrepasan el ECA, durante el periodo 2012 al 2019 son: Cobre (Cu), Hierro (Fe)

y Plomo (Pb). El Cobre registra las concentraciones más elevadas en la estación CHI-09 (0.5398 mg/L) durante el año 2014. El Hierro registra concentraciones más altas durante el año 2017 en las estaciones CHI-07 (20.68 mg/L), CHI-09 (9.057 mg/L) y CHI-10 (8.978 mg/L) y el Plomo registra las concentraciones más elevadas en las estaciones CHI-07 (0.1293 mg/L), CHI-08 (0.1285 mg/L), CHI-09 (0.1156 mg/L) y CHI-10 (0.1183 mg/L) durante el año 2017.

6.4 En términos generales podemos indicar que los parámetros microbiológicos: Coliformes Termotolerantes y *Escherichia Coli* sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) – Categoría 3 en todas las estaciones evaluadas en cuenca baja durante el periodo de evaluación del 2012 al 2019. No obstante, el parámetro Huevos y Larvas de helmintos cumple con el ECA durante el año 2019 con un registro menor a 1 Huevo/L.

Los Coliformes Termotolerantes registran las concentraciones más elevadas durante el año 2014 en las estaciones: CHI-09 (79×10^6 NMP/100ml) y CHI-10 (49×10^6 NMP/100ml). Asimismo, durante el año 2015 en las estaciones CHI-08 (33×10^6 NMP/100ml), (CHI-09 (33×10^6 NMP/100ml) y CHI-10 (33×10^6 NMP/100ml). El parámetro *Escherichia Coli* registra las concentraciones más elevadas durante el año 2017 en las estaciones CHI-08 (11×10^5 NMP/100ml), CHI-09 (17×10^6 NMP/100ml) y CHI-10 (11×10^6 NMP/100ml). Del mismo modo durante el año 2019 en las estaciones CHI-09 (14×10^5 NMP/100ml) y CHI-10 (33×10^4 NMP/100ml) en época de estiaje. Las concentraciones de los Coliformes Termotolerantes y *Escherichia Coli* se incrementan a medida que nos acercamos a la desembocadura del río Chillón.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 La Municipalidad de Lima en coordinación con SEDAPAL y otras municipalidades colindantes a la cuenca abaja del río Chillón construyan una Planta de Tratamiento de aguas residuales domésticas con tecnología de “Lodos activados” ya que se puede implementar en áreas pequeñas garantizando la reducción de la materia orgánica en un 95% y tener un efluente que cumpla con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en manera sostenible. Es una tecnología convencional, probado y difundido en la cual sus aguas residuales tratadas pueden ser reutilizados en el riego de áreas agrícolas, parques y jardines. Asimismo, los lodos que se generan pueden ser reutilizado como abono orgánico previa desinfección.

7.2 Los Organismos de Evaluación y Fiscalización Ambiental en conjunto con SEDAPAL, Municipalidades y la Autoridad Nacional del Agua evalúen el área para mejorar la vigilancia y control de los efluentes industriales. Asimismo, la identificación de nuevas actividades industriales que se dan en los distritos con alta concentración de estos metales pesados en los distritos de Carabayllo, Comas, Puente Piedra, Los olivos, San Martín de Porres y Ventanilla.

7.3 Durante la evaluación de la calidad del agua en cuenca baja se ha tenido inconvenientes con personas que se han adueñado de los accesos al río Chillón. El tráfico ilegal de terrenos se sigue incrementando en la faja marginal del río de los distritos de Carabayllo y Comas. Esto genera mayor número de actividades antropogénicas y contaminación por falta de servicios básicos. Por ello, se recomienda a las Municipalidades competentes junto a la Policía Nacional del Perú y fiscalía correspondiente la expropiación o reubicación de la población que han establecido sus casas sin permiso de las autoridades, convirtiendo la faja marginal en asentamientos humanos e incentivar a los pobladores de zonas urbanas a reportar a las Entidades Fiscalizadoras Ambientales (EFA) u otra autoridad competente para que actúen de manera oportuna en conjunto con la Policía Nacional del Perú haciendo valer lo que indica el art. 115 de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338.

7.4 Se recomienda al Ministerio del Ambiente desarrollar una gestión de prevención de la contaminación realizando campañas de difusión masiva en radio, periódicos, televisión y redes sociales sobre los riesgos de ocupación en la faja marginal y contaminación antropogénica. Asimismo, desarrollar programas de sensibilización mediante talleres e incentivar a la población de participar activamente y fortalecer las capacidades técnicas, operativas y presupuestales de las Entidades de Fiscalización Ambiental (EFA) de los gobiernos locales y regionales.

7.5 Se recomienda a las Municipalidades de Carabaylo, Comas, San Martín de Porres, Los Olivos y Ventanilla. Descolmatar periódicamente el cauce del río en conjunto con la Autoridad Nacional del Agua y Gobiernos Regionales a fin de evitar posibles desbordes durante la época de avenida.

7.6 La Municipalidad Metropolitana de Lima en conjunto a las Municipalidades competentes deben establecer un plan de reforestación en la cuenca baja del río Chillón y la monumentación de hitos cada 100 metros para la delimitación de la faja marginal dada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como zonas intangibles.

7.7 Se recomienda al Ministerio del Ambiente iniciar políticas públicas de educación ambiental en la cual se debe establecer la participación activa de todos los medios de comunicación públicos y privados, los cuales deberían comunicar temas relacionados a la reducción de nuestra huella ecológica desde la televisión, radio, páginas web, entre otros. De esta manera se podría informar y sensibilizar sobre la importancia del cuidado del medio ambiente a la mayor cantidad de la población de todas las edades.

VIII. REFERENCIAS

- Aliaga, M.P. (2010). *Situación Ambiental del Recurso Hídrico en la cuenca baja del río Chillón y su factibilidad de recuperación para el Desarrollo Sostenible*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. UNI-Repositorio Institucional <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/645>
- Autoridad Nacional del Agua – ANA (2012). *Informe Técnico de Resultados del Primer Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Chillón*. Lima, Perú. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2971>
- Autoridad Nacional del Agua – ANA (2013). *Informe Técnico de Resultados del Segundo Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Chillón*. Lima, Perú. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2767>
- Autoridad Nacional del Agua – ANA (2014). *Informe del Primer Monitoreo 2014 De La Calidad de Agua Superficial en la Cuenca del Río Chillón*. Lima, Perú. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2073>
- Autoridad Nacional del Agua – ANA (2016). *Resultado del Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua de la Cuenca del Río Chillón*. Lima, Perú. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2191>
- Autoridad Nacional del Agua – ANA (2016). *Informe Técnico de Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Chillón -2016*. Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua – ANA (2017). *Informe Técnico de Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río*. Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua – ANA (marzo, 2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)*. Lima, Perú. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>

- Chávez L. N. (2015). *Evaluación Espacial y Temporal del Índice de Calidad del Agua del Río Cazonas en Coatzintha*. https://www.uv.mx/pozarica/mca/files/2019/05/G02_Luz-Nalleli-Chavez-Martinez.pdf
- Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria - DIGESA (2015) *Estándares de Calidad Ambiental de Agua Grupo N° 3: Riego de Vegetales y Bebida de animales*. Lima, Perú. http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf
- Higueras P., Oyarzun R. (2008). *Curso de Minería y Medio Ambiente*. <https://blog.uclm.es/pablohigueras/curso-de-mineria-y-medio-ambiente/>
- IAGUA (marzo, 2017). *Las Aguas Residuales y sus Efectos Contaminantes*. <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET (diciembre, 1979). *Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Chillón*. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/249#files>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2018). *Mapa Geológico del Perú*. <https://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/713984/GEOLOGICO+-+22.05.2018.pdf>.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2018). *Geocatmin - Geología Integrada 100,000*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2017). *Provincia Constitucional del Callao: Compendio Estadístico 2017*. <http://www.keneamazon.net/Documents/INEI/Callao.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2017). *Provincia de Lima: Compendio Estadístico 2017*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digita/es/Est/Lib1477/libro.pdf

Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA (1995). *Mapa Ecológico del Perú, Guía Explicativa*. <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Maps/INRENA-mapa-ecologico.pdf>

Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA (octubre, 2003). *Estudio Integral de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Chillón*. <https://es.slideshare.net/migueledgar/estudio-hidrologico-chillon>

Larios, J. F., González, C. y Morales, Y. (2015). Las Aguas Residuales y sus Consecuencias en el Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*. <https://pre-www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>

León M.G. (enero, 2014). *Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Microcuenca del Río Conguime y Diseño de una Propuesta de Mitigación para la Zona Crítica Establecida Mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA BROWN) en la Provincia de Zamora Chinchipe Cantón Paquisha. Ecuador*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2256/1/T-UCE-0012-296.pdf>

Ministerio del Ambiente – MINAM. *Estándares nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. D.S. N° 004-2017-MINAM. Norma legal. Lima, 2017, 07, junio*.

Municipalidad Metropolitana de Lima (2013). *Plan Integral de la Cuenca Chillón, Intercuencas La Pampilla, Ventanilla, Santa Rosa y Ancón y la Zona Marítima Costera Callao – Pasamayo – Plan de Ordenamiento Territorial (Pot Cuenca Chillón)*. <http://sitr.regioncallao.gob.pe/catalogoDocumento/4%20CAPITULO%20IV%20FISICO%20CHILLON%204.1%20a%204.9%20222222.pdf>.

Municipalidad Metropolitana de Lima (2013). *Plan Integral de la Cuenca Chillón, Intercuencas La Pampilla, Ventanilla, Santa Rosa y Ancón y La Zona Marítima Costera Callao – Pasamayo (POT Cuenca Chillón)*.

<http://sitr.regioncallao.gob.pe/catalogoDocumento/2%20CAPITULO%20I%20y%20I%20INTRODUCCION%20Y%20METODOLOGIA%20CHILLON%201.1%20a%202.1IMPRES.pdf>

Ocasio F.A. (2008). *Evaluación de la Calidad del Agua y Posibles Fuentes de Contaminación en su Segmento del Río Piedras*. San Juan.

http://www.anagmendez.net/cupey/pdf/biblioteca_tesisamb_ocasiosantiago2008.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, La Ciencia y la Cultura - Unesco (1971). Mapa Mundial de Suelos 1:5 000 000, Volumen IV América del Sur.

<http://www.fao.org/3/a-as361s.pdf>

Organización Mundial de la Salud – OMS (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable*.

https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf

Organización Mundial de la Salud – OMS (2012). *Water Quality and Health Strategy 2013 – 2020*. <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/998-eng.pdf>

Organización Mundial de la Salud – OMS. (14 de junio de 2019). *Agua*.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.

Quintana, R., Sánchez, J., Ortiz, E. y Gómez, J.L. (2007). *La Contaminación de los Ríos, otro Punto de Vista Primera Parte*. *Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ*.

https://www.researchgate.net/publication/235997290_La_contaminacion_de_los_rios_otro_punto_de_vista

Ramos D. S. (2015). *Tema 11: Calidad del Agua y su Control*.

http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf

- Ramos, V. K. (2016). *Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos de las Aguas Superficiales Contaminadas en el Estuario del Río Chillón – AAHH Márquez Callao 2016*.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/40774/Ramos_VV..pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reyes, C.M. (2012). *Estudio de la Contaminación de las aguas del río Chillón*.
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1082>.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI (s.f). *Plan de Remediación Ambiental para el Cierre de la Ampliación del Tajo – Compañía Minera Las Camelias S.A.* Lima.
- Sierra Ramírez, Carlos Alberto (enero, 2011). *Calidad del Agua Evaluación y Diagnóstico*.
Medellín: Digiprint Editores E.U. Obtenido de
<https://es.slideshare.net/overluismarzolahernandez/calidad-del-agua-evaluacin-y-diagnostico-carlos-alberto-sierra-ramires>
- Terrones, A. y Herrera, C.V. (abril, 2015). *Calidad del Agua en la Cuenca Baja del Río Chillón en Época de Estiaje y Riesgo por el uso Directo en Riego Agrícola*.
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1480>
- Valencia, R., Sánchez, J., Ortiz, E., Gómez, JL. (2007). Ciencia en la Frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ. *La contaminación de los ríos, otro punto de vista Primera parte*.
https://www.researchgate.net/publication/235997290_La_contaminacion_de_los_rios_otro_punto_de_vista.
- Vásquez, A.O. (2018). *Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimiento de Efluentes Industriales en la Subcuenca del Río San Juan, 2006-2016, Cerro de Pasco*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. UNFV – Repositorio Institucional
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2222>

Villa M. A. (2011). *Evaluación de la Calidad del Agua en la Subcuenca del Río Yacuambi. Propuestas de Tratamiento y Control de la Contaminación.* Ecuador.
<https://docplayer.es/64851035-Evaluacion-de-la-calidad-del-agua-en-la-subcuenca-del-rio-yacuambi-propuestas-de-tratamiento-y-control-de-la-contaminacion.html>

Villena J. A. (2018). Calidad del Agua y Desarrollo Sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, p. 305-306
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200019

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y VERTIMIENTOS DE EFLUENTES EN LA CUENCA BAJA DEL RIO CHILLÓN. 2012-2019-LIMA				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema Principal	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente	Tipo de Investigación
¿En qué medida varía la calidad del agua por los vertimientos de los efluentes industriales y domésticos en el periodo 2012 al 2019 en la cuenca baja del río Chillón?	Evaluar la calidad del agua por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer su grado de alteración en la cuenca baja del río Chillón.	La calidad del agua presenta alto grado de alteración por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos en la cuenca baja del río Chillón	Calidad del Agua	Investigación descriptiva y aplicada con enfoque cuantitativo
Problemas Secundarios	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Independiente	Diseño de la Investigación
1. ¿De qué manera las fuentes de contaminación natural y vertimiento de efluentes industriales y domésticos afectan a la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón?	1. Identificar las fuentes de contaminación natural y vertimiento de efluentes industriales y domésticos que influyen sobre la calidad del agua.	1. Las fuentes de contaminación natural por vertimientos de efluentes industriales y domésticos que influyen en mayor magnitud sobre la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.	Vertimiento de Efluentes	La presente investigación tiene diseño No experimental-Longitudinal, ya que no se desarrollan ensayos o experimentos que pretendan modificar la variable del objeto de estudio
2. ¿Cómo la evaluación de los parámetros fisicoquímicos permite conocer el grado de alteración en la calidad del agua por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos en la cuenca baja del río Chillón?	2. Evaluar los parámetros fisicoquímicos por el vertimiento de efluentes industriales y domésticos durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer el grado de alteración de la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.	2. La calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón registra un alto grado de alteración en sus parámetros fisicoquímicos por los vertimientos de los efluentes industriales y domésticos.		
3. ¿De qué manera varían las concentraciones de los metales pesados en la calidad del agua por el vertimiento de efluentes industriales en la cuenca baja del río Chillón?	3. Establecer la variación de las concentraciones de los metales pesados por el vertimiento de efluentes industriales durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer su grado de alteración de la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.	3. La calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón registra elevada concentración de los metales pesados por los vertimientos de los efluentes industriales.		
4. ¿En qué medida la evaluación de los parámetros microbiológicos permite conocer el grado de alteración en la calidad del agua por el vertimiento de efluentes domésticos en la cuenca baja del río Chillón?	4. Evaluar los parámetros microbiológicos por el vertimiento de efluentes domésticos durante el periodo 2012 al 2019 a fin de conocer el grado de alteración de la calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón.	4. La calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón registra un alto grado de alteración en los parámetros microbiológicos por los vertimientos de los efluentes domésticos.		

Anexo B. Panel fotográfico complementario

Registro Fotográfico	
Monitoreo en Época de Avenida y Estiaje	
Estación CHI-01. Muestras de Agua de cabecera de cuenca y etiquetado de las muestras	
	
Estación CHI-02 y CHI-03. Medición de los parámetros de campo con uso del Equipo Potenciometro y uso de preservantes para las muestras de agua	
	
Medición del Oxígeno Disuelto y uso de preservantes para las muestras de agua	
	

Medición de Potencial de Hidrogeno y uso de preservantes para las muestras



Estación CHI-05 ubicado en el Distrito de Puente Piedra




Etiquetado de muestras microbiologicas



Medición del Potencial de hidrogeno

Uso de preservante (Acido Clorhidrico) para las muestras de Aceites y Grasas



<p>Estación CHI-04. Efluentes domésticos de asentamientos humanos</p>	<p>Estación CHI-06. Acumulación de residuos Sólidos en la faja marginal del rio Chillón</p>
 <p>16 feb. 2019 10:34:44 a. m.</p>	 <p>26 may. 2019 9:58:41 a. m.</p>
<p>Estación CHI-09. Contaminación por Residuos Sólidos y Desechos de Chancherías Cerca a la Desembocadura en el Distrito de Ventanilla – Callao.</p>	
 <p>16 feb. 2019 1:04:26 p. m.</p>	 <p>16 feb. 2019 1:00:15 p. m.</p>
<p>Estación CHI-10 ubicada cerca en la desembocadura de las aguas del rio Chillón</p>	
 <p>26 may. 2019 1:54:25 p. m.</p>	 <p>26 may. 2019 1:47:46 p. m.</p>

Análisis de resultados en el Laboratorio de Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo (FIGAE)	
Análisis de los parametros de Nitritos y Nitratos por el método Colorimetro	Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, según el método Winkler
	
Análisis de las concentraciones de los Metales Pesados en la Máquina ICP	
	
Medición de Nitritos con el método de Columna de Cadmio y Cobre	Muestras de Aceites en la estufa, según el método de Granulometría
	

Análisis del parámetro de Sulfatos con el método Colorimetría



Muestras del parámetro de Demanda Química de Oxígeno por el método de Colorimetría



Análisis de los parámetros de Nitritos



Preparación de muestras de Metales Pesados para llevar a la Máquina ICP



Muestras en Digestión para medición de las concentraciones de Metales Pesados



Preparación del Caldo de Cultivo para el análisis del parámetro Demanda Química de Oxígeno para 5 días (DBO5) según el método de Wincler



Uso de Acido Sulfurico para analizar el parámetro Demanda Química de Oxígeno según el método Colorimetro



Uso de 15 ml de Hexano y 5 ml de Acido Clorhidrico para el análisis del parámetro de Aceites y Grasas.



Anexo C. Resultados de laboratorio de los parámetros microbiológicos



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-3246

I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL : ROBINSON JUNIOR CASTELLARES QUISPE
 2. DIRECCIÓN : NO INDICA
 3. PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y VERTIENTOS
 DE EFLUENTES EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN.2012
 - 2019 - LIMA
 4. PROCEDENCIA : AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO CHILLÓN (ÉPOCA DE
 AVENIDA)
 5. SOLICITANTE : ROBINSON JUNIOR CASTELLARES QUISPE
 6. ORDEN DE SERVICIO N° : OS-18-1910
 7. PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
 8. MUESTREADO POR : EL CLIENTE
 9. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2019-06-13

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ : AGUA
 2. NÚMERO DE MUESTRAS : 10
 3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-02-18
 4. PERÍODO DE ENSAYO : 2019-02-18 al 2019-02-28

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TITULO
Coliformes Fecales o Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23nd Ed.2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures. Thermotolerant coliform test (EC medium)
Escherichia Coli	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 23nd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia Coli Test (EC-MUG Medium)

"Este informe de ensayo reemplaza en su totalidad al informe de ensayo IE-19-2227-IE-19-0836"


 José Luis Chipana Chipana
 Director Técnico
 CQP 1104

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
 Telf. +51 7130636 / 453 1389 / 940 598 588
 Email. ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe

Página 1 de 5



IV. RESULTADOS

INFORME DE ENSAYO IE-19-3246

ITEM	1	2	3		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-06403	M-06404	M-06405		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CHI-01	CHI-02	CHI-03		
COORDENADAS UTM WGS 84:	E:0335580 N:8740100	E:0319934 N:8728232	E:0293427 N:8708087		
MATRIZ:	AGUA				
GRUPO:	NATURAL				
SUBGRUPO:	SUPERFICIAL				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
MUESTREO	FECHA:	2019-02-15	2019-02-15	2019-02-15	
	HORA:	09:27	11:40	14:15	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M			
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	20.0	17.0
Escherichia Coli	NMP/100mL	1.8	<1.8	14.0	12.0

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



IV. RESULTADOS

INFORME DE ENSAYO IE-19-3246

ITEM	4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-06406	M-06407	M-01708
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CHI-04	CHI-05	CHI-06
COORDENADAS UTM WGS 84:	E:0281281 N:8691750	E:0275045 N:8683304	E:0274272 N:8681821
MATRIZ:	AGUA		
GRUPO:	NATURAL		
SUBGRUPO:	SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA		
MUESTREO	FECHA:	2019-02-15	2019-02-15
	HORA:	16:06	17:25
			2019-02-16 08:50
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8 3.9X10 ⁴ 24000
Escherichia Coli	NMP/100mL	1.8	<1.8 2.0X10 ⁴ 9200

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de
Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con
normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


INFORME DE ENSAYO IE-19-3246
IV. RESULTADOS

ITEM	7	8	9		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-01709	M-01710	M-01711		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CHI-07	CHI-08	CHI-09		
COORDENADAS UTM WGS 84:	E:0273778 N:8680668	E:0271877 N:8678182	E:0268481 N:8679276		
MATRIZ :	AGUA				
GRUPO :	NATURAL				
SUBGRUPO :	SUPERFICIAL				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO :	NO APLICA				
MUESTREO	FECHA :	2019-02-16	2019-02-16	2019-02-16	
	HORA :	10:09	11:46	13:15	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M			
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	24000	14000	1700000
Escherichia Coli	NMP/100mL	1.8	5400	1700	120000

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO IE-19-3246
IV. RESULTADOS

ITEM		10	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-01712	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		CHI-10	
COORDENADAS UTM WGS 84:		E:0267220 N:8679284	
MATRIZ:		AGUA	
GRUPO:		NATURAL	
SUBGRUPO:		SUPERFICIAL	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
MUESTREO	FECHA:	2019-02-16	
	HORA:	14:12	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	280000
Escherichia Coli	NMP/100mL	1.8	39000

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DEL DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-2835

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: ROBINSON JUNIOR CASTELLARES QUISPE
2.-DIRECCIÓN	: NO INDICA
3.-PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y VERTIMIENTOS DE
4.-PROCEDENCIA	EFLUENTES EN LA CUENCA BAJA DEL RIO CHILLÓN. 2012 - 2019 - LIMA
5.-SOLICITANTE	: AGUA SUPERFICIALES DEL RIO CHILLÓN (EPOCA DE ESTIAJE)
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: ROBINSON JUNIOR CASTELLARES QUISPE
7.-PLAN DE MONITOREO	: OS-19-0974
8.-MUESTREADO POR	: NO APLICA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: EL CLIENTE
	: 2019-06-11

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-MATRIZ	: AGUA
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 10
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2019-05-26
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2019-05-26 al 2019-06-11



José Luis Chipana Chipana
 Director Técnico
 CQP 1104

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-2835
III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	SMEWW 9221 F.2. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.
Escherichia Coli (NMP)	SMEWW 9221 F.2. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.
Huevos de Helmintos	ALAB-LAB-27. 2018	Quantification and Identification of Helminth Eggs in Water

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-2835

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-08090	M-08091	M-08092
CÓDIGO DEL CLIENTE:			CHI-01	CHI-02	CHI-03
COORDENADAS:			E: 0335580	E: 0319934	E: 0293427
UTM WGS 84:			N: 8740100	N: 8728232	N: 8708087
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO			NATURAL		
SUBGRUPO			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA		
INICIO DE MUESTREO			FECHA: 2019-05-25	2019-05-25	2019-05-25
			HORA: 10:34	13:30	14:46
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS		
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100 MI	1.8	13.0	33.0	280.0
Escherichia Coli (NMP)	NMP/100 MI	1.8	7.8	11.0	47.0
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	-	-	<1

L.C.M.: Límite de cuantificación de método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-2835
IV. RESULTADOS

ITEM			4	5	6	
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-08093	M-08094	M-08095	
CÓDIGO DEL CLIENTE:			CHI-04	CHI-05	CHI-06	
COORDENADAS:			E: 0281281	E: 0275045	E: 0274272	
UTM WGS 84:			N: 8691750	N: 8683304	N: 8681821	
MATRIZ:			AGUA			
GRUPO			NATURAL			
SUBGRUPO			SUPERFICIAL			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA			
INICIO DE MUESTREO			FECHA:	2019-05-25	2019-05-26	2019-05-26
			HORA:	16:18	08:25	09:31
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS			
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100 MI	1.8	3 500	160 000	160 000	
Escherichia Coli (NMP)	NMP/100 MI	1.8	1 700	92 000	22 000	
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	<1	<1	<1	

L.C.M.: Límite de cuantificación de método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-2835

IV. RESULTADOS

ITEM			7	8	9
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-08096	M-08097	M-08098
CÓDIGO DEL CLIENTE:			CHI-07	CHI-08	CHI-09
COORDENADAS:			E: 0273778	E: 0271877	E: 0268481
UTM WGS 84:			N: 8680668	N: 8678182	N: 8679276
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO:			NATURAL		
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA		
INICIO DE MUESTREO			FECHA:	2019-05-26	2019-05-26
			HORA:	10:22	11:29
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS		
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100 MI	1.8	22 000	16 000	1 400 000
Escherichia Coli (NMP)	NMP/100 MI	1.8	7 000	9 200	1 400 000
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	<1	<1	<1

L.C.M.: Límite de cuantificación de método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-2835

IV. RESULTADOS

ITEM			10
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-08099
CÓDIGO DEL CLIENTE:			CHI-10
COORDENADAS:			E: 0267220
UTM WGS 84:			N: 8679284
MATRIZ:			AGUA
GRUPO:			NATURAL
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA
INICIO DE MUESTREO			FECHA: 2019-05-26
			HORA: 13:47
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100 MI	1.8	2 200 000
Escherichia Coli (NMP)	NMP/100 MI	1.8	330 000
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	<1

L.C.M.: Límite de cuantificación de método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DEL DOCUMENTO"



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-3247

I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZÓN SOCIAL : ROBINSON JUNIOR CASTELLARES QUISPE
2. DIRECCIÓN : NO INDICA
3. PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y VERTIMIENTOS DE EFLUENTES EN LA CUENCA BAJA DEL RIO CHILLÓN. 2012 - 2019 - LIMA
4. PROCEDENCIA : AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO CHILLÓN (ÉPOCA DE AVENIDA)
5. SOLICITANTE : ROBINSON JUNIOR CASTELLARES QUISPE
6. ORDEN DE SERVICIO N° : OS-18-1910
7. PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
8. MUESTREO POR : EL CLIENTE
9. FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2019-06-13

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1. MATRIZ : AGUA
2. NÚMERO DE MUESTRAS : 8
3. FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-02-18
4. PERÍODO DE ENSAYO : 2019-02-18 al 2019-02-28

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA REFERENCIA	TÍTULO
Huevos de Helmintos	Método de concentración y lavado - cuantitativo. Métodos simplificados de análisis microbiológicos de aguas residuales. OPS/CEPIS. Carmen Vargas. Lima, Perú. 1983	Detección, identificación y cuantificación de protozoarios y helmintos

"Este informe de ensayo reemplaza en su totalidad al informe de ensayo IE-19-2228-IE-19-0837"


José Luis Chipana Chipana
 Director Técnico
 CQP 1104

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
 Telf. +51 7130636 / 453 1389 / 940 598 588
 Email. ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe

Página 1 de 3



INFORME DE ENSAYO IE-19-3247

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-06408	M-06409	M-06410
CÓDIGO DEL CLIENTE:			CHI-03	CHI-04	CHI-05
COORDENADAS			E:0293427	E:0281281	E:0275045
UTM WGS 84:			N:8708087	N:8691750	N:8683304
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO:			NATURAL		
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA		
MUESTREO			FECHA:	2019-02-15	2019-02-15
			HORA:	14:15	16:06
					2019-02-15
					17:25
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS		
Huevos de Helmintos	Huevo / L	1	<1	<1	<1

IV. RESULTADOS

ITEM			4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-01713	M-01714	M-01715
CÓDIGO DEL CLIENTE:			CHI-06	CHI-07	CHI-08
COORDENADAS			E:0274272	E:0273778	E:0271877
UTM WGS 84:			N:8681821	N:8680668	N:8678182
MATRIZ:			AGUA		
GRUPO:			NATURAL		
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA		
MUESTREO			FECHA:	2019-02-16	2019-02-16
			HORA:	08:50	10:09
					11:46
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS		
Huevos de Helmintos	Huevo / L	1	<1	<1	<1

"L.C.M " : Límite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao

Telf. +51 7130636 / 453 1389 / 940 598 588

Email. ventas@alab.com.pe

www.alab.com.pe

Página 2 de 3

IV. RESULTADOS

ITEM			7	8
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-01716	M-01717
CÓDIGO DEL CLIENTE:			CHI-09	CHI-10
COORDENADAS			E:0268481	E:0267220
UTM WGS 84:			N:8679276	N:8679284
MATRIZ:			AGUA	
GRUPO:			NATURAL	
SUBGRUPO:			SUPERFICIAL	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA	
MUESTREO	FECHA:		2019-02-16	2019-02-16
	HORA:		13:15	14:12
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS	
Huevos de Helmintos	Huevo / L	1	<1	<1

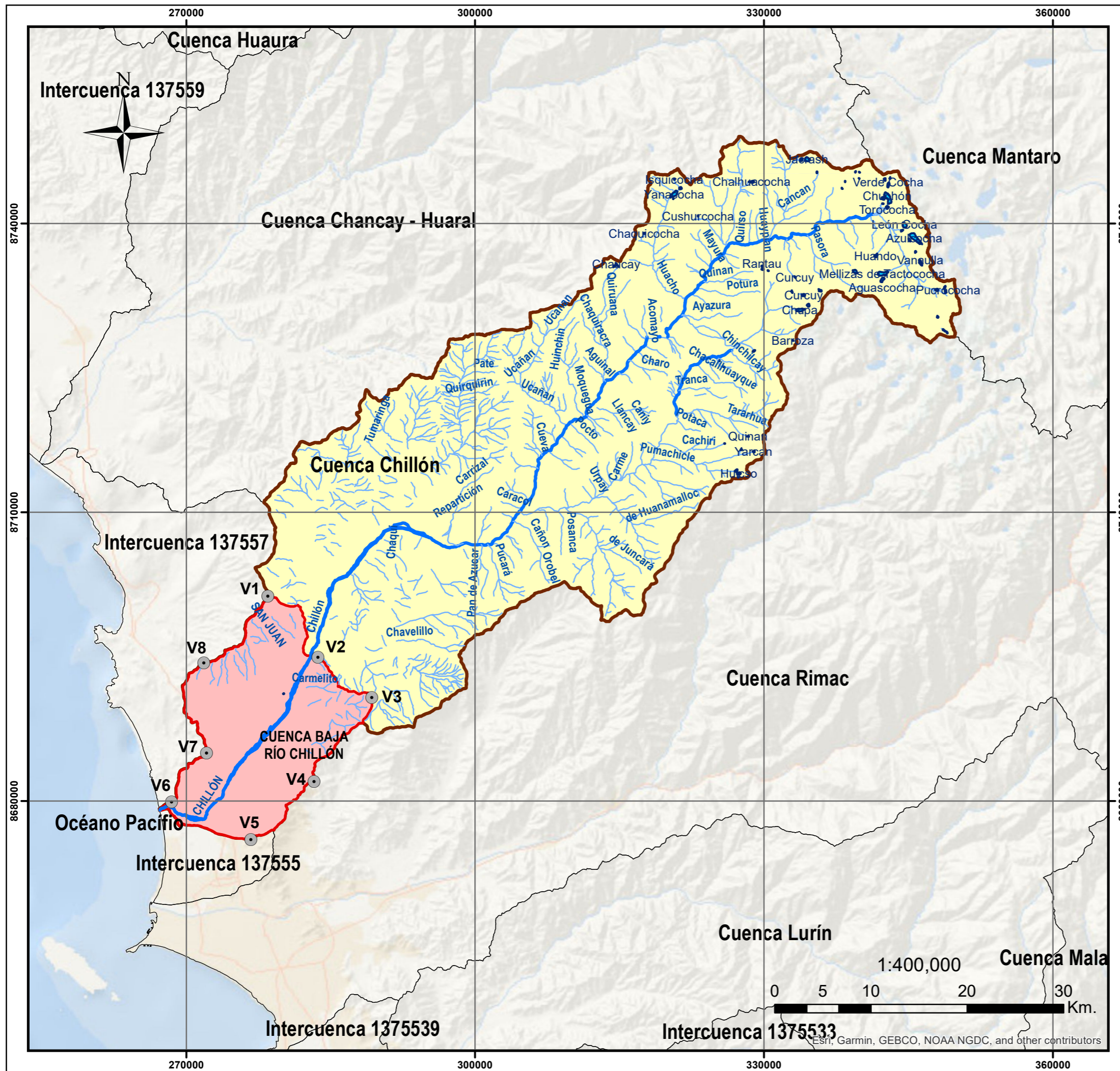
"L.C.M " : Límite de Cuantificación del Método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
 No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

" FIN DEL DOCUMENTO "

Anexo D. Mapas



Vértices	Coordenadas UTM WGS84- ZONA 18S	
	Norte	Este
V1	8701252.64	278479.57
V2	8694898.53	283701.49
V3	8690734.22	289274.42
V4	8681976.19	283293.63
V5	8676006.62	276710.29
V6	8679882.96	268480.08
V7	8684966.61	272113.85
V8	8694316.51	271830.29

LEYENDA

- Cuenca Baja Río Chillón
- Laguna
- Cuenca Chillón
- Limite de Cuenca
- Río
- Quebrada
- Coordenadas Geográficas

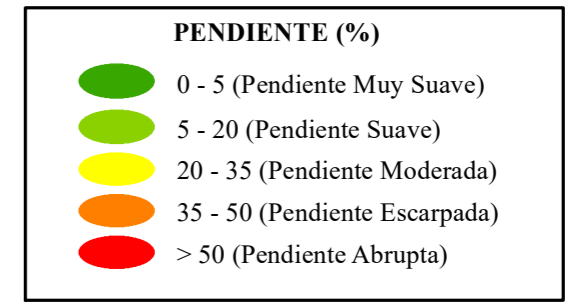
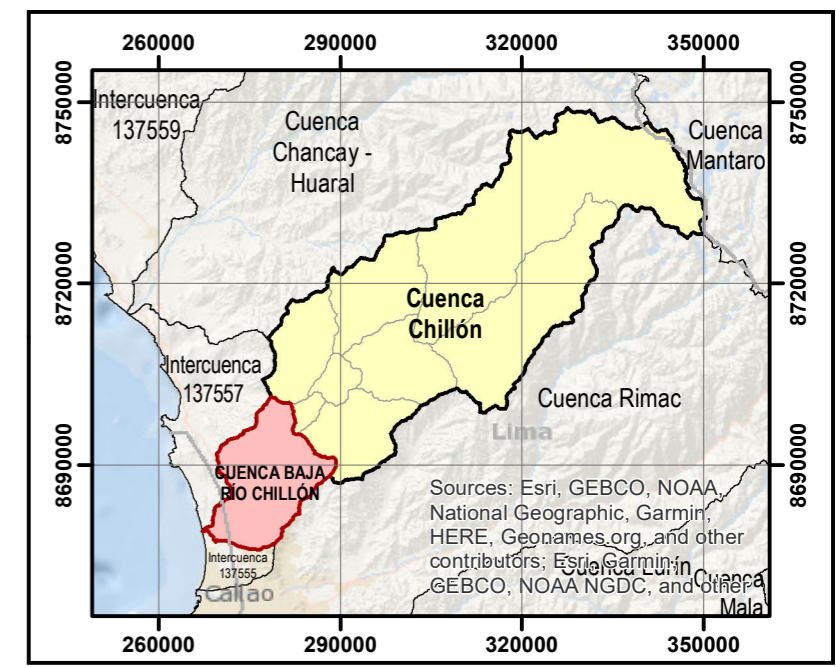
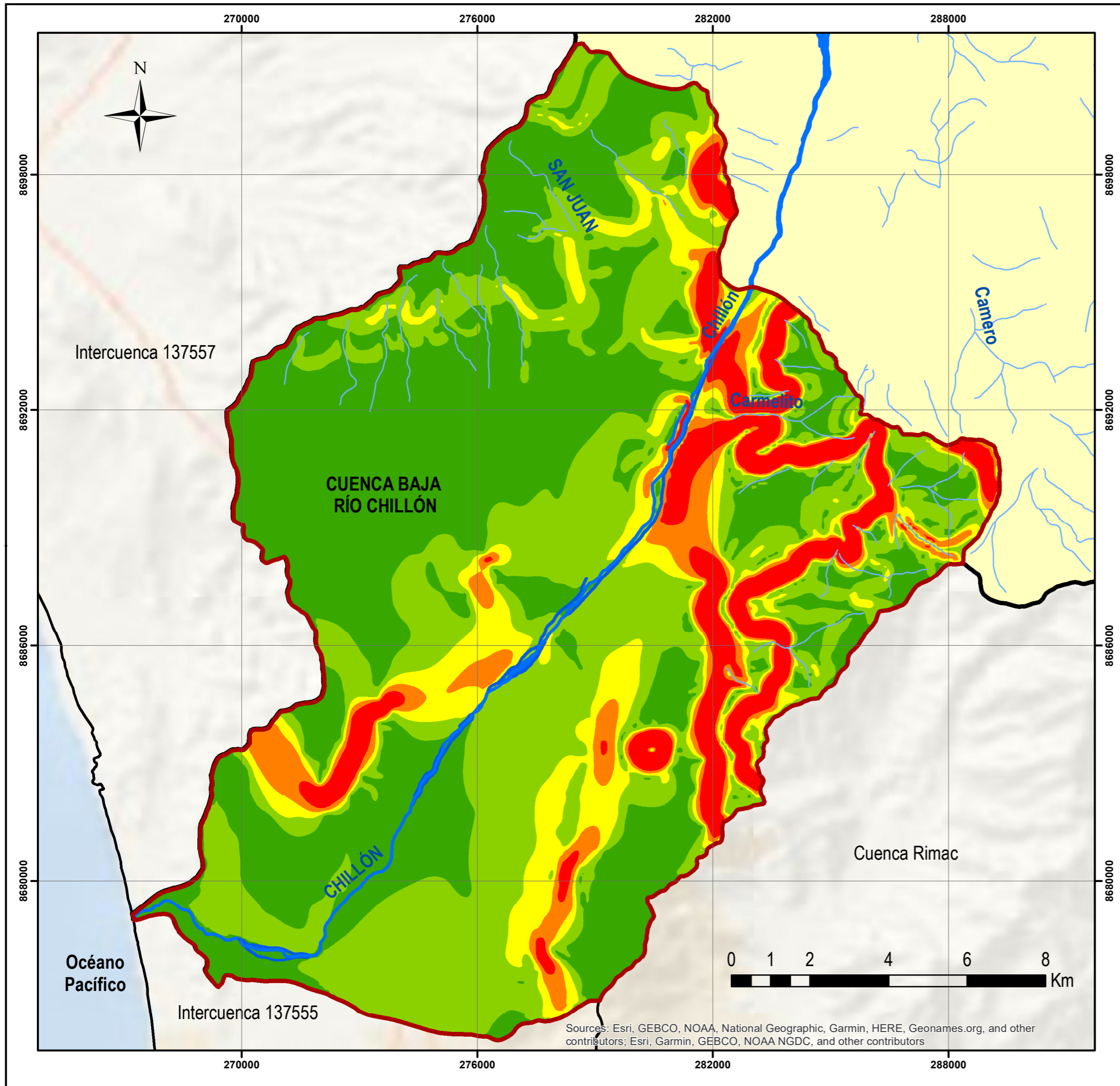
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”

Nombre de Mapa: **UBICACIÓN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN**

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson	Mapa N° 1
Escala: 1:400 000	Revisado: Mg. Gladys Rojas León	

Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S



TIPO DE PENDIENTE	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE (%)
Pendiente Débil	125.081	42.16
Pendiente Suave	101.134	34.08
Pendiente Moderada	29.249	9.86
Pendiente Escarpada	16.476	5.55
Pendiente Abrupta	24.773	8.35
Total	296.713	100



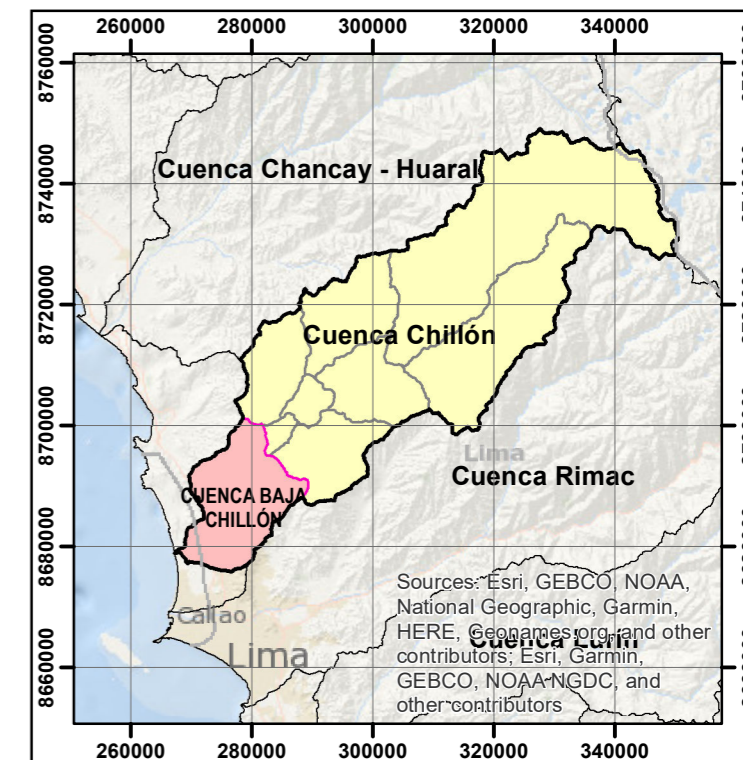
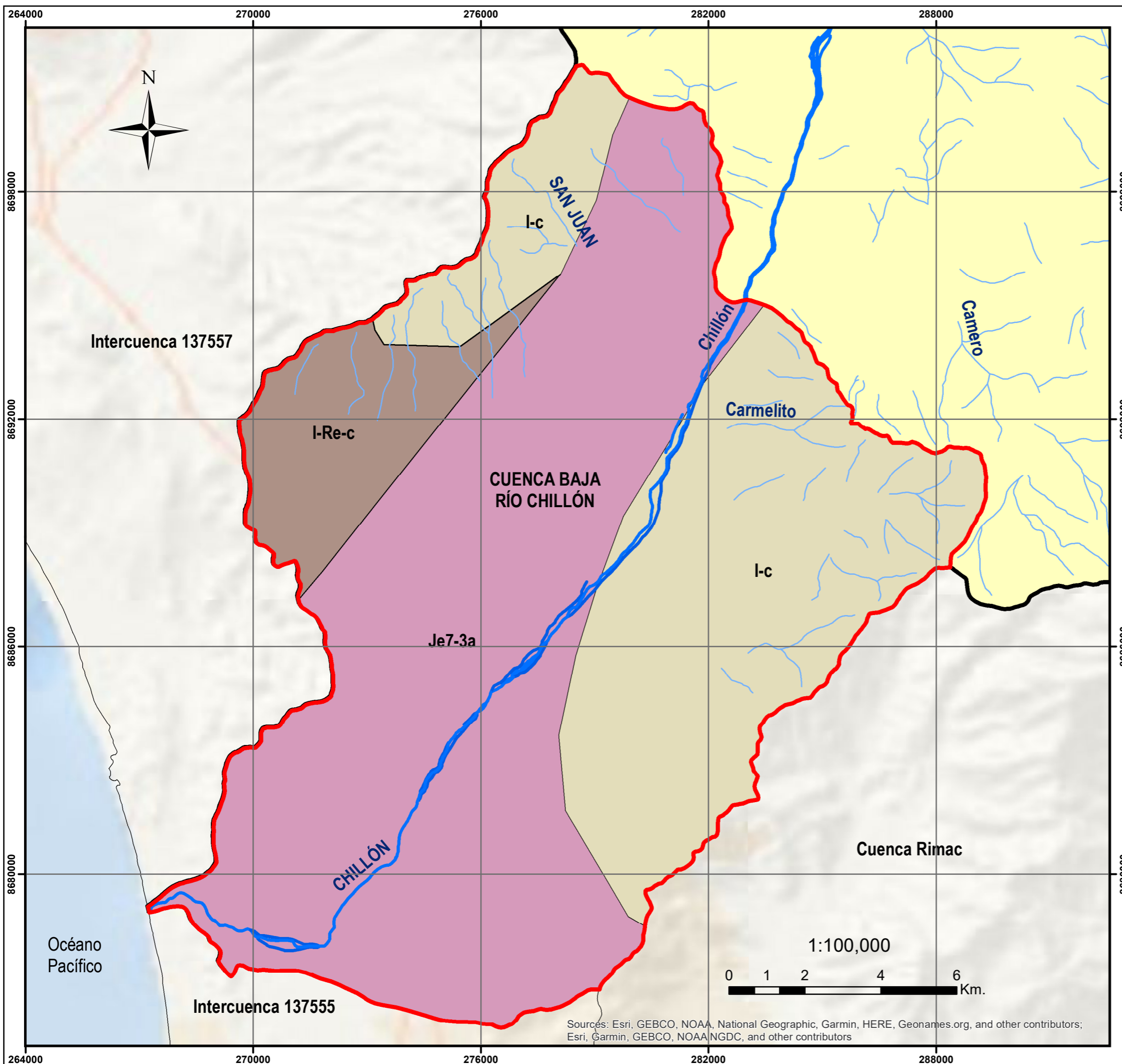
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”

Nombre de Mapa:
PENDIENTES DE LA CUENCA BAJA DEL RIO CHILLÓN

Fuente: Memoria Descriptiva del Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú (INDECI)	Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson	Mapa N° 2
Escala: 1:100 000	Revisado: Mg. Gladys Rojas León	

Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

- I-Re-c : Litosoles y Regosoles éútricos de pendiente escarpada.
- I-c : Liosoles de pendiente escarpada.
- Je7-3a : Fluvisoles éútricos de textura fina y solonchaks gléyicos de pendiente suave.

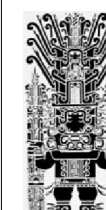
TIPO DE SUELO	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE (%)
I-Re-c	27.007	9.10
I-c	106.428	35.87
Je7-3a	163.278	55.03
Total	296.713	100

LEYENDA

- Cuenca Baja Río Chillón
- Limite de Cuenca Chillón
- Río
- Quebrada

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”



Nombre de Mapa:
CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN

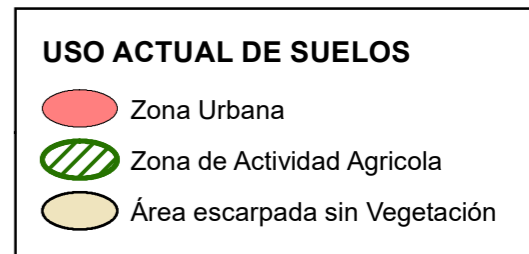
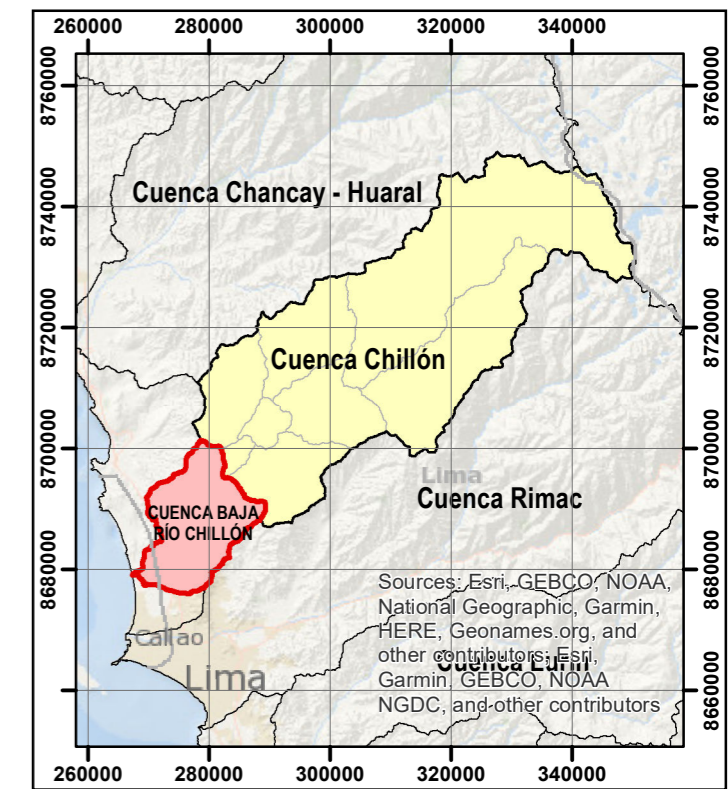
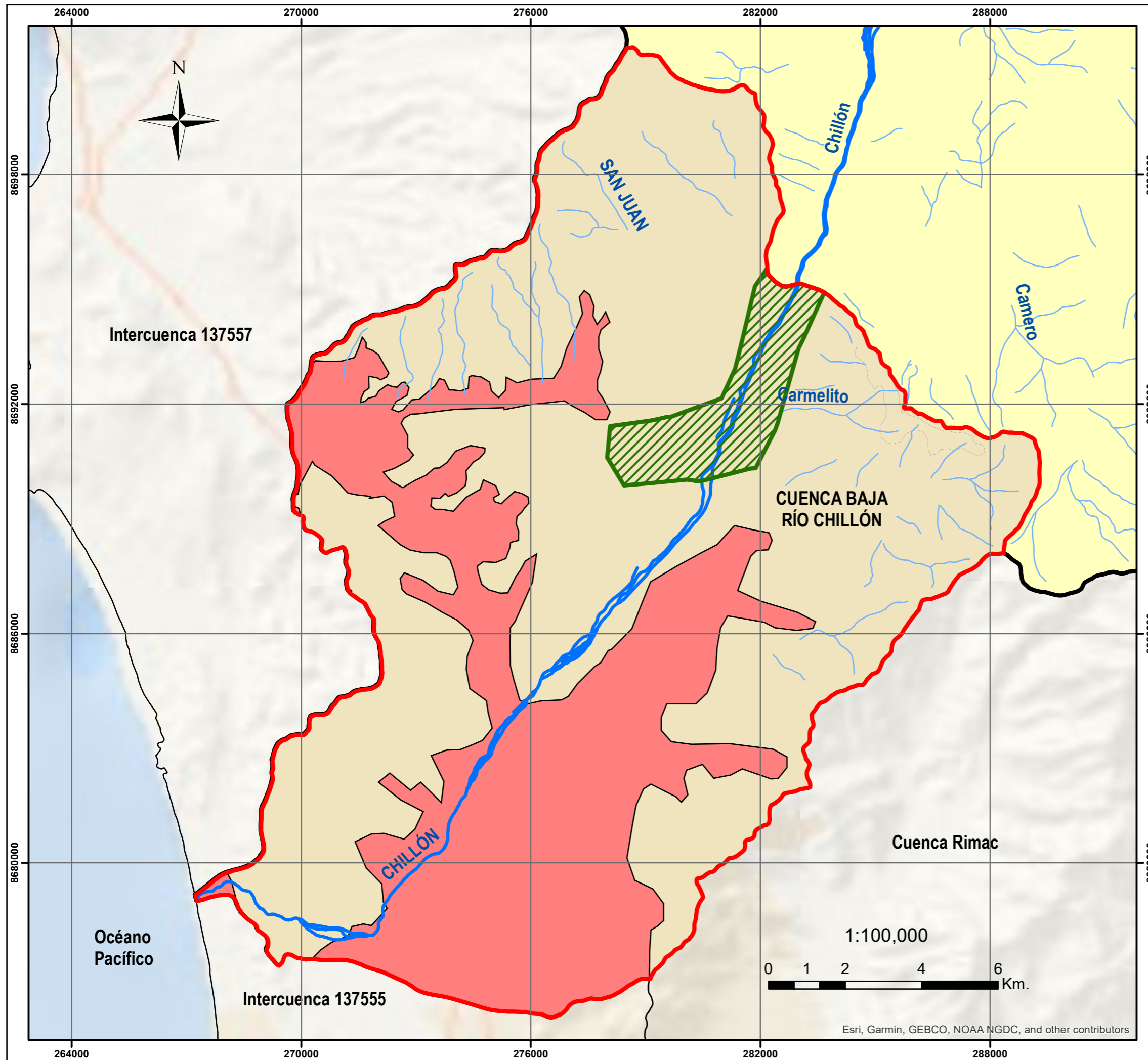
Fuente: Mapa Mundial de Suelos (FAO-UNESCO) Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson Mapa N°

Escala: 1:100 000 Revisado: Mg. Gladys Rojas León

Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S

3

Sources: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and other contributors; Esri, Garmin, GEBCO, NOAA-NGDC, and other contributors



USO ACTUAL DE SUELOS	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE (%)
Zona Urbana	91.279	30.76
Área Escarpada sin Vegetación	193.026	65.05
Zona de Actividad Agrícola	12.408	4.18
Total	296.713	100



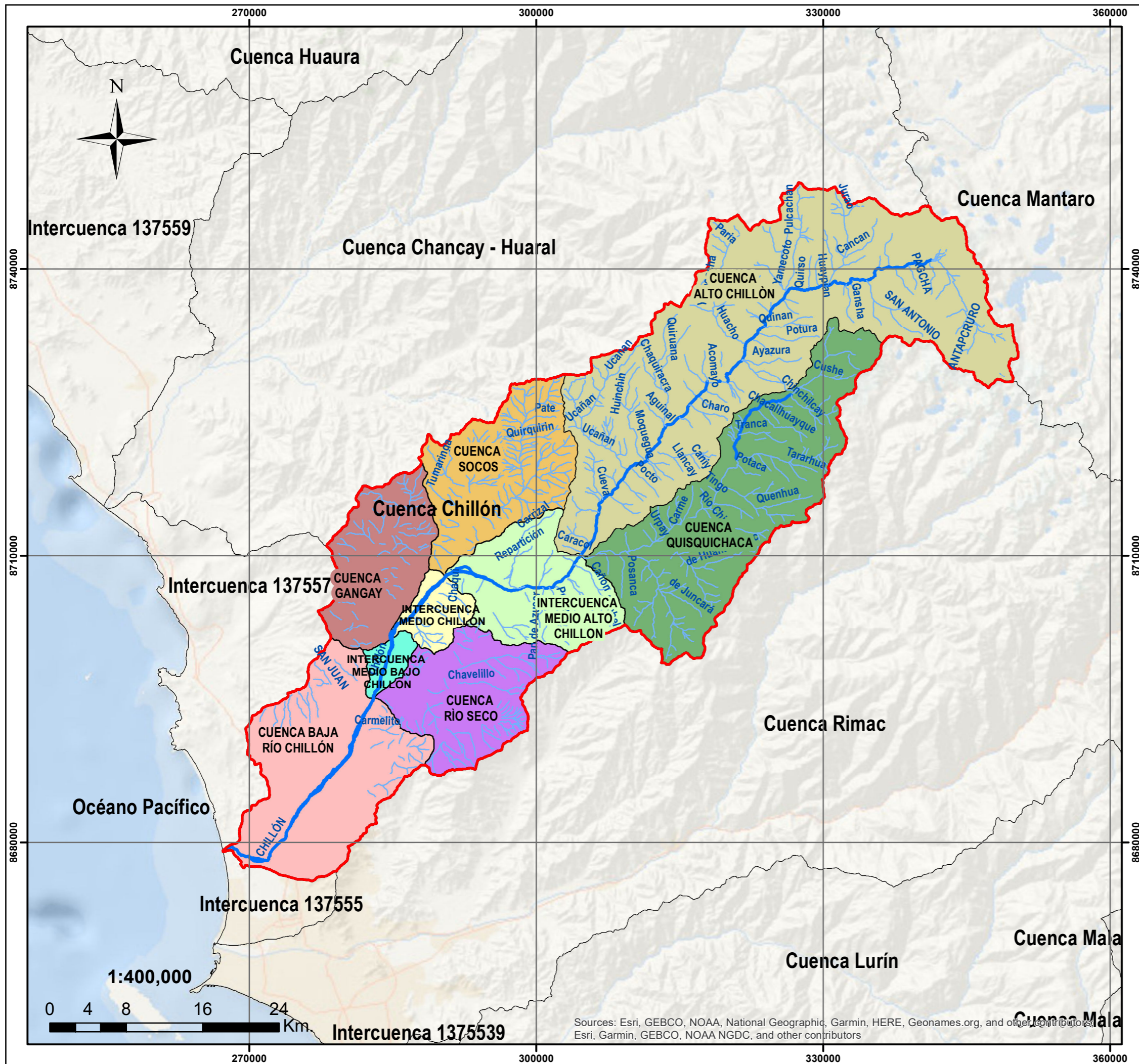
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”

Nombre de Mapa:
USO ACTUAL DE SUELOS EN LA CUENCA BAJA DEL RIO CHILLÓN

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM)	Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson	Mapa N°
Escala: 1:100 000	Revisado: Mg. Gladys Rojas León	4

Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S



PARÁMETROS FISIGRÁFICOS	CUENCA BAJA CHILLÓN	CUENCA CHILLÓN
ÁREA	296.713 km ²	2222.315 km ²
LONGITUD DEL RIO PRINCIPAL	25 km.	117 km.
PERÍMETRO	84 km.	306 km.
ALTITUD	0 - 1619 m.s.n.m.	0 - 4850 m.s.n.m.
ALTURA PROMEDIO	811.5 m.s.n.m.	2400 m.s.n.m.

SUB CUENCAS

- Cuenca Alto Chillón
- Cuenca Gangay
- Cuenca Quisquichaca
- Cuenca Río Seco
- Cuenca Socos
- Bajo Chillón
- Intercuenca Medio Bajo Chillón
- Intercuenca Medio Chillón
- Intercuenca Medio Alto Chillón

LEYENDA

- Cuenca del Río Chillón
- Limite de Cuenca
- Río
- Quebrada

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”

Nombre de Mapa:
HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RIO CHILLÓN

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Escala: 1:400 000

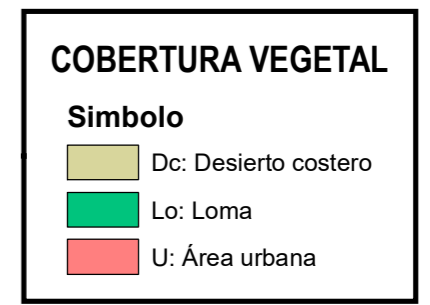
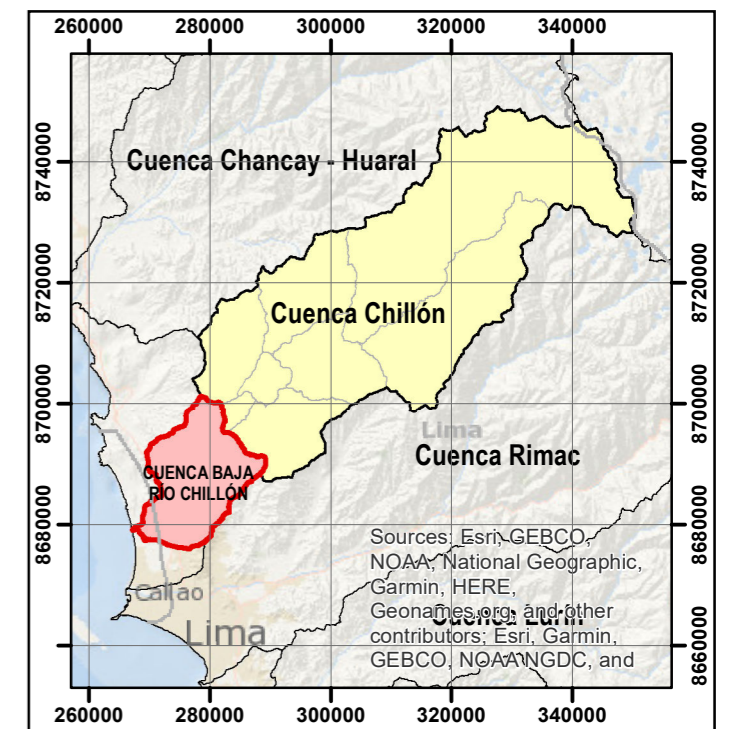
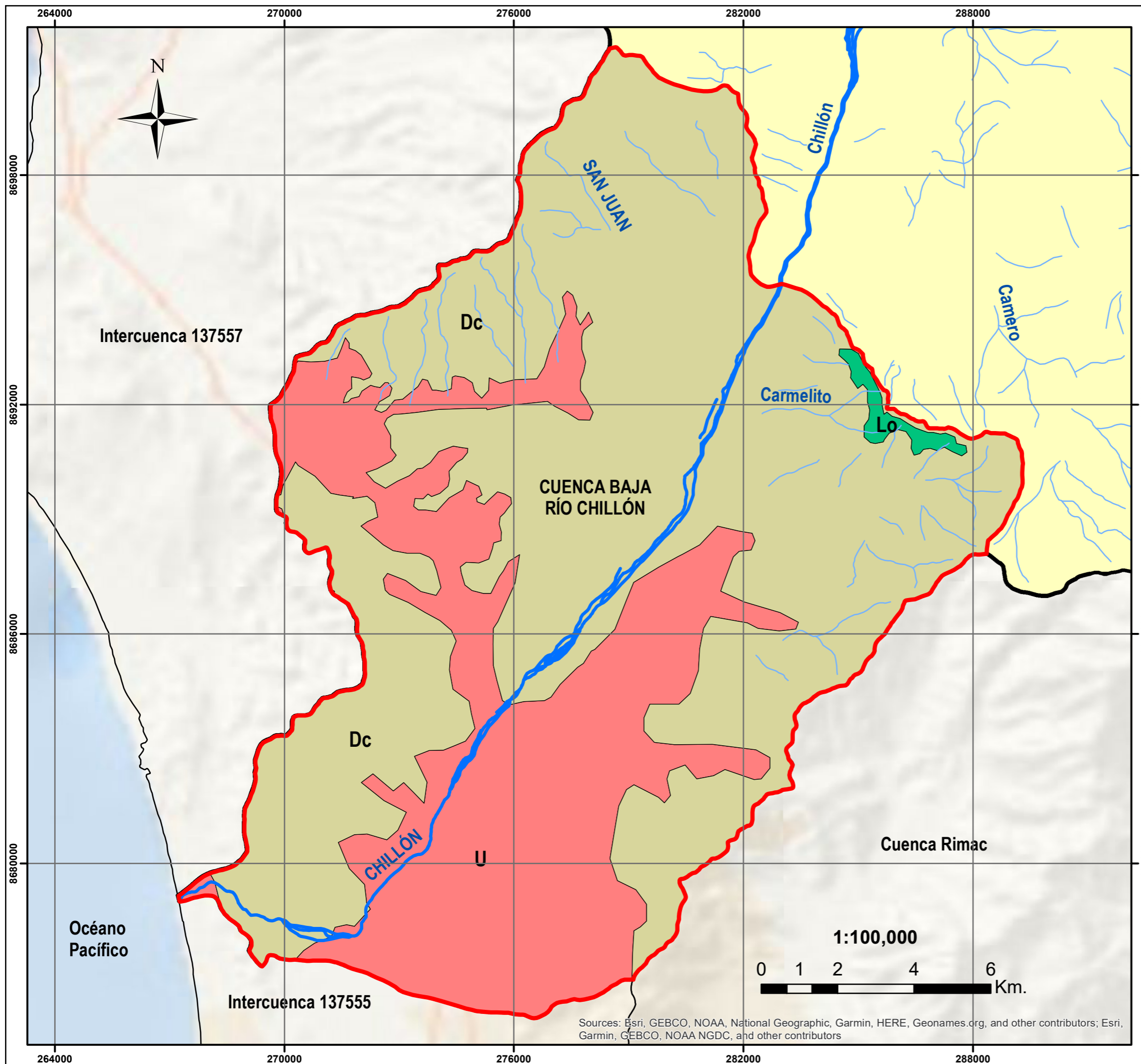
Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S

Elaborado:
Bach. Castellares Quispe Robinson

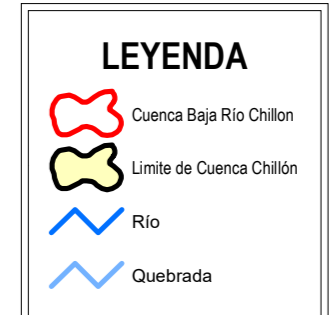
Revisado:
Mg. Gladys Rojas León

Mapa N°
5

Sources: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and other contributors. Esri, Garmin, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors



COBERTURA VEGETAL	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE (%)
Desierto Costero	203.469	68.57
Loma	1.965	0.66
Área Urbana	91.279	30.76
Total	296.713	100



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

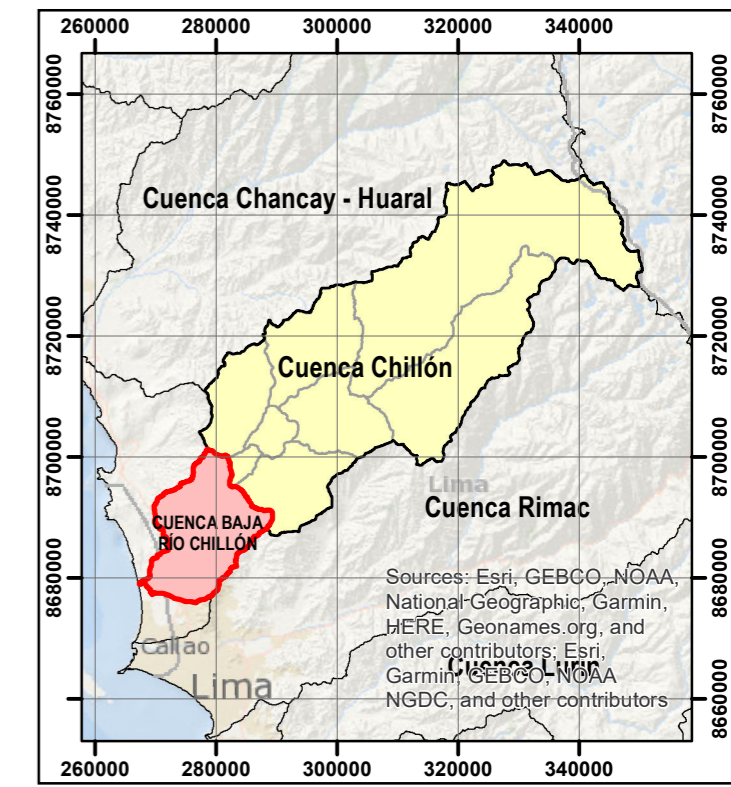
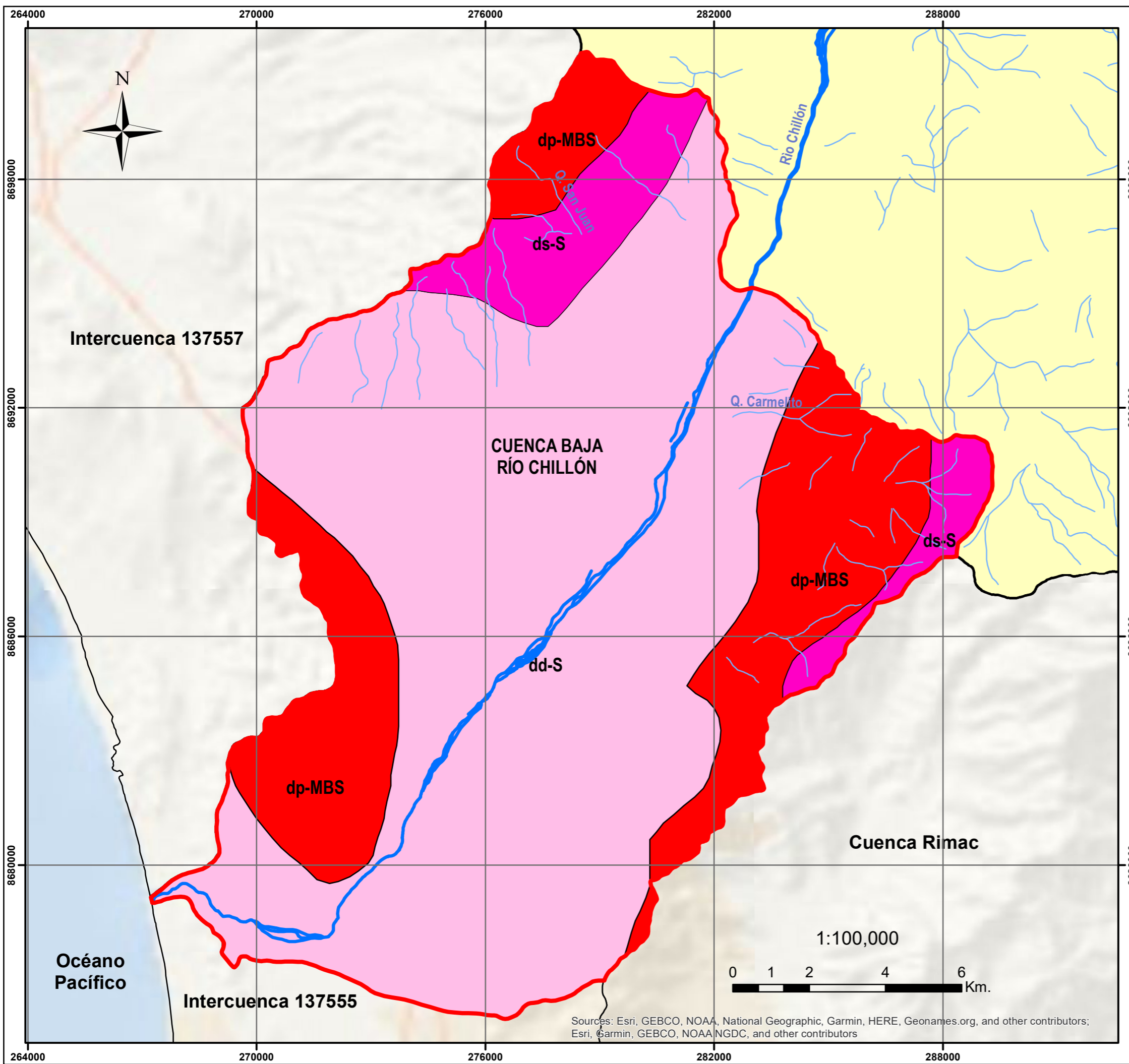
"Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima"

Nombre de Mapa:
COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN

Fuente: Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM)	Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson	Mapa N°
Escala: 1:100 000	Revisado: Mg. Gladys Rojas León	6

Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S

Sources: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and other contributors; Esri, Garmin, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors



ZONAS DE VIDA

- dd-S: desierto desecado Subtropical
- dp-MBS: desierto perarido Montano Bajo Subtropical
- ds-S: desierto superarido Subtropical

ZONAS DE VIDA	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE (%)
dd-S	204.269	68.84
dp-MBS	68.359	23.04
ds-S	24.085	8.12
Total	296.713	100

LEYENDA

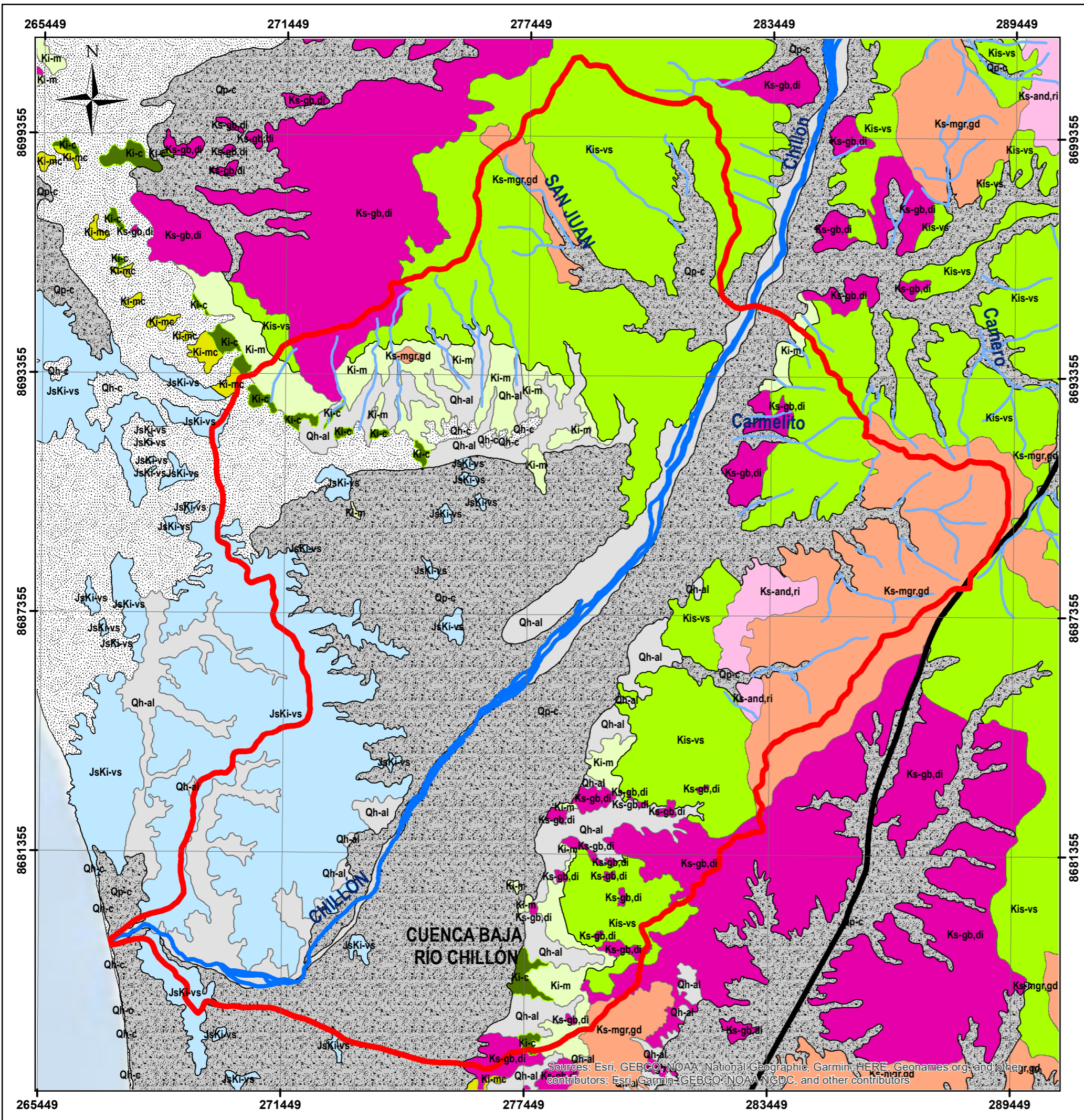
- Cuenca Baja Río Chillón
- Cuenca Chillón
- Río
- Quebrada

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”

Nombre de Mapa: ZONAS DE VIDA DE LA CUENCA BAJA DEL RIO CHILLÓN		
Fuente: Mapa Ecológico del Perú, 1995 (INRENA)	Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson	Mapa N°
Escala: 1:100 000	Revisado: Mg. Gladys Rojas León	7
Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S		

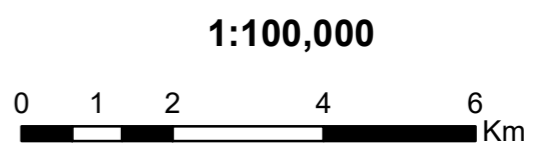
Sources: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and other contributors; Esri, Garmin, GEBCO, NOAA, NGDC, and other contributors



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS		
			UNIDADES INTRUSIVAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Qh-c	Depósitos aluviales recientes, eólicos, coluviales.	
		PLEISTOCENO	Qp-c	Formación Cañete. Depósitos aluviales antiguos.	
	NEOGENO	PLIOCENO	Np-vs	Formación Pócono	
MESOZOICO	CRETÁCICO	PALEOCENO	Ks-and,ri	Cuerpos Subvolcánicos e Intrusivos menores	
			Ksm-mr,gd	Super Unidades: Tiabaya y Linga Plutones: Paraiso y Lachay.	
		Ks-gb,di	Super Unidad Patap, Gabro Lancones.		
	SUPERIOR		Kis-vs	Grupo Casma. Formación Lancones.	
		Ki-m	Grupo Lima. Formaciones: Pananga, muerto y Pariatambo.		
		Ki-mc	Grupo Morro Solar.		
		Ki-c	Formaciones: Gigantal y Hualhuani.		
JURÁSICO	INFEROR		JsKi-vs	Grupo Puente Piedra	

LEYENDA

- Cuenca Baja Río Chillón
- Falla Geológica
- Río
- Quebrada



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

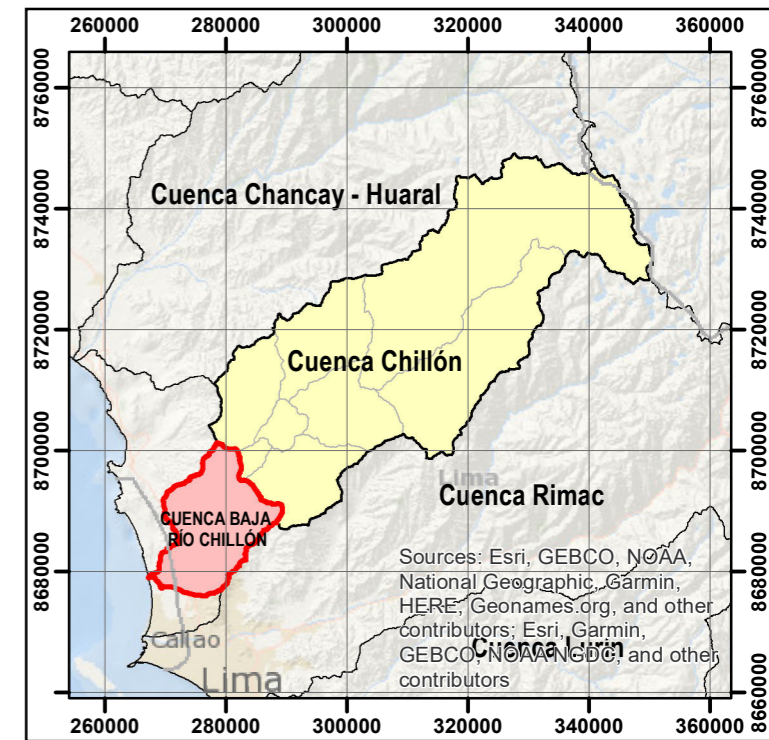
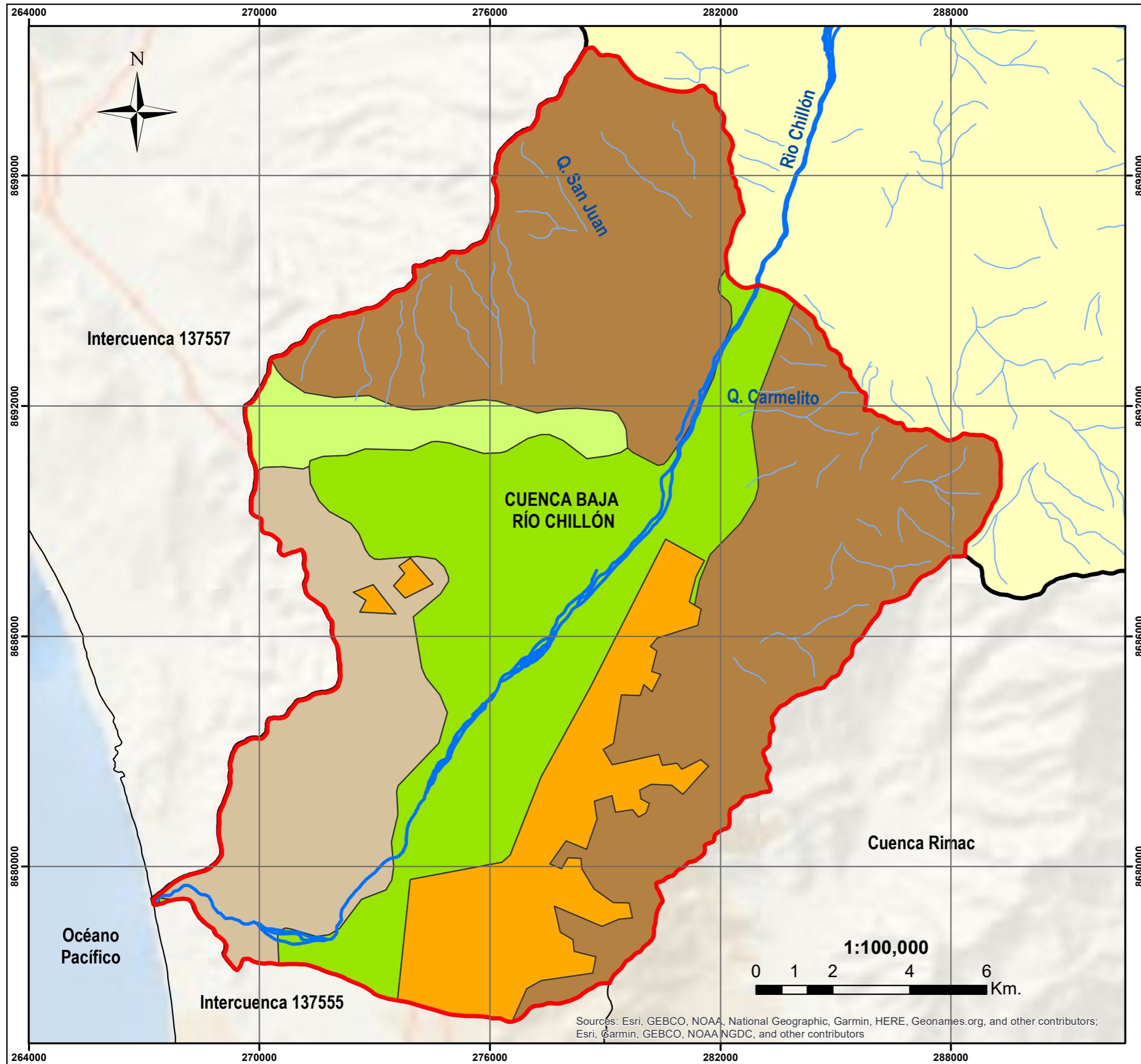
“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”

Nombre de Mapa:
GEOLOGÍA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN

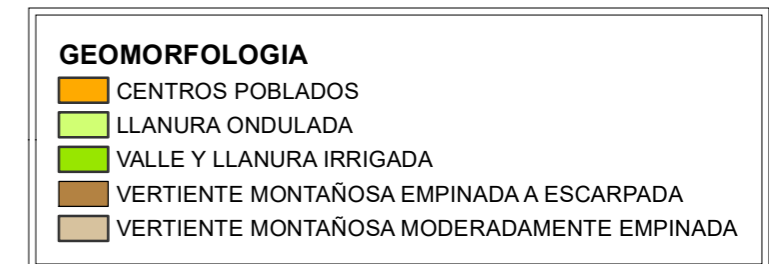
Fuente: INGEMMET	Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson	Mapa N° 8
Escala: 1:100 000	Revisado: Mg. Gladys Rojas León	

Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S

Sources: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and others.
 Contributors: Esri, Garmin, GEBCO, NOAA, NCGDC, and other contributors.



GEOMORFOLOGIA	ÁREA (Km ²)	(%)
Centros Poblados	32.547	10.97
Llanura Ondulada	12.868	4.34
Valle y Llanura Irrigada	75.389	25.41
Vertiente Montañosa Empinada a Escarpada	133.571	45.02
Vertiente Montañosa Moderadamente Empinada	42.338	14.27
Total	296.713	100

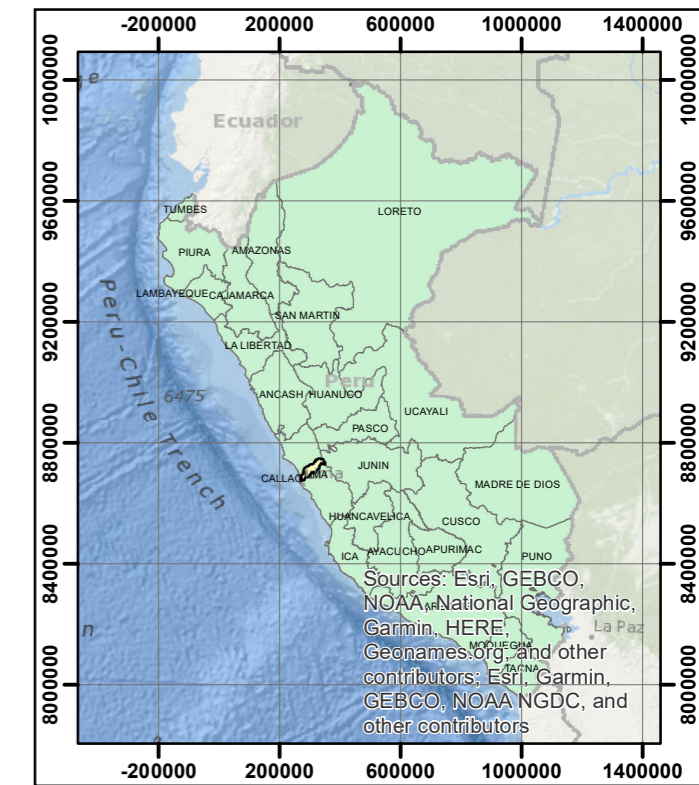
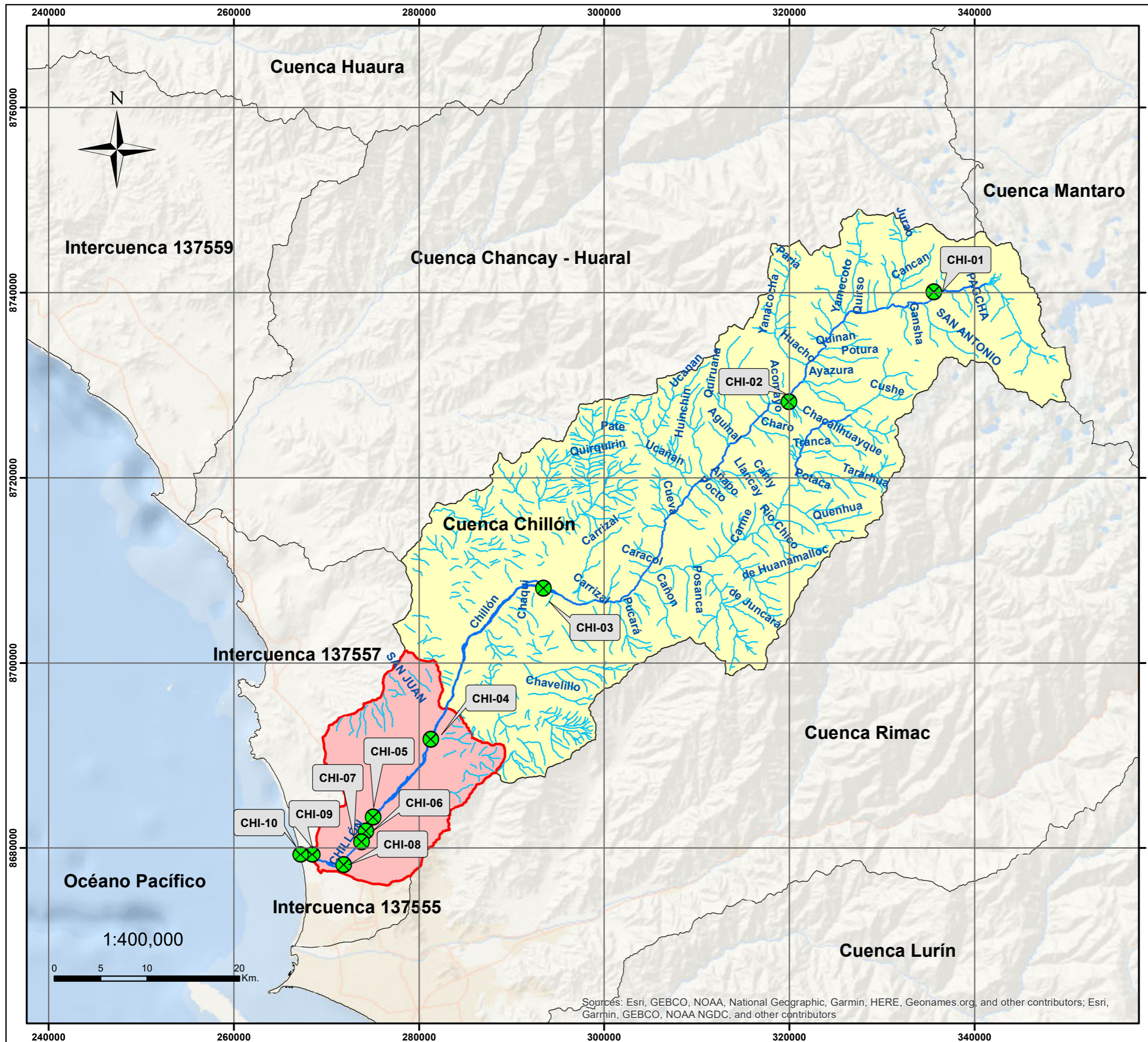


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”



Nombre de Mapa: GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA BAJA DEL RIO CHILLÓN		
Fuente: INGEMMET	Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson	Mapa N°
Escala: 1:100 000	Revisado: Mg. Gladys Rojas León	9
Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S		



LEYENDA

- Estaciones de Monitoreo
- Cuenca Río Chillón
- Cuenca Baja Río Chillón
- Limite de Cuenca
- Río
- Quebrada

Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM - WGS84		Altura (m.s.n.m.)
	Este	Norte	
CHI-01	335580	8740100	3807
CHI-02	319934	8728232	2299
CHI-03	293427	8708087	938
CHI-04	281281	8691750	360
CHI-05	275045	8683304	146
CHI-06	274272	8681821	116
CHI-07	273778	8680668	96
CHI-08	271877	8678182	66
CHI-09	268481	8679276	30
CHI-10	267220	8679284	19

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela de Ingeniería Ambiental

“Evaluación de la Calidad del Agua y Vertimientos de Efluentes en la Cuenca Baja del Río Chillón. 2012-2019-Lima”

Nombre de Mapa:
UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO AMBIENTAL

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Elaborado: Bach. Castellares Quispe Robinson	Mapa N°
Escala: 1:400000	Revisado: Mg. Gladys Rojas León	10

Sistema de Proyección: UTM DATUM WGS84 - Zona 18S

Sources: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and other contributors; Esri, Garmin, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors