



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES Y TOTALES EN EL RÍO
POMABAMABA, DE LA PROVINCIA DE POMABAMBA-ANCASH**

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Ambiental

Autora:

Azaña Saldaña, Ingrid Julieta

Asesor:

Muñoz Ortega, Cesar

Jurado:

Sanchez Carrera, Dante Pedro

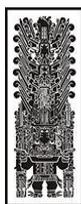
Gonzales Alarcon, Angelino Oscar

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima - Perú

2023





Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES
FECALIS Y TOTALES EN EL RÍO POMABAMABA, DE LA
PROVINCIA DE POMABAMBA-ANCASH**

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Autora:

Azaña Saldaña, Ingrid Julieta

Asesor:

Muñoz Ortega, Cesar

Jurado:

Sanchez Carrera, Dante Pedro
Gonzales Alarcon, Angelino Oscar
Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima-Perú
2023

Dedicatoria

A mis queridos padres Ethel Saldaña Alavedra, y Julio Azaña Muñoz, quienes siempre han guiado mis pasos y acompañado en todo momento, por sus valores inculcados y enseñanzas en cada etapa, a quienes les debo todo de lo que hasta ahora he logrado, a mi hermana por la compañía en cada paso; a ellos por confiar en mí, por su apoyo constante e incondicional, moral y económico durante mi formación profesional y a mi angelito que siempre me cuida mi abuelita Isolina, y hoy a mi compañero de vida por impulsarme siempre en cada paso y a mi hijita Ivana que es mi motor y vida.

Ingrid Julieta Azaña Saldaña

Agradecimiento

- A mis padres Ethel Saldaña y Julio Azaña, por haberme brindado todas las herramientas y oportunidades, pero sobre todo por la dedicación y amor con el que me animan a continuar para poder desarrollar mi crecimiento profesional.
- A la Universidad Nacional Federico Villarreal, por darme la oportunidad de formarme en sus aulas y así asimilar los conocimientos para mi formación académica y profesional que hoy me sirve para poder desenvolverme plenamente en el campo de mi carrera profesional.
- A mi asesor Msc. Ing. Cesar Muñoz Ortega por sus enseñanzas, su comprensión y sobretodo su paciencia y compañía en este proceso para el ansiado título.
- A los catedráticos de la Universidad Nacional Federico Villarreal, quienes me orientaron para lograr mis objetivos.
- A mis grandes amigos, Jesús Bellido, Rosselyn Ore Guevara, con quienes compartí momentos y experiencias inolvidables que se quedaran como el más grato recuerdo de esta etapa, pero sobre todo por su apoyo y empuje para continuar.

Ingrid Julieta Azaña Saldaña

Índice

Resumen.....	8
Abstract.....	9
I. Introducción.....	10
1.1 Descripción y formulación del problema	10
1.1.1 Descripción del problema.....	10
1.1.2 Formulación del problema	12
1.2 Antecedentes.....	13
1.3 Objetivos.....	22
1.3.1 Objetivo general	22
1.3.2 Objetivos específicos.....	22
1.4 Justificación	23
1.5 Hipótesis	24
II. Marco teórico.....	25
2.1. Bases teóricas	25
III. Método.....	46
3.1. Tipo de investigación.....	46
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	46
3.2.1. Ámbito espacial.....	46
3.2.2. Ámbito temporal	53
3.3. Variables.....	54
3.4. Población y muestra.....	54
3.5. Instrumentos	54
3.6. Procedimientos	55

3.7. Análisis de datos.....	57
IV. Resultados.....	61
V. Discusión de resultados	78
VI. Conclusiones.....	80
VII. Recomendaciones	81
VIII. Referencias	83
IX. Anexos.....	86
Panel de fotos.....	87
Mapas.....	93
Matriz de impactos ambientales.....	96
Identificación, descripción y valoración de impactos ambientales.....	98
Informe de laboratorio	99

Índice de tablas

Tabla 1 Categorías y clasificación de agua.....	42
Tabla 2 Parámetros microbiológicos y estándares de calidad de agua	44
Tabla 3 Rango, altitud y extensión territorial	47
Tabla 4 División política de la provincia de Pomabamba	48
Tabla 5 Coordenadas de ubicación geográfica de los puntos de monitoreo	52
Tabla 6 Descripción de variables.....	54
Tabla 7 Ubicación de los puntos de muestreo	56
Tabla 8 Puntos de muestreo	61
Tabla 9 Resultados de las muestras del mes de diciembre 2017	62
Tabla 10 Resultados de las muestras del mes de febrero 2018.....	62
Tabla 11 Resultados de las muestras del mes de mayo 2018	62
Tabla 12 Comparación de resultados, diciembre 2017, con los ECA 2015	63
Tabla 13 Comparación de resultados, febrero 2018, con los ECA 2015.....	65
Tabla 14 Comparación de resultados, mayo 2018, con los ECA 2015.....	66
Tabla 15 Comparación de resultados, diciembre 2017, con los ECA 2017	69
Tabla 16 Comparación de resultados, febrero 2018, con los ECA 2017.....	70
Tabla 17 Comparación de resultados, mayo 2018, con los ECA 2017.....	72
Tabla 18 Matriz de identificación de impactos ambientales.....	96
Tabla 19 Matriz de clasificación de impactos ambientales	96
Tabla 20 Matriz de evaluación y valoración de impactos ambientales	97
Tabla 21 Valoración de impactos ambientales	98

Índice de figuras

Figura 1 Categorización y ECA (2005)	37
Figura 2 Comparación de resultados de CF, diciembre 2017, con los ECA 2015	64
Figura 3 Comparación de resultados de CT, diciembre 2017, con los ECA 2015	64
Figura 4 Comparación de resultados de CF, febrero 2018, con los ECA 2015.....	65
Figura 5 Comparación de resultados de CT, febrero 2018, con los ECA 2015.....	66
Figura 6 Comparación de resultados de CF, mayo 2018, con los ECA 2015.....	67
Figura 7 Comparación de resultados de CT, mayo 2018, con los ECA 2015	67
Figura 8 Comparación de resultados de CF, diciembre 2017, con los ECA 2017	69
Figura 9 Comparación de resultados de CT, diciembre 2017, con los ECA 2017	70
Figura 10 Comparación de resultados de CF, febrero 2018, con los ECA 2017.....	71
Figura 11 Comparación de resultados de CT, febrero 2018, con los ECA 2017.....	71
Figura 12 Comparación de resultados de CF, mayo 2018, con los ECA 2017.....	72
Figura 13 Comparación de resultados de CT, mayo 2018, con los ECA 2017	73
Figura 14 Foto 1. (P-0 a 50 metros agua arriba del punto de descarga)	87
Figura 15 Foto 2. (P-0 a 50 metros agua arriba del punto de descarga)	87
Figura 16 Foto 3. (P-1 a la altura del punto de descarga)	89
Figura 17 Foto 4. (P-1 a la altura del punto de descarga)	89
Figura 18 Foto 5. (P-2 a 200 metros aguas abajo del punto de descarga)	90
Figura 19 Foto 5. (P-2 a 200 metros aguas abajo del punto de descarga)	90
Figura 20 Foto 7. (Descarga de aguas residuales domésticas).....	91
Figura 21 Foto 8. (Animales en el área de estudio)	91
Figura 22 Foto 9. (Viviendas, colindantes al área de estudio).....	92
Figura 23 Mapa de ubicación de la zona	94
Figura 24 Mapa de ubicación de los puntos de muestreo	95

Figura 25 Informe 1 de laboratorio	99
Figura 26 Informe 2 de laboratorio	100
Figura 27 Informe 3 de laboratorio	101

Resumen

El interés por determinar la contaminación hídrica del río Pomabamba, fue la base para realizar la presente investigación: *Niveles de concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamaba, de la provincia de Pomabamba-Ancash*. El objetivo general fue, determinar la concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba, por incidencia principal de la descarga de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba. La metodología consistió, en realizar un trabajo de campo, para recopilar las muestras de agua in situ, con este fin se establecieron tres puntos de muestreo representativos del área de estudio, se tomaron tres muestras de cada punto; además, se identificaron los impactos ambientales en el área de estudio. Los resultados de la investigación, permitieron conocer los altos niveles de concentración de coliformes totales y fecales, con un valor promedio de 1 499 556 NMP/100 mL para coliformes fecales y un valor promedio de 1 815 111 NMP/100 mL para coliformes totales, valores, realmente alarmantes pues sobrepasan los estándares de calidad ambiental. Además, por otro lado, la descarga de aguas residuales en el río Pomabamba provenientes de la ciudad de Pomabamba, cuantitativamente generan un impacto de -10.56 (valor adimensional-revisar numeral) lo que cualitativamente representa un impacto moderado, de carácter negativo con mayor incidencia sobre el medio socioeconómico (salud pública).

Palabras clave: número más probable, coliformes fecales, coliformes totales, efluente, calidad ambiental.

Abstract

The interest in determining the water contamination of the Pomabamba River was the basis for this research: Concentration levels of fecal and total coliforms in the Pomabamba river, in the province of Pomabamba-Ancash. The general objective was to determine the concentration of fecal and total coliforms in the Pomabamba River, by main incidence of the discharge of wastewater from the city of Pomabamba. The methodology consisted in carrying out field work to collect the water samples in situ. For this purpose, three representative sampling points of the study area were established, three samples were taken from each point; In addition, the environmental impacts in the study area were identified. The results of the investigation, allowed to know the high levels of concentration of total and fecal coliforms, with an average value of 1 499 556 MPN / 100 mL for fecal coliforms and an average value of 1 815 111 NMP / 100 mL for total coliforms. values, really alarming because they exceed environmental quality standards. In addition, on the other hand, the discharge of wastewater into the Pomabamba river from the city of Pomabamba, quantitatively generates an impact of -10.56 (dimensionless value-check numeral) which qualitatively represents a moderate impact, of a negative nature with greater incidence on the socioeconomic environment (public health).

Keywords: most probable number, fecal coliforms, total coliforms, effluent, environmental quality.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción y formulación del problema

1.1.1 *Descripción del problema*

El agua ha sido, desde la creación del mundo, un elemento imprescindible para todos los seres vivos, necesaria para su mantenimiento, para formar parte de su composición o como ambiente de múltiples especies.

Para la especie humana, las necesidades de agua y energía han ido siempre en orden creciente, a medida que se ha desarrollado la civilización y ha crecido la población en casi todas las áreas habitadas de la superficie terrestre.

Al mismo tiempo, y casi desde el inicio de la actividad humana, el desarrollo ha obstaculizado cada vez más el uso y disfrute del agua a causa del vertido desordenado de residuos líquidos a los cursos de agua (Seoánez, 1996). El agua superficial es una fuente de abastecimiento que la población aprovecha en forma directa sobre la tierra, sin embargo, paralelamente, es también un recurso que está expuesto a una mayor contaminación por la descarga de aguas residuales al cuerpo de agua, las cuales consisten en descargas domiciliarias e industriales, además de los vertidos de diversas fuentes no permitidas (Davis y Masterns, 2005).

Los contaminantes microbianos están asociados con el riesgo proveniente de organismos patógenos. Las bacterias coliformes han sido usadas durante décadas como subrogadas de organismos que afectan la salud. Las bacterias coliformes fecales son indicadoras de contaminación fecal de animales de sangre caliente. Las fuentes incluyen el vertido doméstico para vertidos de aguas residuales fijas de alcantarillado, sistemas sépticos, escorrentía urbana, granjas de animales, áreas de ornato y recreo, pérdidas y goteos de criaderos de aves y aplicación a las tierras de residuos de animales.

Un trabajo realizado en Canadá confirmó los estudios previos que indicaban que los protozoos, parásitos; *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* estaban presentes en los suministros de agua superficiales brutas, incluso en ríos considerados limpios y que las actividades humanas eran fuente principal de estos parásitos (Chauter, 1995).

Todos los seres vivos del agua son, en alguna medida, indicadores de la calidad del medio, ya sea por su presencia o ausencia. Muchos de los patógenos presentes en los cuerpos de agua provienen de la contaminación fecal. De allí surgen los indicadores del grupo de coliformes fecales, especialmente *Escherichia coli* (Campos, 2003).

El presente trabajo de investigación está enfocado al análisis microbiológico de los parámetros de coliformes fecales y totales que son descargados diariamente al río Pomabamba, debido al consumo diario de agua de los pobladores de la provincia de Pomabamba, además también de factores externos que contribuyen a una posible alteración en su calidad de agua superficial.

Bien sabemos que, para la especie humana, las necesidades de agua y energía han ido siempre en orden creciente, a medida que se ha desarrollado la civilización y ha crecido la población en casi todas las áreas habitadas de la superficie terrestre.

Al mismo tiempo, y casi desde el inicio de la actividad humana, el desarrollo ha obstaculizado cada vez más el uso y disfrute del agua a causa del vertido desordenado de residuos líquidos a los cursos de agua y a las zonas costeras próximas a las áreas habitadas.

En la provincia de Pomabamba las aguas residuales son vertidas de forma directa al río del mismo nombre, Pomabamba; a ello se deberían probablemente las elevadas concentraciones microbiológicas que estarían afectando al agua superficial la cual es utilizada como bebida de animales y riego de cultivos, afectando también en algunos casos a la salud de la población. Cabe resaltar que no existe conocimiento alguno de la situación actual en cuanto a la calidad del río Pomabamba en relación a estos parámetros microbiológicos.

Siendo conocedores de esta realidad, con esta investigación se busca aportar con el despertar del interés por el conocimiento de la calidad de agua del río Pomabamba, con respecto al nivel de concentración de los parámetros microbiológico aportados por las aguas residuales y factores externos, de la provincia de Pomabamba; no planteamos ésta interrogante ¿Cuál es el nivel de concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba, de la provincia de Pomabamba-Ancash.

Por lo expuesto es posible pensar que la determinación de la concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba permitirán conocer su calidad de agua, la exposición de la población ante éstos posibles contaminantes; en base a éste conocimiento es posible que las autoridades tomen las medidas necesarias para evitar así riesgos a la salud e impactos negativos en el ambiente; así mismo servirá de base para establecer formas de tratamiento al agua residual de la provincia pues el principal problema es que estas aguas van directamente al cuerpo de agua, además se recalca que no existe información antecedente en conocimiento de la concentración de este parámetro.

1.1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cuál es el nivel de concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba, de la provincia de Pomabamba-Ancash?

Problemas específicos

- ¿En qué nivel se encuentran las concentraciones de coliformes fecales y totales con respecto a los parámetros y normativas nacionales?
- ¿Cómo reconocer los impactos ambientales generados por la descarga de aguas residuales?
- ¿Qué posibles soluciones se podrían plantear para la disposición final de las aguas residuales?

1.2 Antecedentes

Rodríguez et al. (2015), en su investigación, *Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local*, sostienen lo siguiente:

Los humedales son ecosistemas muy importantes en la costa central del Perú. Muchos de estos ambientes están afectados por las poblaciones humanas, quienes también hacen uso de los mismos con fines recreativos. Con el objetivo de realizar un diagnóstico microbiológico de los cuerpos de agua del Área de Conservación Regional (ACR) Humedales de Ventanilla, donde las poblaciones aledañas realizan actividades recreativas, se realizaron muestreos mensuales entre agosto 2014 a julio 2015. En las muestras colectadas se cuantificaron Coliformes Totales (CT), coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, y *Enterococcus faecalis*. Asimismo, se determinó de manera cualitativa la presencia o ausencia de *Vibrio spp.* y *Salmonella spp.* en cuatro estaciones donde la población tiene mayor acceso. Para la obtención de los Límites Máximos Permisibles (LMP) se utilizaron los Estándares peruanos de Calidad Ambiental (CA) para el agua (ECA) del año 2008. De las 15 estaciones monitoreadas, seis de ellas presentaron un promedio anual de CT mayor al LMP ($>2000 \text{ NMP}^1/100 \text{ mL}$), y para el caso de los coliformes termotolerantes, dos estaciones sobrepasaron los LMP ($>1000 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$). La presencia de *Vibrio spp.* Ha sido casi constante en tres de las cuatro estaciones evaluadas. *Salmonella spp.* Estuvo ausente en todos los puntos. Los resultados evidencian que las actividades humanas están alterando los cuerpos de agua, pudiendo convertirlos en un reservorio de microorganismos patógenos para la salud de la población que lo utiliza.

¹ NPM, Número Más Probable

Se observó una fuerte presencia de *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* en el punto 10. Este punto presentó los valores más altos entre las estaciones para ambos indicadores; en los otros puntos la presencia fue menor. La presencia de *Vibrio spp* fue casi constante durante el período de monitoreo, estando presente en todos los puntos. *Salmonella spp* estuvo ausente en todos los puntos.

Rivera et al. (2009), en su investigación, *Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú*, sostienen lo siguiente:

Se determinó el nivel de coliformes fecales y la frecuencia de *Escherichia coli* en 85 muestras de hortalizas, obtenidas de manera aleatoria y expendidas en los principales mercados de Cajamarca. El procesamiento, aislamiento e identificación bacteriana se realizó según la Food and Drug Administration (FDA). El 40% de muestras presentaron CF, con elevado NMP por gramo (NMP/g) e importante frecuencia de *E. coli* en perejil y lechuga. El análisis revela un alto nivel de contaminación fecal, un estado sanitario inaceptable y la necesidad de establecer medidas de control frente al riesgo que esto representa para la salud. El valle de Cajamarca posee una gran extensión de cultivos de hortalizas, muchas de las cuales se consumen crudas y que son regadas con agua de ríos a los que se vierten agua residual no tratada; estos cultivos son vendidos en los mercados locales y consumidos por la población urbana y rural de la ciudad y de las comunidades locales, incluyendo aquellas que se encuentran cerca de los ríos. La intención de este trabajo es llamar la atención sobre la importancia del hallazgo de microorganismos de origen fecal, indicadores de la presencia de potenciales patógenos intestinales, bacterianos y parasitarios que pueden afectar la salud de la población. El estudio revela recuentos mayores a 105 CT por gramo en perejil y culantro; pero el mal estado higiénico sanitario de las hortalizas estaría dado por altos recuentos de

coliformes fecales y la frecuencia de *E. coli*, que las convierte en fuente de propagación de diarrea de origen bacteriano, tal y como lo han reportado muchos investigadores.

Apaza (2013), en su investigación, *Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa*, sostiene lo siguiente:

Las aguas servidas domésticas que se vierten sin tratamiento al río Chili representan el 90% del total de las aguas servidas de la ciudad de Arequipa. El tramo que tiene mayor grado de contaminación está comprendido entre los puentes Grau y Uchumayo. Según análisis realizados por la Dirección General de Salud Ambiental en la estación de Uchumayo en el año 2008, se observaron resultados que están por encima de los 24'000,000 por cada 100 mililitros de agua de CT, y por encima de los 13'000,000 por cada 100 mililitros de agua de CF, Autoridad Nacional del Agua ([ANA], 2008). Estos valores sobrepasan ampliamente los estándares nacionales de ambiental para agua categoría 3. En función a ello, en la investigación se desarrolló un sistema que permita la purificación de estas aguas para liberarlas de patógenos y materia fecal y que, por tanto, puedan ser utilizadas para el riego de cultivos agrícolas. Lo novedoso de este proyecto es la aplicación de alto impacto con la reducción de demanda química de oxígeno, sin necesidad de un tratamiento químico. Es así necesaria la búsqueda de alternativas de tratamiento de aguas basadas en la utilización de tecnologías amigables con el medio ambiente, de ahí la importancia de este trabajo, en donde se aprovecha al máximo el nopal, tanto para purificar el agua como para la obtención de productos como la tuna y la cochinilla.

Coral (2013-2014), en su investigación titulada, *Evaluación de la influencia de los procesos naturales y las actividades humanas en la calidad del agua del río Paria, distrito de Independencia*, sostiene lo siguiente:

Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando el ganado pasta en áreas muy cercanas a las fuentes de agua. Es por ello que un efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobrepastoreo, ya que afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo, de tal forma que, al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada fácilmente, e inevitablemente ocurrirá arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Los CT y fecales alcanzaron valores altos en dos estaciones, llegando a superar los valores del ECA en el mes de octubre. En los meses de junio y octubre se encontró presencia de CT y fecales en las siete estaciones de muestreo. El aporte de coliformes al cuerpo de agua se debe principalmente a la actividad ganadera que se desarrolla en la quebrada Cojup.

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA; 2014), en su investigación titulada, *Loreto: informe revela que peces de laguna Moronacocha no son aptos para consumo humano*, sostiene lo siguiente:

Un informe del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP) revela que las aguas de la laguna Moroncha (Loreto) poseen CT y fecales por encima del límite permisible, por lo que sus aguas y los peces extraídos de este lugar no son aptos para el consumo humano. Esta realidad se da debido a que en esta laguna desemboca el túnel de desagüe de todas las vías vecinas, además de desechos industriales y del transporte fluvial. La situación empeora cuando en épocas de creciente de los ríos, este espacio se convierte en zona de pescadores informales, que por más de 30 años vienen realizando esta actividad. Estos pescadores evaden a las autoridades, sin tener en cuenta la insalubridad de los peces que luego son comercializados en el mercado de Moronacocha y en otros mercados principales de la ciudad para ser consumidos por la

población. Para evitar estos actos que atentan contra la salud, los pobladores y organizaciones civiles esperan que se realice una vigilancia constante en la zona.

Seoanez (1999), en su tratado, *Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*, sostiene lo siguiente:

Las aguas residuales plantearan el mayor problema con que se enfrentara la humanidad en los próximos años. En los países con escasas disponibilidades de agua dulce, como es nuestro caso en España, la cuestión será más aguda. Las aguas residuales urbanas producen una serie de alteraciones en los cursos y planos de agua debido a los diversos productos que contienen, y a que las áreas receptoras son cada vez menos capaces de asimilar. La capacidad de autodepuración de una masa de agua es siempre limitada, mientras que el vertido de residuos a ella no tiene casi freno en el momento actual. Es decir, el volumen de aguas residuales depuradas no alcanza en ningún país el nivel que debería tener hasta compensar la diferencia que existe con la capacidad de autodepuración de los ríos. En la gestión de las aguas residuales urbanas se deben tener en cuenta tres factores o elementos importantes; el primero está relacionado con la calidad del medio ambiente, las aguas residuales deben ser manejadas de forma que no contaminen el aire, el suelo o los cursos o masas de agua; así pues, no deben ser utilizadas de cualquier forma que introduzca productos tóxicos o que pueda plantear problemas patológicos, sobre todo en lo que se refiere a las cadenas alimentarias. El segundo elemento está relacionado con la crisis de la energía; ahora la gestión de las aguas residuales se puede observar, o se puede estudiar, en términos de consumo de energía, tanto bajo aspectos industriales como económicos o sociales. El tercer elemento es la crisis alimentaria; así pues, todo lo que sea aportar materia orgánica y nutriente a los vegetales, implica una mayor producción de alimentos y una mayor posibilidad de conservar los recursos del suelo para producir tanto alimentos como

energía. En lo que se refiere a este último proceso, es típica la mentalización creciente que existe en muchos países para la aplicación de la biomasa como fuente de energía.

Mora y Calvo (2010), en su tratado, *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa*, sostienen lo siguiente:

La contaminación de los cuerpos de agua en Costa Rica y en todo el mundo es uno de los principales problemas ambientales, debido a la importancia estratégica de este recurso. El contenido de bacterias del tipo de los CF como indicador biológico de contaminación, presenta las siguientes ventajas: se considera que niveles bajos de CF son buenos indicadores de ausencia de organismos patógenos; su evaluación es relativamente simple y directa; su concentración en aguas residuales (unos 100 millones/100 mililitros) es significativamente más alta que el contenido de patógenos fecales en las mismas aguas; no se multiplican fuera del tracto intestinal de animales de sangre caliente; además, su presencia en sistemas acuáticos es evidencia de contaminación de origen fecal. El estudio de la contaminación de CF durante los ocho meses del muestreo en varios de los ríos situados en la Península de Osa y cerca de la localidad de Piedras Blancas representa una clara señal de alerta para proceder a la implementación de las medidas necesarias para proteger los recursos naturales, especialmente el recurso hídrico. Por otra parte, es necesario que distintas entidades, tanto gubernamentales como no gubernamentales, empiecen a formular programas de recuperación y protección en las microcuencas de la región. El nivel de CF en los ríos son indicadores de contaminación, cuyo contenido inhabilita el uso de algunos ríos en cierto tipo de actividades. Por tanto, es vital empezar a informar a la población sobre la situación actual de la contaminación de los ríos y los cuidados que se deben tener con ríos contaminados con coliformes fecales.

Ecología Austral (2002), en su investigación titulada, *Variaciones estacionales de la calidad del agua del río Chocancharava (río Cuarto)*, sostiene lo siguiente:

El objetivo del presente trabajo fue evaluar variaciones bacteriológicas, algales y físico-químicas del río Chocancharava, determinando el riesgo potencial para la salud humana y animal. La abundancia de microorganismos CT y CF presentó variación a lo largo del año, superando las estaciones ubicadas río abajo de la descarga cloacal los límites admisibles. El uso recreacional del agua con contacto directo requiere un elevado patrón de calidad bacteriológica debido a las innumerables enfermedades de piel, oídos y ojos que pueden ser transmitidas por ese medio (Branco 1984). Los microorganismos coliformes fecales no mostraron diferencias significativas entre estaciones de muestreo ni entre estaciones del año ($P > 0.01$ en ambos casos) durante el año 1995; en tanto que, en 1996, se encontraron diferencias en ambos ($P < 0.01$).

Romeu et al. (2012). en su investigación titulada, *Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó*, sostienen lo siguiente:

El río Luyanó recibe a lo largo de su trayectoria vertimientos de aguas residuales urbanas e industriales sin tratamiento alguno, lo que provoca un deterioro de la calidad de sus aguas. Sin embargo, en algunos tramos del río se realizan actividades recreativas y se emplea el agua para el riego de diferentes cultivos. El trabajo tuvo como objetivos determinar la magnitud de los indicadores físico-químicos temperatura y pH en un tramo de 5 Km y evaluar la calidad microbiológica de sus aguas. Determinación de la concentración de *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes. Para determinar la concentración de bacterias coliformes termotolerantes (CTE) y *E. coli* (EC) se utilizó la técnica de filtración por membrana. Para verificar la distribución normal y la homogeneidad de varianza de los datos obtenidos, se realizaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Cochran-Bartlett a los datos transformados $\log(x)$. Se

aplicó la prueba de Turkey HSD para verificar si existían diferencias significativas entre las concentraciones de E. coli y coliformes termotolerantes y entre los conteos de cada indicador realizados en los períodos lluvioso y poco lluvioso. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r) y el coeficiente de determinación (R²) para determinar la correlación entre E. coli y los coliformes termotolerantes. Para los cálculos estadísticos se utilizó el paquete Statistica 6.1 para Windows. Los resultados de la investigación mostraron que las aguas del río Luyanó, en este tramo del curso inferior del río, presentan una inadecuada calidad microbiológica y no pueden ser empleadas para la realización de actividades recreativas ni para el riego de cultivos agrícolas, sobre todo, si son vegetales que se consumen crudos. Los resultados del presente estudio ofrecen datos actualizados sobre la calidad de las aguas de este río y constituyen un primer paso para la búsqueda de medidas que permitan reducir la contaminación fecal de sus aguas y así minimizar el riesgo que representa el uso de ellas por la población que vive en su entorno y que las utilizan en diferentes actividades.

Olivas et al. (2011), en su investigación titulada, *Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al río Bravo*, sostienen lo siguiente.

Existen pocos estudios disponibles con base en microorganismos enteropatógenos que confirmen el impacto del río Bravo en la frontera norte sobre la salud pública, aunque algunos datos revelan descargas diarias de millones de litros de aguas residuales, la mayoría sin el más mínimo tratamiento. Las partes bajas del río reciben las aguas negras de áreas urbanas, drenaje agrícola y descargas de la industria, lo que sugiere su alta y peligrosa contaminación con patógenos intestinales. El objetivo fue determinar la calidad microbiológica del agua del río Bravo, proveniente de drenes y canales que desembocan en ambos lados de la frontera Juárez El Paso (región denominada Paso del Norte) mediante la detección de organismos indicadores de contaminación fecal, los

que permiten inferir la presencia de patógenos intestinales. Se identificaron y cuantificaron los indicadores fecales *Cryptosporidium* y *Giardia* por técnicas de separación inmunomagnética e inmunofluorescencia; otros indicadores fueron las bacterias CT y *Escherichia coli*, usando la técnica de filtración por membrana. Los resultados mostraron que el 100% de las muestras presentaron los dos parásitos y por lo menos alguno de los indicadores bacterianos, aunque en números fluctuantes, atribuido al tipo de descargas. Con base en que estos indicadores deben ser cero en el agua para beber y utilizando referencias para cuerpos de agua, se pudo deducir la calidad microbiológica, no siendo segura en el 100% de las muestras ni para actividades recreativas ni aptas para riego agrícola. Se observó un número mayor de parásitos y bacterias en las muestras del lado mexicano; asimismo, en ambas fronteras se encontró un número mayor del parásito *Giardia* que de *Cryptosporidium*. Actualmente la presencia indiscutible de enteropatógenos en el agua del río Bravo constituye un riesgo para la salud pública, principalmente para los agricultores que la manejan y en el riego por la contaminación de los productos agrícolas de consumo humano, así como para las personas que entran en contacto con el agua del río.

Barrera et al. (2013), en su investigación titulada, *La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México*, sostienen lo siguiente:

La contaminación microbiológica en los cuerpos acuáticos se caracteriza a través de la detección de organismos indicadores como las bacterias CT y CF. El objetivo de este trabajo fue determinar la sensibilidad de estos indicadores para predecir la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos mexicanos. Dos con mayor influencia humana: lago de Pátzcuaro y ecosistema lacustre de Xochimilco, D. F y dos con menor: la laguna de Metztitlán y el lago Zirahuén. Se cuantificaron CT y coliformes

fecales en agua y sedimento por la técnica del NMP y se aislaron bacterias entéricas del agua mediante el uso de medios de cultivo selectivos. Se evaluaron: el índice de sensibilidad, el riesgo atribuible y la presencia y ausencia de indicadores y patógenos. Pátzcuaro y Xochimilco mostraron alta contaminación bacteriana. El sedimento presentó mayor concentración de CT y CF que el agua. Los CF mostraron ser indicadores más confiables para predecir la presencia de *Salmonella* y *Shigella*, con una sensibilidad para cada género de 60 y 75% y un riesgo atribuible del 58% y 67%. Los CF mostraron una relación presencia-ausencia con un porcentaje de casos verdaderos del 82% a 88%. En contraste, los CT mostraron un riesgo atribuible bajo (inferior a 27%) y un alto porcentaje de falsos positivos (65%), lo que impidió considerarlo como un buen indicador. Es conveniente evaluar la presencia de indicadores y patógenos simultáneamente para determinar el riesgo sanitario al caracterizar la calidad microbiológica en ecosistemas acuáticos.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Determinar los niveles de concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba, de la provincia de Pomabamba-Ancash.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Precisar la concentración de coliformes fecales y totales, como indicadores de contaminación del río Pomabamba.
- Establecer los impactos ambientales generados por incidencia de la descarga de aguas residuales de la provincia de Pomabamba sobre el río Pomabamba.
- Comparar la concentración de coliformes fecales y totales obtenidas con los parámetros y normativas Nacionales con el fin de establecer el grado de deterioro de las aguas del río Pomabamba.

- Plantear alternativas de solución para la adecuada disposición final de las aguas residuales de la provincia de Pomabamba.

1.4 Justificación

La presente investigación está enfocada al análisis microbiológico de coliformes fecales totales que son descargados diariamente al río Pomabamba.

Como sabemos el agua es primordial para todas las actividades humanas, pero a pesar de su importancia el agua es uno de los recursos usado de forma deficiente en nuestro planeta, se la desperdicia, contamina y hay muy poco interés en mantener su calidad y que esté disponible y aprovechable; el agua es uno de los recursos vitales que más se ha sobre-explotado y manejado de manera irracional en el sentido del desarrollo insustentable (Tyler, 1994; Olguín, 1999).

En la provincia de Pomabamba, las aguas residuales van a parar directamente al río Pomabamba, y no se tiene conocimiento de las concentraciones microbiológicas que contiene y si estas afectan la calidad de vida de sus pobladores.

En la presente investigación queremos aportar con la generación de conocimientos en cuanto a la calidad de nuestros ríos, con respecto al incremento o aporte bacteriológico de las descargas de aguas residuales sobre el río Pomabamba, con esta investigación se pretende obtener la información necesaria para resolver, tal vez, la interrogante que muchos se han planteado; ¿Cuál es el nivel de concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba, de la ciudad de Pomabamba? Y poder así plantear posibles soluciones.

Importancia:

La investigación va dirigida principalmente a la población de la provincia de Pomabamba, quienes podrían estar siendo afectados por estar haciendo uso directo de las aguas

del río; para riego de cultivos de pan llevar, lavado de alimentos, bebida de animales e incluso estar consumiendo el agua del río de forma directa; agua con una alta concentración de coliformes fecales y totales; ya que no se tiene conocimiento del nivel de concentración de estos parámetros y sus aguas son utilizadas para riego de cultivos y como bebida de animales. Al dar conocer el nivel de concentración de coliformes contribuiremos con información para el diagnóstico de la situación actual a la que se encuentra expuesta la población.

Así mismo, va dirigido a las autoridades de la Municipalidad Provincial de Pomabamba (MPP), quien tiene la capacidad para gestionar, proteger y conservar adecuadamente éste medio y el ambiente, así como la salud de la población en su jurisdicción.

El presente estudio permitirá:

- Determinar la concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba además de evaluar los impactos ambientales que trae consigo el vertido de aguas residuales directamente al río.
- Brindar información que sirva de base para estudios posteriores que contribuyan a optar por lo primordial en la provincia que es una planta de tratamiento.

1.5 Hipótesis

La concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba es alta producto de la descarga de aguas residuales vertidas directamente al río de la provincia de Pomabamba, además de otros agentes externos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

Las bases teóricas que sustentan la investigación sobre el porqué realizar una evaluación de la concentración de CF y CT en aguas superficiales, en un río son las siguientes:

La contaminación de los cuerpos de agua en Costa Rica y en todo el mundo es uno de los principales problemas ambientales, debido a la importancia estratégica de este recurso. El recurso hídrico es un elemento esencial no solo para la preservación de la vida humana, sino también para la conservación de la flora y fauna de la región. Su conservación y su calidad están estrechamente vinculadas, prácticamente, a todas las actividades económicas y sociales en forma ineludible, así como a la salud de su población (Mora y Calvo, 2010).

Se realizó un estudio sobre la contaminación microbiológica, utilizando como indicador el contenido de coliformes fecales en varios de los ríos. El objetivo fue conocer la situación actual y los posibles riesgos de contaminación de estos cuerpos de agua (Mora y Calvo, 2010).

Se encontró que la mayoría de los cuerpos de agua de la península no se pueden utilizar para fines recreativos de contacto primario, la acuacultura o para el riego de cultivos que se consumen crudos, ya que sobrepasan el límite máximo permisible en su contenido de coliformes fecales que establecen los reglamentos nacionales (Mora y Calvo, 2010).

El control de los parámetros físico-químicos y microbiológicos es muy importante tanto en los sistemas de potabilización como de depuración del agua. Sin embargo, en los lugares donde el agua es consumida por el hombre o es reutilizada, el factor de riesgo más importante está asociado con la exposición a agentes biológicos que incluyen bacterias patógenas, helmintos, protozoos y virus entéricos (Asano y Levine, 1998).

Desde el punto de vista de la salud pública, los virus entéricos son el grupo de organismos patógenos más críticos, debido a que la dosis mínima infecciosa es muy baja, son

muy resistentes a los sistemas de desinfección y el control a nivel de laboratorio es costoso (Ayres y Wescot, 1987); (Wescot y Ayres, 1990).

Los coliformes fecales son un subgrupo de los CT, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los CT como indicador es el hecho de que algunos coliformes son capaces de multiplicarse en el agua (Madigan, 1997).

2.2. Definición de términos básicos

- **Agua residual**, son aguas contaminadas por la dispersión de desechos humanos, procedentes de los usos domésticos, comerciales o industriales. Llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión. Su tratamiento y depuración constituyen el gran reto ecológico de los últimos años por la contaminación de los ecosistemas (Ecoestrategias.com).
- **Aguas negras**, véase residual.
- **Aguas servidas**, véase residual.
- **Calidad ambiental (CA)**, condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La CA se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente, así como la salud de las personas (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2020).
- **Calidad de agua**, se define como la capacidad intrínseca que posee el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella, incide de manera directa en la

salud tanto de los ecosistemas que habitan en la misma como en el bienestar del ser humano, de la calidad del recurso depende tanto la biodiversidad como la calidad de los alimentos, la salud humana y las actividades económicas. La calidad del agua se clasifica dependiendo del uso para el cual va a ser empleada, ya sea para uso recreativo, uso de doméstico, uso agrícola y ganadero, como hábitat para organismos acuáticos, entre otros usos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que después de usar el recurso, este suele regresar al sistema hidrológico, de manera que si no se realiza el tratamiento adecuado puede acabar afectando gravemente a la fuente (Fibras y Normas de Colombia S.A.S.).

- **Coliformes fecales (CF)**, también denominados coliformes termotolerantes, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal (Gamazo, 2005).
- **Coliformes totales (CT)**, comprende la totalidad del grupo coliformes, para determinar la contaminación de aguas también se utiliza la prueba para este grupo.
- **Coliformes**, son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente. Están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades. Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas. Se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección (Madigan. 1997).
- **Cuerpo receptor**, es todo aquel manantial, zonas de recarga, ríos, quebrada, arroyos permanentes o no, lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, estuario, manglar, turbera, pantano, agua dulce, salobre o salada, donde se vierten aguas residuales (D. S. 019-2009-MINAM).

- **Efluente**, está referido a toda descarga deliberada de aguas residuales a un cuerpo natural de agua. Se excluyen las provenientes de naves y artefactos navales, así como la descarga de aguas residuales al alcantarillado (MINAM,2020).
- **El agua pura**, es un líquido sin olor (inodoro) y sin sabor (insípido), tiene un color matiz azul, que solo puede verse en capas de una gran profundidad, a una determinada presión atmosférica (760 mm de mercurio); su punto de fusión es de 0 °C y su punto de ebullición es de 100 °C (Sánchez, 2008). El agua alcanzará su densidad máxima a una temperatura de 4 °C; otra de las características del agua es que cuando se enfría y se congela, el sólido resultante ocupa un volumen mayor al líquido inicial; su densidad disminuye de 1g/cm³ en el agua líquida a 0.9 g/cm³ en el hielo. El agua se puede presentar en estado sobre enfriado, es decir, puede permanecer en estado líquido aun así su temperatura este por debajo de su punto de fusión; se puede también enfriar fácilmente a una temperatura de - 25 °C sin que se llegue a congelar. El agua sobre enfriada puede congelarse agitándola, bajando más su temperatura añadiéndole un cristal u otra partícula de hielo.
- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA)**, es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (MINAM,2020).
- **Impacto Ambiental**, alteración, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El “impacto” es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y que habría pasado sin ésta (MINAM,2020).

- **Monitoreo**, obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, funcional a los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental (D. S. N° 019-2009-MINAM).
- **Vertimiento**, véase efluente.

2.2. Marco Legal

Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338 (2009)

Uno de los puntos más importantes de la Ley de Recursos Hídricos es la creación del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, que tiene como objetivo articular la acción del Estado, para conducir los procesos de gestión integrada y de conservación de los recursos hídricos en los ámbitos de las cuencas, de los ecosistemas que lo conforman y de sus bienes asociados.

El Sistema se encuentra conformado por el conjunto de instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos que implementan el Estado para la gestión del recurso hídrico. Las instituciones que lo integran, de acuerdo a la ley y su reglamento son:

- a) La Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- b) Los ministerios del Ambiente (MINAM), Agricultura (MINAGRI), Vivienda, Construcción y Saneamiento (MIVCS), Salud (MINSAL), Producción (MIPRO) y Energía y Minas (MINEM).
- c) Los gobiernos regionales y locales, a través de sus órganos competentes.
- d) Las organizaciones de usuarios agrarios y no agrarios.
- e) Las entidades operadoras de los sectores hidráulicos, de carácter sectorial y multisectorial.
- f) Las comunidades campesinas y comunidades nativas.
- g) Las entidades públicas vinculadas a la gestión de los recursos hídricos

- h) Los proyectos especiales, proyectos especiales hidráulicos e hidroenergéticos regionales, nacionales y binacionales.
- i) Las autoridades ambientales competentes, las entidades prestadoras de servicios de saneamiento, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la Autoridad Marítima del Perú.
- j) Todas aquellas entidades del sector público cuyas actividades o acciones estén vinculadas con la gestión de los recursos hídricos.

Así mismo encontramos principios generales respecto del agua y la gestión de los recursos hídricos.

- **Principio de valoración y de gestión integrada del agua**, en este punto se resalta tres aspectos principales de la valoración de este recurso: sociocultural, económico y ambiental, los cuales a su vez coincide con los aspectos de sostenibilidad y deben equilibrarse para ser base de la gestión integrada del recurso.
- **Principio de prioridad en el acceso al agua**, con este principio se refuerza el concepto de uso primario de este recurso, priorizado sobre cualquier otro uso, en tanto está relacionado con la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana, y como derecho fundamental. Se entiende la relación constitucional con el derecho fundamental a vivir en un ambiente sano y adecuado para el desarrollo de la vida.
- **Principio de participación de la población cultura del agua**, la participación ciudadana y en específico, la de los usuarios de recursos hídricos, es uno de los asuntos más desarrollados en la norma, sobre todo en los artículos 26 al 32, correspondientes a las organizaciones de usuarios. Por otro lado, se introduce el concepto de cultura del agua rescatando la importancia del agua y los sistemas asociados para la humanidad, para que se lo promueva en programas de educación,

difusión y sensibilización organizados tanto por entidades públicas como por la sociedad civil.

- **Principio de seguridad jurídica**, en este principio se consagran un régimen de derechos para el uso del agua. El Estado promueve y vela por el respeto de las condiciones que otorgan seguridad de la inversión relacionada con su uso, sea esta pública, privada o en participación.
- **Principio de respeto de los usos del agua por las comunidades campesinas y nativas**, se dispone que el Estado respeta los usos y costumbres de las comunidades campesinas y nativas, así como su derecho de utilizar las aguas que discurren por sus tierras, en tanto no se oponga a la ley. El Estado debe promover también el conocimiento y la tecnología ancestral del agua.
- **Principio de sostenibilidad**, principio que declara al Estado como promotor y controlador del aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos, previniendo la alteración de su CA y condiciones naturales de su ecosistema.
- **Principio de valoración**, resalta que el uso sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo de nuestra nación, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.
- **Principio de descentralización de la gestión pública del agua y de autoridad única**, con mención a la gestión pública del agua, y estableciendo el rol de conducción del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, esta gestión recae en una única y desconcentrada: La ANA. De la misma forma se establece que la gestión pública del agua comprende también la de sus bienes asociados naturales o artificiales.

- **Principio precautorio**, bajo este principio, la ausencia de certeza absoluta sobre un peligro de daño grave o irreversible que amenace las fuentes de agua no constituye impedimento para adoptar medidas que imposibiliten su degradación o extinción.
- **Principio de eficiencia**, la base de la gestión integrada de los recursos hídricos se sustenta en el aprovechamiento eficiente y su conservación; incentivando el desarrollo de una cultura de uso eficiente entre los usuarios y operadores.
- **Principio de gestión integrada participativa por cuenca hidrográfica**, el uso del agua debe ser óptimo equitativo, fundamentarse en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca y con la participación activa de la población organizada. El agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico.
- **Principio de tutela jurídica**, por este principio, el Estado protege, supervisa y fiscaliza el agua en sus fuentes naturales o artificiales y en el estado en que se encuentre: líquido sólido o gaseoso, y en cualquier etapa del ciclo hidrológico.
- **Condiciones generales que se deben observar para el uso de los recursos hídricos y clases de uso**, es importante tener en cuenta que se han establecido ciertas obligaciones para todos los usuarios de recursos hídricos, al margen de la modalidad de acceso a estos recursos que utilicen. Las obligaciones que deben cumplir todos los usuarios son las siguientes:
 - a. El uso de los recursos hídricos se encuentra condicionado a su disponibilidad y a las necesidades reales del objeto al cual se destinan.
 - b. El uso debe realizarse de manera eficiente, respetando los usos primarios y derechos de uso otorgados a terceros.
 - c. Se debe evitar la afectación de su calidad y de las condiciones naturales de su entorno.

d. Se debe promover el mantenimiento y mejoramiento de las características fisicoquímicas del agua, el régimen hidrológico en beneficio del ambiente, la salud pública y la seguridad nacional.

Adicionalmente, para poder interpretar de manera correcta las condiciones generales para el acceso al recurso, deben considerarse los principios generales enunciados líneas arriba, en tanto estos disponen condicionantes directas al uso del recurso hídrico y obligaciones tanto por parte del Estado como de los usuarios para la gestión del mismo.

- **Clases de uso del agua y prioridad.** El marco normativo nacional reconoce tres clases de uso de agua y le otorga a cada una de ellas el orden de prioridad conforme las enuncia.

a. Uso primario de agua. Es aquel uso consistente en la utilización directa u efectiva del agua, en las fuentes naturales y cauces públicos, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Este uso no requiere autorización administrativa y se ejerce con la sola disposición de la ley. Debe ser inocuo al ambiente y a terceros, no tiene fin lucrativo y se ejerce en forma gratuita por las personas, bajo su responsabilidad, restringido solo a medios manuales y siempre que no altere fuentes de agua en calidad y cantidad, y no afecte bienes asociados al agua. Este tipo de uso admite la ejecución de obras que desvíen los cauces de agua.

b. Uso poblacional del agua. Este tipo de uso consiste en la extracción del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas. Se ejerce mediante licencias de uso de agua otorgada a las entidades encargadas del suministro de agua poblacional, las que son responsables de implementar, operar y mantener los sistemas de abastecimiento de agua potable. El Estado garantiza a todas las personas el derecho de acceso a los servicios de agua potable, a través de la regulación, supervisión y fiscalización de estas entidades; sin perjuicio de ello, en estados de escasez hídrica, los distintos

niveles de gobierno responsables de la regulación de los servicios de suministros de agua potable pueden dictar medidas de racionamiento.

c. Uso Productivo del agua. Consiste en la utilización del agua en procesos de producción o previos a los mismos. Su ejercicio está supeditado al otorgamiento de un derecho de agua de acuerdo al tipo de uso productivo, por parte de la autoridad administrativa del agua.

Los tipos de uso productivo pueden ser:

- Agrario: pecuario o agrícola.
- Acuícola y pesquero.
- Energético.
- Industrial.
- Medicinal.
- Minero.
- Recreativo.
- Turístico.
- Transporte.

Protección del agua y bienes asociados, la última Ley de Recursos Hídricos trae consigo un nuevo concepto de protección del recurso hídrico, más amplio e integral que el de la legislación anterior. Así, se parte de otorgar competencia a la autoridad nacional para realizar la clasificación de los cuerpos de agua tomando en consideración, entre otros conceptos:

- a. La cantidad de agua.
- b. La calidad del agua.
- c. Las consideraciones hidrográficas.
- d. Las necesidades de las poblaciones locales.

Se añade que la ANA y el consejo de cuenca velan por la protección del agua, sus fuentes y los ecosistemas y bienes naturales asociados a ella, tanto en el marco de la Ley de

Recursos Hídricos como de otras normas aplicables (por ejemplo, en el caso de los bosques ribereños, la ley forestal y de fauna silvestre). Con el fin de mejorar la eficacia en la protección del recurso hídrico y los bienes asociados, la norma da competencia a la ANA a través de los consejos de cuenca para vigilar y fiscalizar, con el objeto de prevenir y combatir la contaminación del mar ríos y lagos.

Así, sea en cauces naturales o en cauces artificiales la autoridad nacional, en coordinación con el consejo de cuenca, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de CA del agua sobre la base de:

- a. Los ECA del agua.
- b. Las disposiciones y los programas para su implementación establecidos por la autoridad del ambiente el MINAM.

Asimismo, en lo que respecta a la protección de recurso, en el nuevo marco normativo se especifican ciertas zonas o áreas en donde las autoridades deben realizar tareas especiales con miras a asegurar su sostenibilidad, como son:

- a. Las cabeceras de la cuenca: zonas ambientalmente vulnerables de la cuenca en donde se originan las aguas. Con la opinión previa favorable del MINAM estas zonas pueden declararse intangibles y, por tanto, no otorgarse en ellas ningún derecho de uso disposición o vertimiento.
- b. Las fajas marginales: terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales en donde se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, los caminos de vigilancia u otros servicios.
- c. Las zonas de veda y zonas de protección: declaradas para proteger o restaurar el ecosistema y para preservar fuentes y cuerpos de agua, así como los bienes asociados a este recurso. En caso la veda pueda afectar la salud de la población, se debe contar con la opinión sustentada y favorable de la autoridad de salud.

Por otro lado, cabe destacar que mediante D.S. N° 007-2010-AG se ha declarado de interés nacional la protección de la calidad de aguas en las fuentes naturales y sus bienes asociados, con el objeto de prevenir el peligro de daño grave o irreversible que amenacen a dichas fuentes, así como promover y controlar el aprovechamiento y uso sostenible de los recursos garantizando un entorno saludable para las actuales y futuras generaciones.

Autorización para el vertimiento de aguas residuales. En lo que respecta al vertimiento de aguas residuales en cualquier cuerpo natural de agua continental o marina con la nueva normativa la competencia de autorización de cualquier vertimiento ha quedado en manos de la ANA.

Para ello, debe contarse con la opinión previa favorable de:

- a. La autoridad ambiental para lo cual mediante Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA se establece que se trata de la autoridad ambiental sectorial o regional correspondiente.
- b. La autoridad de salud, MINSA con relación al cumplimiento de los ECA para agua y los LMP.

Como requisito para obtener la autorización, el reglamento dispone que se debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva (se entiende hasta la fecha la autoridad sectorial encargada de la actividad que se realiza) un documento que debe considerar al menos los siguientes aspectos relacionados con las emisiones:

- a) Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.
- b) Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados según los estándares de

calidad establecidos o los estudios específicos realizados y sustentados científicamente la ANA debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o que disminuyan el riesgo en la calidad del agua que puedan incluir tecnologías superiores pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto.

Figura 1
Categorización y ECA (2005)

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1 000	5 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	1 000
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	20	20
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	<1	<1

Nota. Fuente: D.S. N° 015-2015-MINAM

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establece disposiciones complementarias

Tiene por objetivo compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de ECA para agua, quedando sujeto a los establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y

subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de CA para Agua. Apruébese los ECA para agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los ECA para agua. Para la aplicación de los ECA para agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación. Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

B1. Contacto primario. Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

B2. Contacto secundario. Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras. Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras. Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras. Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras

marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas. Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales. Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido. Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.
- Agua para riego restringido. Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales. Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos. Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: ríos. Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra. Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.
- Ríos de la selva. Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos.

- Estuarios. Entiéndase, como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.
- Marinos. Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional. Precítese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero -

medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reúso.

Tabla 1
Categorías y clasificación de agua

Categoría	Descripción	Subcategoría	Descripción
Categoría 1-A	Agua superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Agua que puede ser potabilizada con desinfección
		A2	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional
		A3	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado
Categoría 1-B	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
Categoría 2 : Actividades de extracción y cultivo marino costeras y continentales	Agua de mar	C1	Extracción y cultivo de moluscos bivalvos
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
		C3	Otras actividades
	Agua continental	C4	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en lagos y lagunas
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales	Parámetros para riego de vegetales	D1	Riego de cultivos de tallo alto y bajo
	Parámetros para bebida de animales	D2	Bebida de animales
Categoría 4	Conservación del Ambiente Acuático	E1	Lagunas y lagos
		E2	Ríos de costa y sierra
			Ríos de selva
		E3: Ecosistemas marino costeras	Estuarios Marinos

Nota. Fuente: D.S. N°004-2017-MINAM

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

- La ANA es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

- En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la ANA define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los ECA para agua como referente obligatorio

- Los parámetros de los ECA para agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:
 - a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.
 - b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la CA de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.
 - c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.
 - d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la CA de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.
 - e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la CA de los cuerpos naturales de agua.
- La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Así mismo el mencionado Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, contiene dentro de sus anexos el cuadro de parámetros para cada categoría de uso de agua, y entre ellos para los parámetros microbiológicos, correspondientes a la categoría 3; como se muestra a continuación:

Tabla 2
Parámetros microbiológicos y estándares de calidad de agua

Parámetro	Unidad de medida	D1:Riego de vegetales		D2:Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Microbiológicos y parasitológicos				
Coliformes termotolerantes	NMP/100ML	1000	2000	1000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1000	--	--
Huevos de Helminos	Huevo/L	1	1	--

Nota. Fuente: D.S. N° 007-2017-MINAM

Protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de aguas superficiales.

- Coliformes totales y termotolerantes.
- Utilizar frascos de vidrio previamente esterilizados, llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene.
- Los frascos no deben abrirse hasta el momento del muestreo y no serán enjuagados con agua de la muestra, debe destaparse el menos tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas que pudieran alterar los resultados.
- Evitar tocar el interior de la botella o la cara interna del tapón, sujetando esta con la mano mientras se realiza el muestreo, sin colocarlo sobre algún material que lo pueda contaminar.

- Sumergir la botella boca abajo a una profundidad aproximada de 20m a 30m, tras lo cual se girará de manera que la boca apunte hacia la corriente, o bien creando dicha corriente por arrastre de botella en el interior del agua, evitándose el contacto con la orilla o el lecho.
- Dejar una porción del recipiente sin llenar (1/4 de frasco), de manera que el aire contenido en esa zona asegure un adecuado suministro de oxígeno para los microorganismos que lo necesiten hasta el momento de análisis.
- Trasladar al laboratorio en un intervalo de 6 a 24 horas.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Según su finalidad, Aplicada, ya que se tiene la intención de colaborar con mejorar la calidad de vida y proporcionar conocimiento contribuyendo con información nueva.

Según su alcance, Descriptiva, porque describe características del objeto de estudio, mediante toma de muestras que nos permite conocer posibles impactos debido a la alta concentración de coliformes fecales y totales.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito espacial*

Ubicación.

Pomabamba es una de las veinte provincias que conforman la región Ancash. Se ubica en el Callejón de los Conchucos. Limita por el norte con la provincia de Sihuas y la región de La Libertad, al este con la Región Huánuco, al sur con la provincia de Mariscal Luzuriaga y la provincia de Yungay; y al oeste con la provincia de Huaylas. Cuenta con cuatro distritos Pomabamba, Huayllan, Parobamaba y Quinuabamba. Pomabamba, está ubicado entre las coordenadas 08°48'54'' de Latitud Sur y 77°27'36'' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altitud de 3060 m.s.n.m.

Pomabamba, se encuentra ubicada en el hemisferio occidental, en la parte central de América de Sur (Pinedo (2011), en la región quechua según la clasificación de Javier Pulgar Vidal, es un valle interandino (Navarro, 2015).

De acuerdo al censo de 2015, es la novena provincia con mayor cantidad de habitantes, cuenta con más de 35,000 (Perú Desconocido, 2019).

Datos Políticos y Geográficos de Pomabamba

Pomabamba tiene 150 años de creación política, es la provincia más antigua del departamento de Ancash, tiene una historia milenaria y una geografía de contrastes, su nombre

proviene de los vocablos quechuas: -Puma - Pampa, que quiere decir; pampa de pumas (Navarro, 2015).

En el año 1856, Pomabamba es elevado a la categoría de distrito, por ley N° 12120, el 21 de febrero de 1861 se eleva a la categoría de provincia, estando como Presidente Constitucional de la República, don Ramón Castilla Marquesado. A partir del año 1923, Pomabamba, empieza su desarrollo con tendencias al mejoramiento de la justicia social, desarrollo educacional, comercial, cultural y bienestar común. En 1967 el arquitecto Fernando Belaunde Terry inaugura la carretera a Pomabamba. Sin embargo, el terremoto del 31 de mayo afecta seriamente sus posibilidades de desarrollo. A partir de 1980, Pomabamba vive, con satisfacción, sus principales adelantos tanto en el aspecto físico, como el aspecto cultural. La provincia de Pomabamba, conocida como la capital folclórica de Ancash, se encuentra localizada en esta región del país. Esta presenta su división geográfica actual desde el año 1861 cuando la antigua Pomabamba fue dividida en dos provincias: Pomabamba y Pallasca. Actualmente se divide en cuatro distritos: Pomabamba, Huayllan, Quinuabamba y Parobamaba.

Límite

Pomabamba limita por el norte con la provincia de Sihuas, por el este con el departamento de Huánuco, por el sur con las provincias de Mariscal Luzuriaga y Yungay, y por el oeste con la provincia de Huaylas. La provincia está dividida en cuatro distritos: Pomabamba, Huayllan, Parobamba y Quinuabamba (Navarro, 2015).

Tabla 3
Rango, altitud y extensión territorial

Distrito	Altitud(msnm)	Superficie (Km²)
Pomabamba	3060	347,92
Huayllan	3000	88,97
Parobamba	3185	331,10
Quinuabamba	3108	146,06

Nota. Fuente: INEI (2015)

La provincia tiene una superficie territorial de 914.05 Km² Pomabamba tiene un relieve accidentado, existen: valles, quebradas, punas, cordilleras, ríos, pampas, lagunas, cerros, colinas, peñascos y mesetas. Presenta una constitución arcillosa, calcárea, carbonífera y rocosa. El fenómeno más importante es la cordillera Blanca que recorre de sur a norte. El clima de Pomabamba es variado. En la capital es templado. En verano los meses de sequía que son de mayo a setiembre y de lluvia que son de octubre a marzo. La presión atmosférica es de **678.80 mmHg** y la humedad atmosférica es de 75 por ciento. En la provincia se distinguen 5 pisos altitudinales: región yunga, quechua, suni, puna o jalca y janca o cordillera, cada uno con sus características propias de fauna y flora, clima y modo de vida. El clima de la provincia varía según los pisos altitudinales, la velocidad de los vientos y el sol.

Aspecto político. Políticamente Pomabamba tiene cuatro distritos (Bernuy, 2002). Existen instituciones como la municipalidad, el juzgado mixto y fiscalía, policía nacional, unidad de gestión educativa local de educación, el Hospital de Salud, ESSALUD, Banco de la Nación, etc.

Tabla 4
División política de la provincia de Pomabamba

Distrito	Capital
Pomabamba	Pomabamba
Parobamba	Parobamba
Quinuabamba	Quinuabamba
Huayllan	Huayllan

Nota. Fuente: MPP (2019)

Existen dos niveles sociales: clase media formada por intelectuales, empleados, magisterio, salud, autoridades, etc., y clase baja, formada por el campesinado, que viven en el campo dedicándose a la agricultura y a la ganadería en pequeña escala. En Pomabamba se nota

el fenómeno migratorio, con incidencia en la emigración a los pueblos de la costa: Lima, Chimbote, Trujillo, tanto para buscar trabajo como para superarse en centros de estudios de educación superior como las universidades. El pomabambino, es eminentemente cristiano y católico desde sus ancestros, pero actualmente se nota la influencia de otras sectas religiosas como: los testigos de Jehová, evangélicos, pentecostés entre otros.

Hidrografía en Pomabamba. El caudal del río Pomabamba es irregular, en las épocas de sequía baja considerablemente y en los meses de enero, febrero y marzo llega a su máximo caudal como consecuencia de las abundantes lluvias. El río Pomabamba nace en los nevados de Jancapampa. Hay varios afluyentes que se van agrupando para formar los ríos de Quitara y Pomabamba. Existen una serie de lagunas cuyas aguas desfogon a los diferentes ríos que desembocan en el río principal que es el de Pomabamba. Con esta cantidad de recursos hídricos se han construido la central hidroeléctrica en Pomacucho, para proporcionar electricidad a los distritos de Parobamba, Huayllan y Quinuabamba. Actualmente no se cuenta con agua potable en la población de Pomabamba lo cual ha generado múltiples problemas.

La Agricultura. La agricultura se mantiene estacionaria al igual que la ganadería, por diferentes motivos, se sigue utilizando la yunta. El 40% de la población no tiene terrenos, otro porcentaje ha acaparado grandes extensiones de tierras de las antiguas haciendas y no los cultivan como es debido. Uno de los grandes problemas es la falta de capital para la compra de fertilizantes y semillas mejoradas. Otra de las dificultades es la falta de canales de irrigación, el 80% de tierras son de secano y solamente una pequeña parte de las riberas del río Pomabamba hasta Huayllan utiliza el riego, donde la población se dedica a los sembríos de artículos de pan llevar y no así al cultivo de otros productos de mayor envergadura. A pesar de todas las dificultades antes mencionadas la agricultura se practica en los diferentes pisos altitudinales. En general la mayoría de agricultores siembra para consumo familiar.

a. La Flora: es abundante y de una variedad enorme, donde reina siempre un ambiente primaveral. En el territorio de la provincia se puede encontrar tres pisos altitudinales y de acuerdo a ello la flora del siguiente modo:

- Región Quechua: En esta zona hay poca vegetación herbácea, pero es la zona de frutales como: pacaes, lúcuma, tunas, lima, naranja, chirimoya, manzana, durazno, granadilla, palta, higo, etc. Se puede encontrar gran cantidad de arbustos como: hierba santa, muña, retama, zarza, chilca, san pablo, culén, etc. Así también muchísima variedad de árboles como: eucalipto, aliso, sauce, molle, tara, cedro, pino, magnolia, entre otros.
- Región suni: Las comunidades de Viñauya, Jancapampa, Conopa, Ventana, San Juan, Yanacolpa, Yegua Corral, Chogo pertenecen a esta región, donde hay abundante vegetación herbácea durante los meses de verano, las plantas más destacadas son la tara, quishuar, berro, cantuta, sauco, entre otros.
- Región Puna: La vegetación de esta región es pobre por el frío reinante, sin embargo, es la zona ganadera de la provincia, a esta altura se puede encontrar Ichu, pajonal, culantrillo, cebadilla, quinal, escorzonera, entre otros que son ideales para la alimentación del ganado.
- Región Janca o Cordillera: Hay poca vegetación, sin embargo, a estas alturas se puede encontrar agrupaciones de llaretas y la huamanripa.

b. La Fauna: Los factores determinantes para su existencia son el clima y la vegetación, de acuerdo a ello se produce la distribución de los animales herbívoros, ya que en el medio hay muy pocos animales que están circunscritos a una sola región geográfica, lo encontramos en diferentes pisos altitudinales, pero del límite superior no pueden pasar, en cambio del límite inferior si, como el zorzal negro que es propio en la región suni se encuentra en la región quechua o en la región yunga.

- Fauna de la región quechua: La fauna en esta región es abundante, se puede encontrar las aves de corral, búho, gorrión, huanchaco, halcón, lechuza, gavián, pájaro carpintero, paloma de monte, perdiz, picaflor, ruiseñor, zorzal negro, zorzal gris, comadreja, conejo de monte, ratones, muca, culebras de tamaño mediano, ganado caballar, porcino, caprino, mariposas multicolores, entre otros.
- Fauna de la región suni: En esta región disminuye la fauna debido a la altura, se encuentra los siguientes animales: ganado ovino, huachua, pato silvestre, tarugo, venado, vizcacha, gato de monte, entre otros.
- Fauna de la región janca o cordillera: esta zona carece de fauna.

Geología. Se cuenta con un estudio geológico de la ciudad elaborado a raíz de un deslizamiento observado en la margen izquierda del río Pomabamba, donde se ubica la ciudad.

Se ha determinado las causas de los deslizamientos producidos en la zona de Pomabamba con la finalidad de eliminarlos para disminuir sus efectos y tratar de detener sus movimientos o avances, entre las principales tenemos:

- Fuerte pendiente del terreno que favorece para que se produzcan los deslizamientos escalonados, debido al predominio de las fuerzas deslizantes en el talud.
- Alteración del equilibrio del talud producido por los sismos que dejan las laderas de los cerros en condiciones inestables para producirse los deslizamientos.
- Presión hidrostática ejercida en los agrietamientos, zonas débiles, que aprovecha el agua de escorrentía para propiciar un mayor movimiento.
- Escasez de vegetación en los terrenos de fuerte pendiente, ya que sus raíces dan mayor resistencia al suelo, y con la consiguiente disminución de humedad.
- Época de precipitaciones intensas, producidas en la zona.
- Infiltración de agua proveniente de los riegos mal controlados.
- Drenaje de las quebradas y aguas subterráneas.

Meteorología. El cuadro climático varía principalmente de acuerdo a los diferentes pisos o niveles altitudinales, existiendo tipos climáticos muy definidos y característicos.

Se ha determinado una precipitación anual para la cuenca que varía entre 690 mm y 1,154 mm y que son de carácter estacional, es decir que existe una época o estación marcada en la cual se presentan con mayor frecuencia e intensidad, ocurriendo esto entre los meses de noviembre a marzo.

Ubicación de área de estudio. El área de investigación corresponde al río Pomabamba ubicado en el distrito de Pomabamba provincia de Pomabamba, específicamente en la zona conocida como puente León. Se tomaron tres puntos para el estudio, el primer punto ubicado a 50 m aguas arriba del punto de descarga el segundo a la altura del punto de descarga y el tercero 200 m aguas abajo del punto de descarga.

Tabla 5

Coordenadas de ubicación geográfica de los puntos de monitoreo

Puntos	Coordenadas WGS 84	Descripción de la ubicación
P-0	N 9023011,00 E 0229401,10	Margen derecho, 50 metros agua arriba de un punto de descarga.
P-1	N 9024101,51 E 0229402,90	Margen derecho, altura del punto de descarga.
P-2	N 9024048,92 E 0229407,49	Margen derecho, 200 metros aguas abajo del punto de descarga.

- Río Pomabamba-50 metros aguas arriba del punto de descarga (P-0). Coordenadas: WGS 84 18M Este-02294.10; Norte-9023911.00: El tramo del río presenta un ambiente lótico de agua blanca, con una pendiente de orilla 36°, un ancho de 94.24 metros y una profundidad promedio de 1.5 metros y color marrón. La fuerza de corriente es fuerte y la orilla estrecha. Cobertura ribereña 80% y su vegetación es bosque con presencia de, arbustos. El área presenta viviendas cercanas a menos de 200m de radio.

- Río Pomabamba-altura del punto de descarga (P-1). Coordenadas: WGS 84 18M Este-0229402.90; Norte-9024101.51: En este tramo el río presenta un ambiente lotico de agua blanca, con una pendiente de orilla 39°. Presenta un ancho de 96.31 m. y una profundidad promedio de 2.0 m. color marrón oscuro por la mezcla de aguas residuales del vertedero con las aguas del río, llegando a 3 a 4 m de la orilla hacia el centro. La fuerza de corriente es fuerte y la orilla estrecha. Por la fuerza de corriente del río no existe acumulación de materia orgánica en el lecho del cuerpo receptor. Cobertura ribereña 80% y su vegetación es bosque, arbustos de esta zona en dirección.
- Río Pomabamba -aguas abajo (P-2). Coordenadas: WGS84 18M Este-0229407.49; Norte-9024048.92: El tramo del río presenta un ambiente lotico de agua blanca, con una pendiente de orilla 40°. Presenta un ancho de 93.97 m. y una profundidad media de 2.5 m. color marrón. La fuerza de la corriente es fuerte-torrentosa y la orilla es estrecha. En este tramo se encuentra un puente, llamado puente León, es una zona muy transitada.

Características del área de estudio. Uso del suelo paralelo al punto de descarga: A la margen derecha del río Pomabamba, partiendo del punto de descarga se encuentran qué; se dedican a la crianza de cerdos estos se encuentran en la misma área de la descarga de aguas residuales, y al hacer el trabajo de campo se observó que estos consumían el agua residual de forma directa.

Posterior a los 200 metros aguas abajo del punto de descarga se encuentra el puente León, por lo cual esta zona o este tramo en un área muy transitada.

3.2.2. *Ámbito temporal*

El estudio se realizó en un lapso de un año y medio, contando desde el plan de estudio, la recopilación de información, y viajes para toma de muestras.

3.3. Variables

Tabla 6

Descripción de variables

Objetivo	Variable dependiente	Variable Independiente	Indicador
Precisar la concentración de coliformes fecales y totales, como indicadores de contaminación del río Pomabamba.	Concentración de coliformes fecales y totales en el río.	Descarga de aguas residuales y factores externo.	NMP/100 mL
Establecer los impactos ambientales generados por incidencia de la descarga de aguas residuales de la provincia de Pomabamba sobre el río Pomabamba.	Impactos ambientales detectados	Elevada concentración de coliformes fecales y totales.	Calificación cualitativa.
Comparar la concentración de coliformes fecales y totales obtenidas con los Parámetros y Normativas Nacionales con el fin de establecer el grado de deterioro de las aguas del río Pomabamba.	Calidad de agua	CT y fecales en total.	NMP/100 mL
Plantear posibles alternativas de solución para la adecuada disposición final de las aguas residuales de la provincia de Pomabamba.	Disminución de concentración de coliformes fecales y totales en el cuerpo de agua.	Adecuada disposición final de aguas	Concentración de coliformes fecales y totales

3.4. Población y muestra

El área de investigación corresponde al río Pomabamba ubicado en el distrito de Pomabamba provincia de Pomabamba.

Población: CF y CT descargados en el río Pomabamba como componentes microbiológicos patógenos de las aguas residuales de la provincia de Pomabamba.

Muestra: las muestras serán recogidas en tres puntos, cincuenta metros arriba de la descarga, zona de descarga de aguas residuales y cincuenta metros debajo de la descarga.

El volumen muestra de agua para los análisis microbiológicos de coliformes fecales y totales será de 100 mL por cada muestra.

3.5. Instrumentos

- Lap Top

- Cámara fotográfica
- GPS
- Información cartográfica
- Libreta de campo
- Mapa de ubicación
- Guantes de vinil
- Frascos esterilizados
- Wincha
- Etiquetas
- Plumones indelebles
- Chaleco de seguridad
- Botas
- Casco

3.6. Procedimientos

3.6.1. *Etapa precampo*

En esta etapa tuvo lugar la recolección de información de estudios e investigaciones pasadas referentes al mismo tema, obteniendo así más conocimientos para poder llevar a cabo la investigación. Así obtener conocimientos en cuanto a la forma de monitoreo a emplear para poder seguir con un protocolo.

3.6.2. *Recolección de datos en campo*

El material primordial de estudio para la investigación se consiguió de un análisis de agua superficial (río Pomabamba), para poder obtenerlas se tomaron tres muestras, las cuales han sido recogidas de la forma siguiente; la primera muestra fue tomada en el punto ubicado a 50 metros aguas arriba del punto de descarga, la segunda a la altura del punto de descarga y la tercera muestra 200 m aguas abajo del punto de descarga.

Tabla 7
Ubicación de los puntos de muestreo

Puntos	Coordenadas WGS 84	Descripción de la ubicación
P-0	N 9023011,00 E 0229401,10	Margen derecho, 50 metros agua arriba de un punto de descarga.
P-1	N 9024101,51 E 0229402,90	Margen derecho, altura del punto de descarga.
P-2	N 9024048,92 E 0229407,49	Margen derecho, 200 metros aguas abajo del punto de descarga.

- Río Pomabamba-50 metros aguas arriba del punto de descarga (P-0). Coordenadas: WGS 84 18M Este-02294.10; Norte-9023911.00: El tramo del río presenta un ambiente lótico de agua blanca, con una pendiente de orilla 36°, un ancho de 94.24 metros y una profundidad promedio de 1.5 metros y color marrón. La fuerza de corriente es fuerte y la orilla estrecha. Cobertura ribereña 80% y su vegetación es bosque con presencia de, arbustos. El área presenta viviendas cercanas a menos de 200 m de radio.
- Río Pomabamba-altura del punto de descarga (P-1. Coordenadas: WGS 84 18M Este-0229402.90; Norte-9024101.51: En este tramo el río presenta un ambiente lotico de agua blanca, con una pendiente de orilla 39°. Presenta un ancho de 96.31 m. y una profundidad promedio de 2.0 m. color marrón oscuro por la mezcla de aguas residuales del vertedero con las aguas del río, llegando a 3 a 4 m de la orilla hacia el centro. La fuerza de corriente es fuerte y la orilla estrecha. Por la fuerza de corriente del río no existe acumulación de materia orgánica en el lecho del cuerpo receptor. Cobertura ribereña 80% y su vegetación es bosque, arbustos de esta zona en dirección.
- Río Pomabamba -aguas abajo (P-2). Coordenadas: WGS84 18M Este-0229407.49; Norte-9024048.92: El tramo del río presenta un ambiente lotico de agua blanca, con una pendiente de orilla 40°. Presenta un ancho de 93.97 m. y una profundidad media

de 2.5 m. color marrón. La fuerza de la corriente es fuerte-torrentosa y la orilla es estrecha. En este tramo se encuentra un puente, llamado puente León, es una zona muy transitada.

3.6.3. Toma de muestras de agua superficial

La toma de muestras se llevó a cabo siguiendo las indicaciones que se encuentran en el *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales (PNMCRHS), RJ-010-2016-ANA*; dichas muestras han sido tomadas en tres puntos de muestreo y en cada punto se tomaron tres muestras por cada mes en que se realizó el monitoreo.

En cada punto de muestreo se realizó la respectiva recolección de muestras, teniendo en cuenta siempre el PNMCRHS, dichas muestras fueron tomadas en frascos esterilizados de 500 mL, para posteriormente ser trasladadas al laboratorio *ENVIROTEST*, en un tiempo menor a veinticuatro horas para su respectivo análisis.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Análisis y determinación de coliformes fecales y totales

El análisis de coliformes fecales y totales se llevó a cabo en el laboratorio *ENVIROTEST*, el cual cuenta con certificación para el análisis microbiológico y en donde usan un método específico para este tipo de análisis el cual es; enumeración de CF mediante el método de NMP y Enumeración de CT mediante el método de NMP.

3.7.2. Método para identificar, calificar y valorar impactos ambientales

Para la identificación, calificación y valoración de impactos potenciales se empleó la matriz de Leopold (Ver anexo), tomando en cuenta cada una de las características ambientales identificadas en el área, en cuanto al medio físico, biológico y socioeconómico, se ha realizado la valoración según los criterios de riesgo en la salud, y la protección de los recursos naturales.

Se efectuó una evaluación cualitativa tomando en cuenta la concentración de coliformes fecales y totales en el río Pomabamba y los daños que están ocasionando, también se realizó la

valoración cuantitativa de los impactos ambientales, teniendo en consideración los indicadores y parámetros para la valoración de los impactos ambientales.

Los impactos van a variar en grado y magnitud, en función a la vulnerabilidad de cada recurso y de las interrelaciones con su medio; para la valoración de impactos ambientales se utilizaron ciertos criterios que al finalizar dan como un resultado un indicador ambiental cuantitativo y nos expresa la situación ambiental del área.

Esta evaluación del impacto genera un valor adimensional que se obtiene del análisis de los siguientes criterios:

Carácter (C):

- Positivo (+1): Aquel que su efecto no evidencia pérdidas y es aceptado por la población.
- Negativo (-1): Aquel que su efecto evidencia pérdidas del valor natural, cultural y paisajístico o perjuicios a causa de la contaminación que altera la estructura natural de una zona determinada.

Grado de perturbación en el ambiente (P):

- Importante (3): Aquel que su efecto se manifiesta como una modificación del ambiente, de los recursos naturales de sus procesos fundamentales, que pueda producir en un futuro cambios que causen repercusión y sean apreciables. Expresa destrucción casi entera del factor considerado en el caso que se produzca el efecto.
- Regular (2): Aquel cuyo efecto se evidencia con la alteración del ambiente o de algún factor, cuya repercusión en estos se consideran situados en los anteriores niveles.
- Escasa (1): Aquel cuyo efecto se expresa con un impacto mínimo del factor considerado.

Importancia desde el punto de vista de los recursos naturales y CA (I):

- Alto (3): Cuando en los espacios afectados se encuentra algún área natural protegida o parques de interés nacional o regional.
- Medio (2): Áreas de crianza de animales, de cultivo y reproducción, áreas protegidas por gobiernos locales o en trámite de reconocimiento.
- Bajo (1): Cuando no hay existencia de áreas protegidas o áreas de especial importancia para la fauna.

Riesgo de ocurrencia (O):

- Muy probable (3): Se da cuando el impacto se producirá de todas maneras, sin poder evitarlo.
- Probable (2): Cuando al aplicar técnicas de control o prevención se puede evitar el impacto.
- Poco probable (1): Cuando no hay certeza de que el proyecto se realizara.

Territorio involucrado o extensión (E):

- Regional (3): Cuando el impacto es evidente en todo el territorio regional.
- Local (2): Cuando el efecto tiene una incidencia notable en el medio.
- Puntual (1): Cuando una acción produce un efecto muy localizado.

Duración a lo largo del tiempo (D):

- Permanente (3): Cuando el impacto puede estar presente durante mucho tiempo (4 a 10 años).
- Media (2): El efecto puede permanecer de 1 a 4 años.
- Corta (1): El impacto dura de meses hasta 1 año.

Reversibilidad para volver a las condiciones iniciales (R):

- Reversible (1): Cuando la alteración puede ser digerible por el medio a corto, mediano o largo plazo, gracias al funcionamiento de los procesos naturales de sucesión ecológica y autodepuración del medio.

- Parcial (2): Cuando la alteración puede erradicarse por acción humana, interponiendo oportunamente medidas correctivas, al mismo tiempo es aquella alteración que puede ser reemplazable.
- Irreversible (3): Cuando la alteración del medio resulta imposible de reparar tanto por acción natural como acción humana.

3.7.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para poder tener precisión de localización y procesamiento y análisis de datos se utilizó el programa de información geográfica como Arc Gis 9.2, Google Earth, y programas informáticos de Microsoft Office. Habiendo determinado el uso de agua del río Pomabamba en la zona, la respectiva comparación de resultados obtenidos en el laboratorio se realizó con los ECA 2015 y 2017, según el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM y N°004-2017-MINAM, respectivamente.

IV. RESULTADOS

Del objetivo general

Determinar la concentración de coliformes fecales y totales, como indicadores de contaminación del río Pomabamba.

Para alcanzar el objetivo general del presente trabajo de investigación, se han obtenido resultados de análisis microbiológicos (CF y CT) del agua superficial del río Pomabamba de la provincia de Pomabamba, durante los meses de diciembre de 2017, hasta mayo 2018. Así como también se identificaron posibles impactos negativos sobre el medio, y al finalizar se plantea posibles alternativas de solución, acorde a los resultados obtenidos en campo.

De los objetivos específicos

Del análisis microbiológico:

En el transcurso de los meses de diciembre 2017 a mayo 2018, se realizó el monitoreo de tres puntos principales:

P-0, 50 metros agua arriba de la descarga.

P-1, a la altura de la descarga de aguas residuales.

P-2, 200 metros aguas debajo de la descarga.

Tabla 8
Puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Unidad	Ubicación	Método de análisis
P-0	NMP/100mL	50 metros agua arriba de la descarga	Enumeración de coliformes fecales por el método de NMP
P-1	NMP/100mL	A la altura de la descarga	Enumeración de coliformes fecales por el método de NMP
P-2	NMP/100mL	200 metros aguas abajo de la descarga	Enumeración de coliformes fecales por el método de NMP

Por ende, tomando en cuenta la ubicación y descripción de los puntos de muestreo, se muestran los resultados obtenidos en el trabajo de campo.

Tabla 9

Resultados de las muestras del mes de diciembre 2017

Punto de muestreo	Unidad	Resultados	
		CT	Coliformes fecales
P-0	NMP/100mL	2,4E+05	7,9E+04
P-1	NMP/100mL	9,2E+06	9,2E+06
P-2	NMP/100mL	3,5E+05	1,1E+05

Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

Tabla 10

Resultados de las muestras del mes de febrero 2018

Punto de muestreo	Unidad	Resultados	
		CT	Coliformes fecales
P-0	NMP/100mL	1,6E+06	9,2E+05
P-1	NMP/100mL	1,6E+06	5,4E+05
P-2	NMP/100mL	5,4E+04	3,5E+04

Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

Tabla 11

Resultados de las muestras del mes de mayo 2018

Punto de muestreo	Unidad	Resultados	
		CT	Coliformes Fecales
P-0	NMP/100mL	1,6E+06	9,2E+05
P-1	NMP/100mL	1,6E+06	1,6E+06
P-2	NMP/100mL	9,2E+04	9,2E+04

Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

De los objetivos específicos

Del segundo objetivo específico:

Analizar la concentración de coliformes fecales y totales obtenidas, comparándolas con los Parámetros y Normativas Nacionales

Para realizar esta comparación se sabe que el río Pomabamba está considerado dentro de la categoría de acuerdo a lo establecido en la R.J. N° 202-2010-ANA, que aprueba la clasificación de los cuerpos de aguas continentales y marinos costeros éste río se clasifica en la Categoría 3 “Aguas para riego de vegetales y bebida de animales”. Se realizó la comparación con el D.S. N° 015-2015-MINAM y con D.S. N° 004-2017-MINAM.

Tabla 12

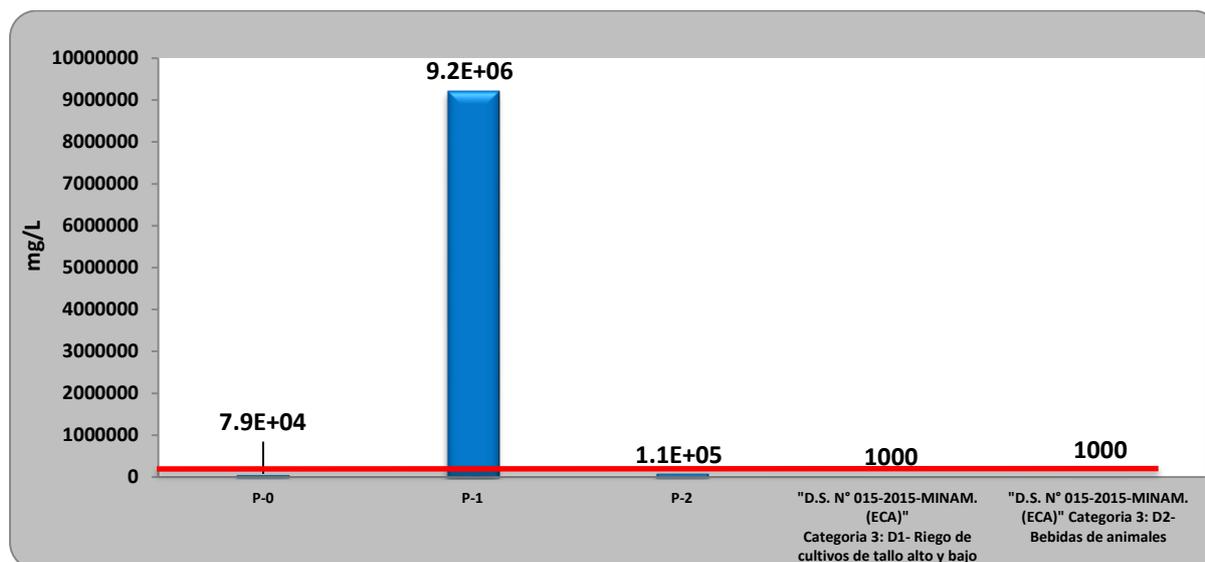
Comparación de resultados, diciembre 2017, con los ECA 2015

Tipo Ensayo	Puntos	P-0	P-1	P-2	"D.S. N° 015-2015-MINAM. (ECA) "	"D.S. N° 015-2015-MINAM. (ECA) "
	Matriz	Agua Superficial	Agua Superficial Resultados	Agua Superficial	Categoría 3: D1- Riego de cultivos de tallo alto y bajo	Categoría 3: D2- Bebidas de animales
	Unidad					
		Microbiológicos				
CF	NMP/100 mL	7,9E+04	9,2E+06	1,1E+05	1000	1000
CT	NMP/100 mL	2,4E+05	9,2E+06	3,5E+06	1000	5000

Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

Figura 2

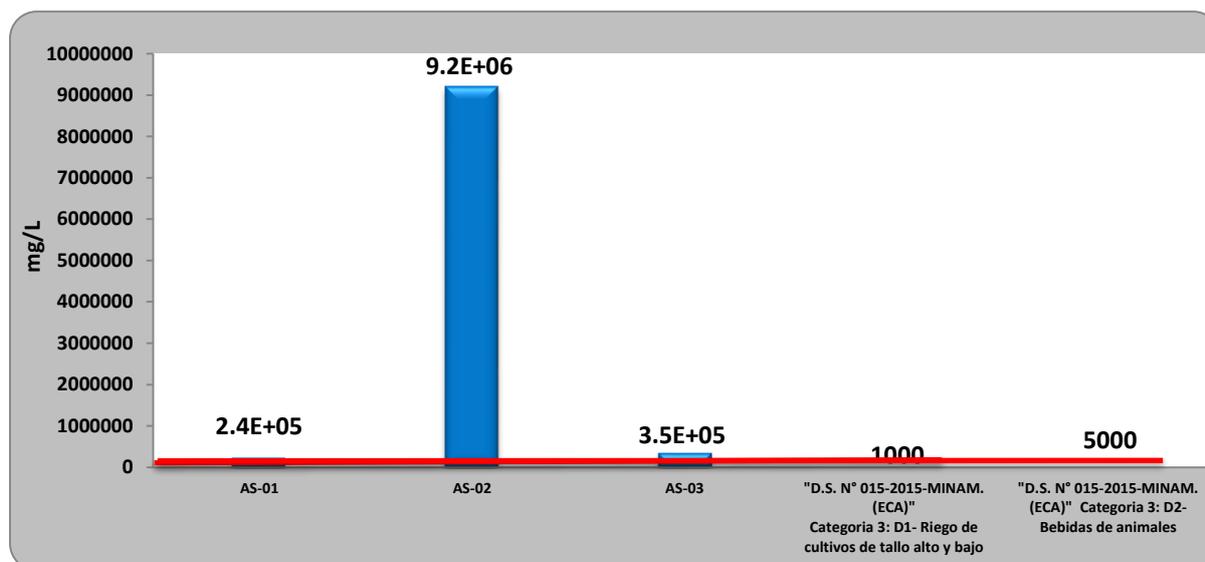
Comparación de resultados de CF, diciembre 2017, con los ECA 2015



La Figura 2 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 015-2015-MINAM, ECA para agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

Figura 3

Comparación de resultados de CT, diciembre 2017, con los ECA 2015



La Figura 3 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 015-2015-MINAM, ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 13

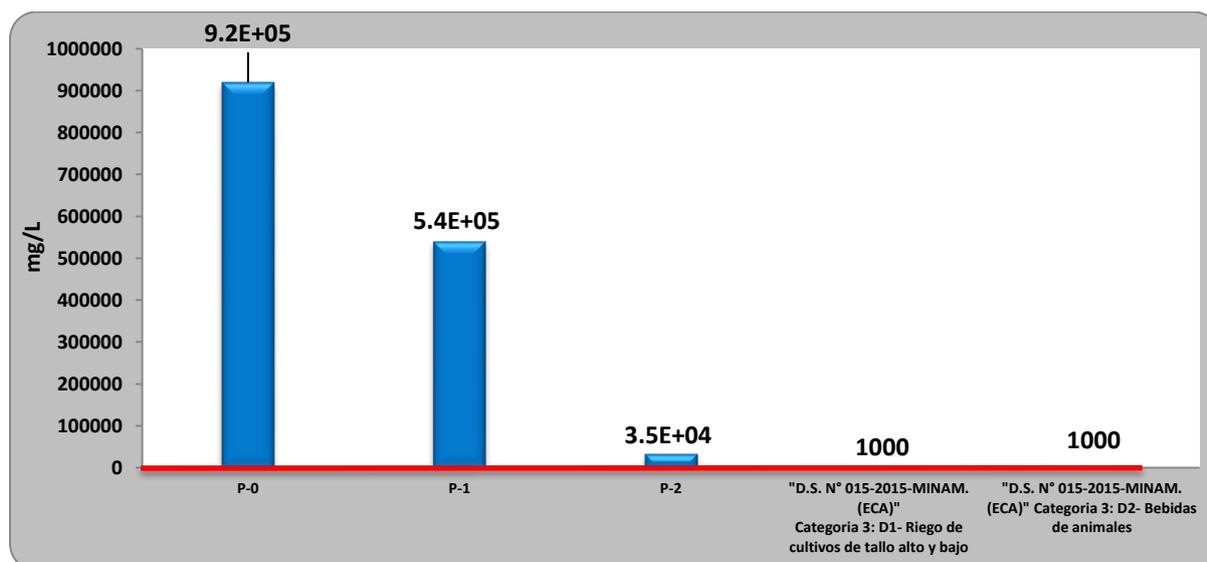
Comparación de resultados, febrero 2018, con los ECA 2015

Tipo Ensayo	Matriz Unidad	Puntos	P-0	P-1	P-2	"D.S. N° 015- 2015-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D1- Riego de cultivos de tallo alto y bajo	"D.S. N° 015- 2015-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D2- Bebidas de animales
		Agua Superficial	Agua Superficial Resultados	Agua Superficial			
Microbiológicos							
CF	NMP/100 mL		9,2E+05	5,4E+05	3,5E+04	1000	1000
CT	NMP/100 mL		1,6E+06	1,6E+06	5,4E+04	1000	5000

Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

Figura 4

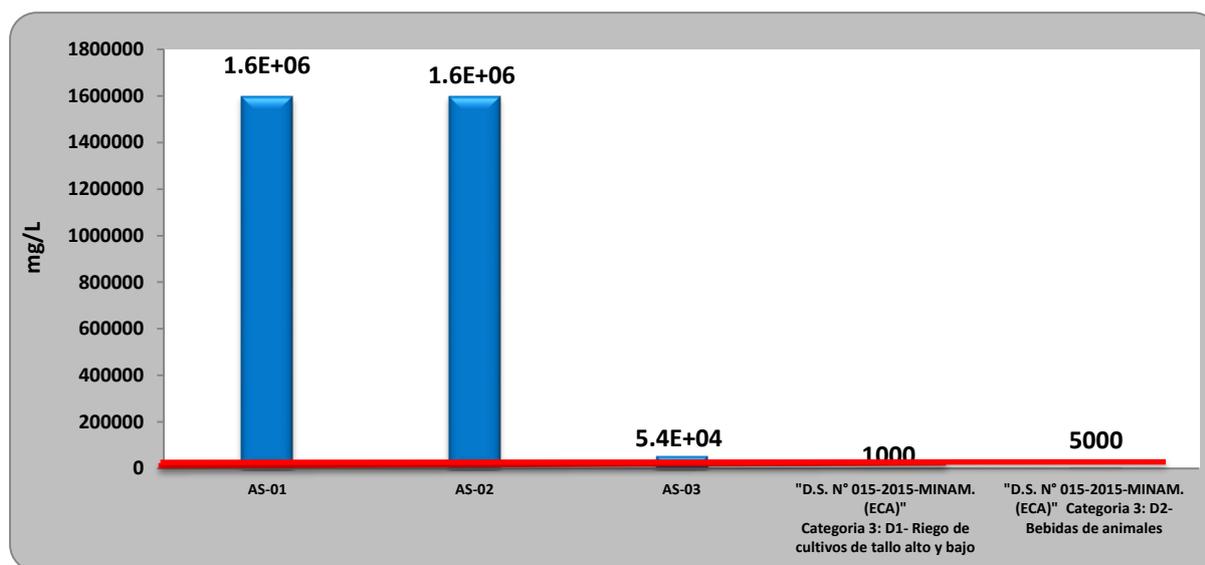
Comparación de resultados de CF, febrero 2018, con los ECA 2015



La Figura 4 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 015-2015-MINAM, ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Figura 5

Comparación de resultados de CT, febrero 2018, con los ECA 2015



La Figura 5 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 015-2015-MINAM, ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 14

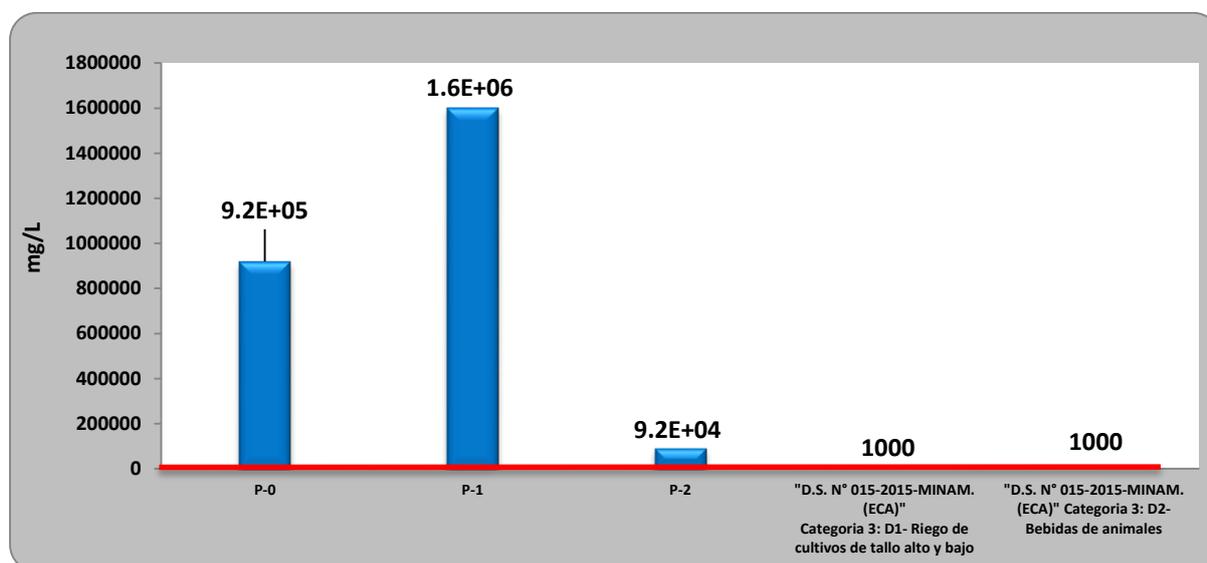
Comparación de resultados, mayo 2018, con los ECA 2015

Tipo Ensayo	Matriz	Unidad	Puntos	P-0	P-1	P-2	"D.S. N° 015-2015-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D1- Riego de cultivos de tallo alto y bajo	"D.S. N° 015-2015-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D2- Bebidas de animales
			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial			
				Microbiológico				
CF	NMP/100 mL			9,2E+05	1,6E+06	9,2E+04	1000	1000
CT	NMP/100 mL			1,6E+06	1,6E+06	9,2E+04	1000	5000

Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

Figura 6

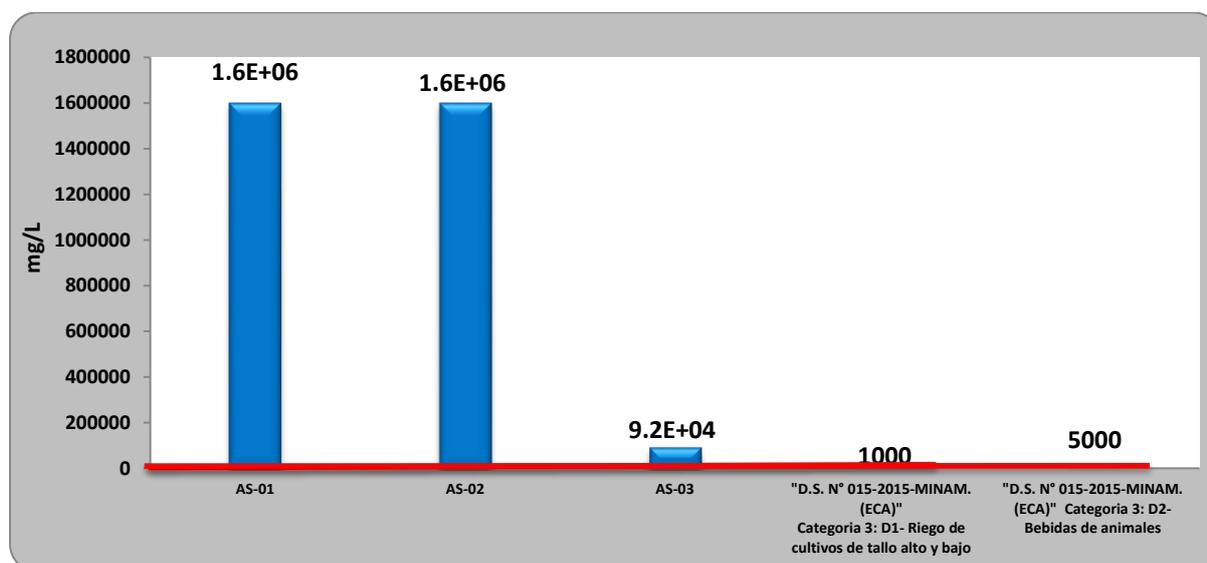
Comparación de resultados de CF, mayo 2018, con los ECA 2015



La Figura 6 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 015-2015-MINAM, ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Figura 7

Comparación de resultados de CT, mayo 2018, con los ECA 2015



La Figura 7 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 015-2015-MINAM, ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

De acuerdo a los valores de concentración expresados en los cuadros de comparaciones, podemos observar que el río Pomabamba durante el mes de diciembre-2017, presenta elevadas concentraciones de coliformes fecales y totales, superando de manera excesiva los ECA dispuestos por el D.S. N° 015-2015-MINAM, el mismo panorama observamos en los meses de febrero del 2018 y mayo del 2018, cabe resaltar que se realizaron tres muestras en cada punto de monitoreo para minimizar el margen de error. Podemos también observar que en el de mayo las concentraciones de coliformes fecales disminuyeron, como se puede visualizar también en las imágenes de barras para ambos parámetros, se encuentran sobrepasando de una forma abismal al ECA para la categoría 3.

También podemos notar que para el punto P-1 (a la altura de la descarga de aguas residuales), se observa elevadas concentraciones y esto debido precisamente a la incidencia de las aguas residuales que se encuentran a esta altura, excepto en el febrero en donde la concentración tanto de coliformes fecales como totales del punto P-1 es menor a la concentración del punto P-0.

En el punto P-2 (200 metros aguas abajo del punto de descarga), las concentraciones son menores a los del punto P-0 y P-1 esto se debe posiblemente a la propia dispersión bacteriana del río.

Tabla 15

Comparación de resultados, diciembre 2017, con los ECA 2017

Puntos	P-0	P-1	P-2	"D.S. N° 004-2017-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D1- Riego de vegetales		"D.S. N° 004-2017-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D2- Bebidas de animales	
				Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido		
Matriz	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial				
Tipo Ensayo	Unidad	Resultados					
Microbiológicos							
Coliformes fecales	NMP/100 mL	7,9E+04	9,2E+06	1,1E+05	1000	2000	1000
CT	NMP/100 mL	2,4E+05	9,2E+06	3,5E+05

Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

Figura 8

Comparación de resultados de CF, diciembre 2017, con los ECA 2017

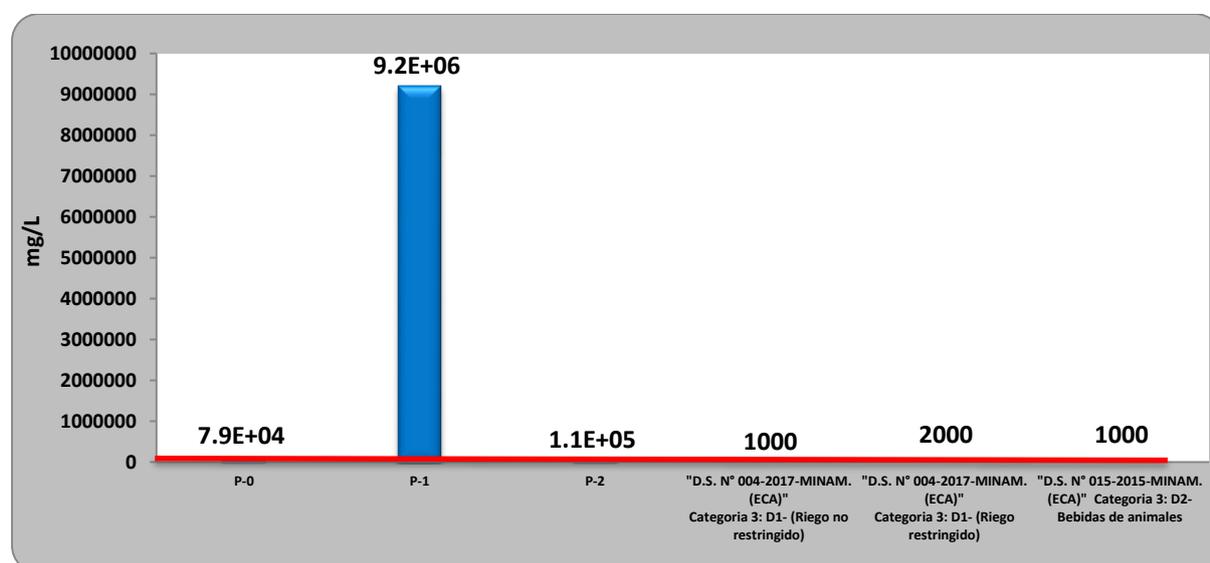
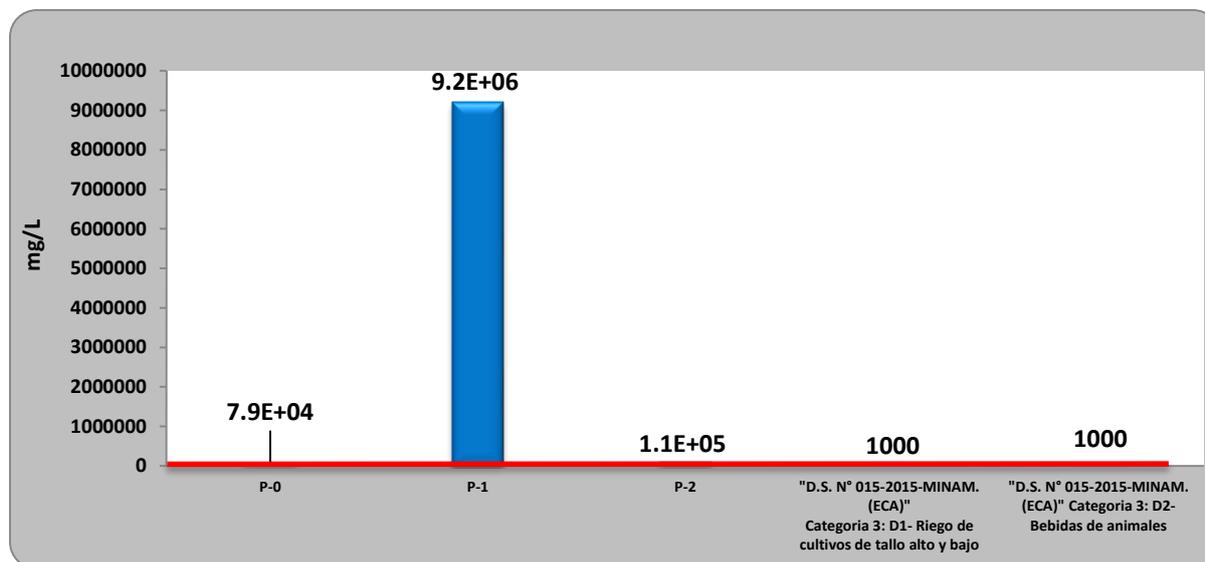


Figura 9

Comparación de resultados de CT, diciembre 2017, con los ECA 2017



La Figura 8 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 004-2017,-ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 16

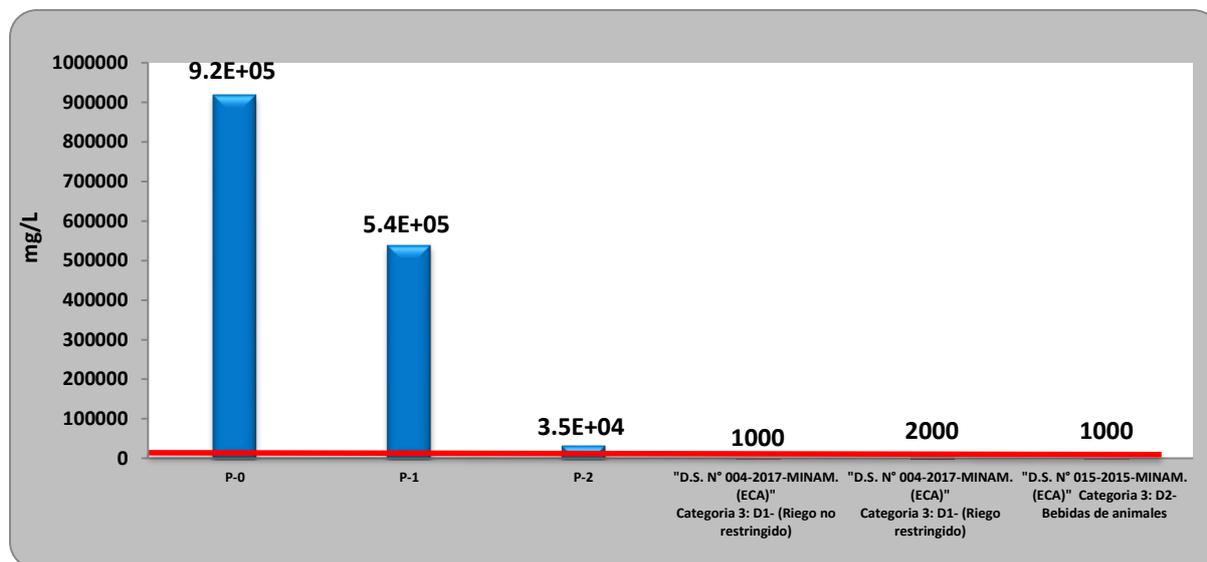
Comparación de resultados, febrero 2018, con los ECA 2017

Puntos	P-0	P-1	P-2	"D.S. N° 004-2017-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D1- Riego de vegetales		"D.S. N° 004-2017-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D2- Bebidas de animales	
				Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido		
Matriz	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial				
Tipo Ensayo	Unidad	Resultados					
Microbiológicos							
CF	NMP/100 mL	9,2E+05	5,4E+05	3,5E+04	1000	2000	1000
CT	NMP/100 mL	1,6E+06	1,6E+06	5,4E+04

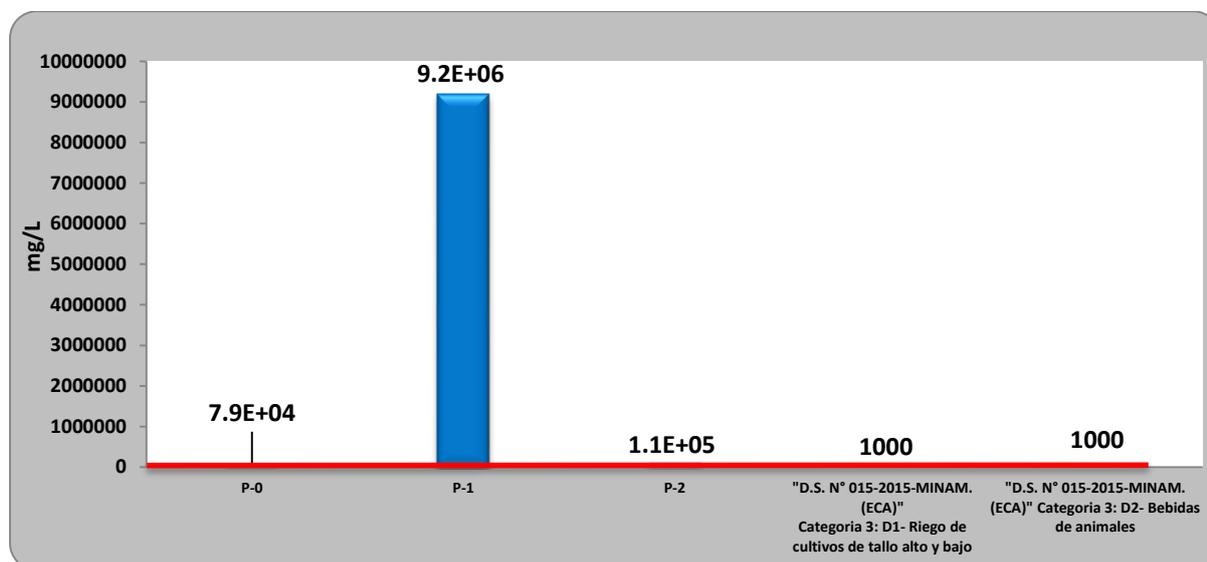
Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

Figura 10

Comparación de resultados de CF, febrero 2018, con los ECA 2017

**Figura 11**

Comparación de resultados de CT, febrero 2018, con los ECA 2017



La Figura 10 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 004-2017,-ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Tabla 17

Comparación de resultados, mayo 2018, con los ECA 2017

Puntos	P-0	P-1	P-2	"D.S. N° 004-2017-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D1- Riego de vegetales		"D.S. N° 004-2017-MINAM. (ECA) " Categoría 3: D2- Bebidas de animales	
Matriz	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido		
Tipo Ensayo	Unidad	Resultados					
Microbiológicos							
CF	NMP/100 mL	9,2E+05	1,6E+06	9,2E+04	1000	2000	1000
CT	NMP/100 mL	1,6E+06	1,6E+06	9,2E+04

Nota. E+: indicador de abreviación numérica, indica el desplazamiento de la coma por espacios según el número que lleve consigo.

Figura 12

Comparación de resultados de CF, mayo 2018, con los ECA 2017

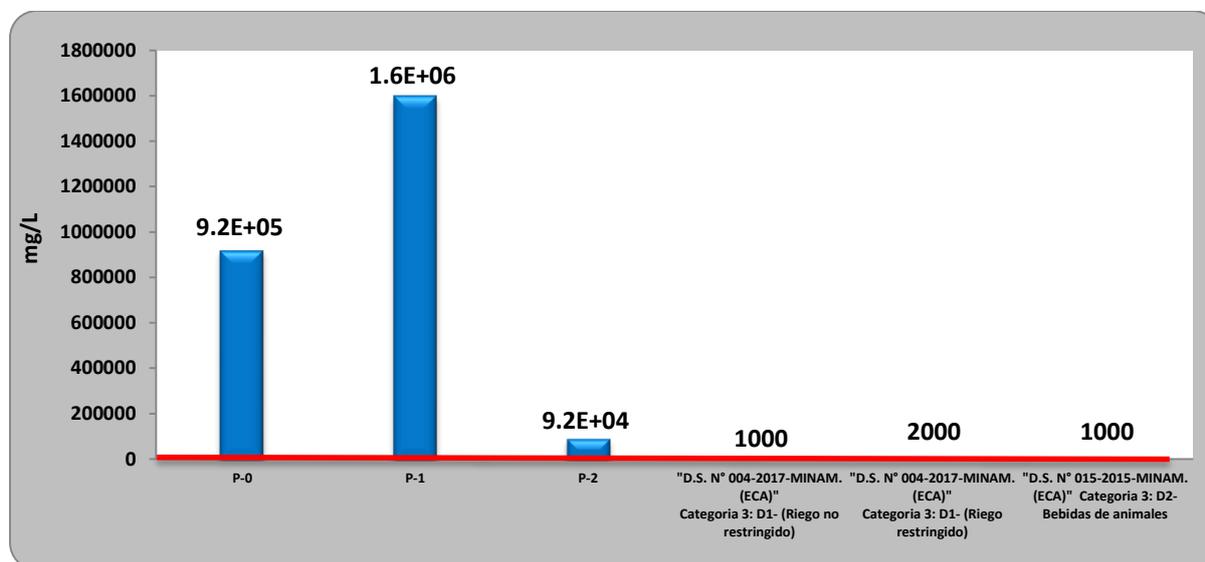
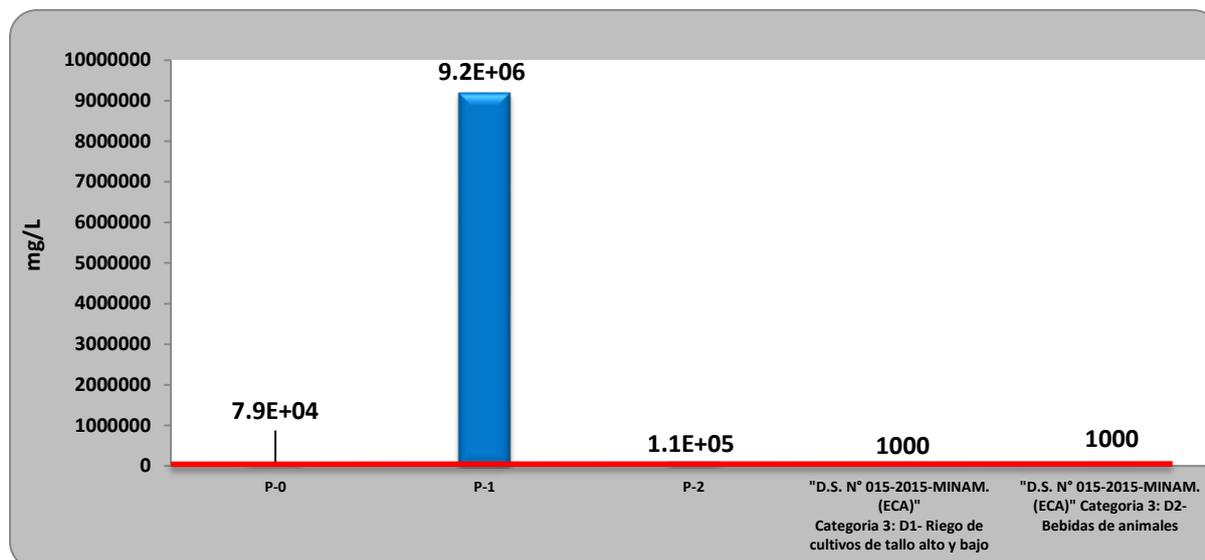


Figura 13

Comparación de resultados de CT, mayo 2018, con los ECA 2017



La Figura 12 muestra los resultados para los puntos de muestreo de agua superficial, comparados con la Norma D.S. N° 004-2017,-ECA para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

De acuerdo a los valores de concentración expresados en los cuadros de comparaciones, podemos observar que el río Pomabamba durante el mes de diciembre-2017, presenta elevadas concentraciones de coliformes fecales y totales, superando de manera excesiva los ECA dispuestos por el D.S. N° 004-2017-MINAM, al igual que con las comparaciones referentes al D. S. N° 015-2015-MINAM, con la diferencia que esta nueva normativa del 2017 no se considera estándar de calidad para CT, y hay variación en cuanto a coliformes fecales; pero es notable en ambos casos que los resultados sobrepasan de forma excesiva los estándares de CA para ambas normativas.

Del primer objetivo específico.

Determinar los impactos ambientales generados por incidencia de la descarga de aguas residuales de la provincia de Pomabamba sobre el río Pomabamba.

Para identificar, calificar y cuantificar los impactos ambientales de la descarga de aguas residuales, que se producen en la zona de estudio, se utilizó la matriz de Leopold modificada, y se ha tenido en cuenta los criterios de protección de los recursos naturales y la protección de la salud de las personas. En general una de las descargas de aguas residuales en el río Pomabamba provenientes de la ciudad de Pomabamba, cuantitativamente genera un impacto de -10.56 lo que cualitativamente representa un impacto moderado, de carácter negativo con mayor incidencia sobre el medio socioeconómico (salud pública) y en el medio físico. A continuación, se describe detalladamente los impactos que se generan por esta descarga.

Impactos sobre el medio físico.

Según el resultado de la matriz de Leopold modificada, el vertimiento de aguas residuales sobre el río Pomabamba, a la altura del sector del Puente León en la ciudad de Pomabamba, generan un impacto moderado de carácter negativo que afecta directamente a los factores agua, aire suelo y paisaje.

Sobre el aire; la población se encuentra a pocos a lo largo de todo el tramo de estudio además hay viviendas aledañas al punto de descarga de aguas residuales del río Pomabamba, como producto de la descomposición de materia orgánica se generan olores puntuales en la zona de descarga, por ello el impacto en este factor es de carácter negativo, con regular grado de perturbación, con importancia media desde el punto de vista de la conservación de los recursos naturales, así mismo presenta un grado de ocurrencia permanente de extensión local, y finalmente este impacto es reversible. La característica que afecta del aire es su calidad.

Sobre el agua; existe una incidencia directa sobre la calidad del agua del río Pomabamba, no solamente con concentraciones microbiológicas sino también con contaminantes propios de las aguas residuales urbanas, de acuerdo a ello se clasifico al impacto del vertimiento de aguas residuales sobre este recurso como impacto moderado de carácter negativo, con un grado de perturbación escasa debido a la posible capacidad de dispersión del

río, con un grado de ocurrencia probable de forma puntual de permanencia continua y moderadamente reversible.

Suelo; actualmente ésta descarga afecta directamente dos cualidades del suelo, su calidad y su grado de erosión, en cuanto a la erosión, se presenta porque debido a la descarga de aguas residuales, existe una pequeña área que se encuentra saturada de aguas negras, lo que está generando erosión en la zona de vertimiento. Por todo ello, el impacto que genera por las descargas de aguas residuales sobre este medio ha sido clasificado como moderado de carácter negativo, con riesgos mayores de erosión y deterioro de la calidad del suelo por incremento de residuos sólidos presentes en el agua residual.

Paisaje; las descargas de aguas residuales, no afectan de manera significativa el paisaje del lugar, ya que las aguas negras o residuales a escasos metros ya se han mezclado en su totalidad, el impacto es negativo de extensión territorial puntual, en general existe un impacto negativo, pero es compatible con el paisaje.

Impactos sobre el medio biológico.

Según los resultados de la matriz de Leopold modificada, se tiene que existe un impacto moderado de carácter negativo y afecto directamente al factor flora.

Flora, como la descarga de aguas residuales es constante y ha generado aguas negras con ligera saturación hay ciertas especies herbáceas que ya no crecen en el área y plantas arbustivas, que han mostrado marchitamiento de hojas y muerte durante el período de crecimiento. Por todo ello se ha clasificado que existe un impacto negativo, moderado y que afecta directamente a la cobertura vegetal.

Fauna; en el río Pomabamba ya hace muchos años atrás no existen especies acuáticas.

Impactos sobre el medio socioeconómico

De la evaluación de impactos potenciales producto de las descargas de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba sobre el río Pomabamba, los impactos sociales se encuentran en

un rango mayor, ya que se los ha determinado que sobre este medio la descarga de aguas residuales tiene un impacto severo sobre la salud de la población de la zona aledaña indirectamente. A continuación, se sustenta este impacto con mayores detalles.

Poblaciones más cercanas; a lo largo de todo el tramo estudiado y contiguo al margen del río se encuentran viviendas, aproximadamente 80 viviendas en donde un pequeño número de ellas se dedica a la crianza de cerdos, los cuales se alimentan, en la parte baja y junto al río, consumiendo el agua de esta descarga de aguas residuales y consumiendo todo lo que en ella puedan encontrar, además de algunas plantas que son producto del crecimiento de estas aguas negras.

Los pobladores más cercanos a esta descarga de aguas residuales manifiestan que los olores percibidos son nauseabundos, generalmente en horas nocturnas y en tiempo de verano. Es por ello que de manera general en el medio socioeconómico las aguas residuales de la ciudad de esta zona tienen un impacto negativo severo.

Del tercer objetivo específico

Plantear alternativas de solución para la adecuada disposición final de las aguas residuales de la provincia de Pomabamba

De acuerdo los datos obtenidos en la etapa de campo, para reducir, controlar o mitigar los impactos potenciales generados en el ambiente físico, biológico y social, producto de las descargas de aguas residuales con altas concentraciones microbiológicas y otras causas, sobre el río Pomabamba, se plantea las siguientes medidas correctoras.

Elaborar un proyecto de inversión pública para la construcción de una planta de tratamiento, de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba, teniendo en consideración reubicar la zona de descarga debiendo encontrarse ésta aguas debajo del pueblo, con el fin de evitar conflictos sociales e impactos en la actividad turística de la zona.

La planta de tratamiento debe considerar lagunas de estabilización con tratamientos primarios (físicos) y secundaria (biológicos), ya que tienen una enorme ventaja con relación a la reducción de coliformes fecales y huevos de helmintos. (Organización Mundial de la Salud [OMS], 1989 y Mara & Cairncros, 1989).

Desarrollar un Programa de Educación Ambiental orientado a evitar la crianza de animales cerca a la zona contaminada o a cultivar plantas que despues pueden ser comercializadas, evitando así riesgos potenciales sobre la salud de la población.

Tener conocimiento y poner al tanto a la poblacion aledaña del grado de contaminacion que presenta el río Pomabmaba y puedan tomar medidas, para no verse afectados.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los niveles y fuentes de contaminación bacteriana del agua en ríos y otras fuentes de agua son de primaria importancia para la salud humana (Deutsh et al., 2000); para este estudio el parámetro de coliformes fecales y totales ha significado el centro de la investigación, teniendo como resultados alarmantes cifras de elevadas concentraciones que sobrepasaron los ECA según el D.S. N° 004-2017 MINAM.

Según la investigación de Mora y Calvo (2010), la contaminación de los cuerpos de agua en Costa Rica y en todo el mundo es uno de los principales problemas ambientales, debido a la importancia estratégica de este recurso.

El estudio de la contaminación de coliformes fecales durante los meses del muestreo en varios de los ríos situados en la Península de Osa y cerca de la localidad de Piedras Blancas representa una clara señal de alerta para proceder a la implementación de las medidas necesarias para proteger los recursos naturales, especialmente el recurso hídrico.

De acuerdo con estos autores en el estudio realizado, hemos comprobado con el análisis de laboratorio la alta concentración de coliformes fecales y totales, traspasando de manera impresionantes los estándares nacionales, entonces y concordando con estos autores caemos en la conclusión que la presencia de estos microorganismos son una real alerta ante problemas graves posteriores. Por lo cual se debe tener conocimiento de estas concentraciones y tomar medidas de correctivas.

Así también lo mencionan; Barrera et al. (2013), la contaminación microbiológica en los cuerpos acuáticos se caracteriza a través de la detección de organismos indicadores como las bacterias CT y CF.

El grupo de coliformes es así entonces un indicador de contaminación de los cuerpos de agua, y al conocer sus concentraciones elevadas como el caso del río Pomabamba no cabe

duda que existe una contaminación severa después de conocer los resultados del análisis de laboratorio.

Tananta (2019), sostiene que la concentración elevada de CT y CF en el río de su estudio es básicamente por incidencia de las aguas residuales que son vertidas de manera directa sin ningún tipo de tratamiento. Pero en su análisis, los resultados de laboratorio en cuanto a la concentración de coliformes fecales y totales no simbolizan una cifra alarmante aun cuando su problema es el mismo que la provincia de Pomabamba, sus aguas residuales no tienen ningún tipo de tratamiento siendo vertidas de forma directa y además teniendo un factor que incrementa ese problema el número de población en su área de estudio es mayor que la provincia de Pomabamba, entonces ese podría ser un indicador de tener un mayor caudal de aguas residuales por ende una mayor concentración de coliformes ; entonces esta diferencia grande entre sus resultados y los del presente estudio se deberían a que en dicho estudio no se realizó el análisis microbiológico en un laboratorio certificado , mientras que en el presente estudio si fue el caso. Posiblemente los resultados varíen notablemente por esta causa.

Cabe resaltar además que entre otras autoridades en la ciudad de Pomabamba se encuentra la Autoridad Local del Agua (ALA), ente regulador y protector del recurso hídrico, pero que lamentablemente no realiza monitoreos microbiológicos, por lo cual desconoce la realidad y el grado de contaminación en el que se encuentra el río Pomabamba, por ello no contamos con una data o registro de años pasados en cuanto a la evaluación o cuantificación de estos parámetros; haciendo así un tema desconocido que se va acrecentando.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó la concentración de coliformes fecales y totales, se conoce que las concentraciones bacteriológicas (CF y CT) 50 metros aguas arriba del vertedero superan los ECA, siendo de la misma manera a la altura del punto de descarga y aun mayor las concentraciones, por otro lado, se hace evidente que 200 metros aguas abajo del punto de descarga las concentraciones son menores al primer punto esto debido posiblemente a la capacidad de dispersión del propio río.
2. Se determinó que las descargas de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba, sobre el río Pomabamba, generan un impacto de -10.56 (valor adimensional revisar numeral) lo que cualitativamente representa un impacto moderado, de carácter negativo con mayor incidencia sobre el medio socioeconómico (salud pública) y en el medio físico (calidad del aire).
3. Para minimizar riesgos en la salud de la población, evitar generación de olores desagradables en la zona de descarga y puntos de fuga, se plantea que la MPP, realice los estudios técnicos para la implementación de un proyecto de inversión pública para el mejoramiento del sistema de evacuación y tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Pomabamba, finalmente es imprescindible desarrollar un campañas para mitigar los daños por parte de la población , orientadas al cuidado de nuestros cuerpos de agua aledaños.

VII. RECOMENDACIONES

1. Por la presencia de elevadas concentraciones microbiológicas, se recomienda a las entidades locales realizar un estudio de la contaminación del río Pomabamba, debiendo desarrollarse en un área de mayor distribución en el curso de agua, dicho estudio permitirá comprender el estado actual de gestión del río Pomabamba y tomar decisiones inmediatas que ayuden a prevenir y controlar la pérdida de su calidad en términos de usos para conservación del recurso, recreación y consumo para bebida de animales.
2. Debido presencia de pobladores que crían animales a lado del río y en la zona del unto de descarga se recomienda a las entidades locales responsables, realizar un estudio de la fauna aledaña como indicadores de contaminación ambiental, el nivel de parasitismo que presentan y la comercialización de estos que resulten ser indicadores de contaminación.
3. El impacto ambiental generado por las descargas de aguas residuales provenientes de la ciudad de Pomabamba, en los meses diciembre del 2017 a mayo del 2018, ha sido elevado, por ello de no existir medidas mitigatorias dentro de un proyecto integral que contemple la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales , la alternativa más practica e inmediata es la construcción de biofiltros, con capacidad de retener los sólidos y bacterias antes del vertimiento de agua residual al río Pomabamba.
4. La MPP, tiene la labor de elaborar un proyecto de inversión pública para la construcción del sistema de tratamiento y disposición final de aguas residuales de la ciudad el proyecto tiene que contemplar construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, cambio de redes de evacuación, considerar el cambio de la ubicación actual del punto de descarga debiendo ésta estar situada aguas debajo de

la población, con el fin de evitar cualquier tipo de conflicto social e impactos negativos en la actividad turística de la zona, todo ello por encontrarse dentro de sus competencias por estar dentro del ámbito de su jurisdicción.

5. Las autoridades locales de la provincia de Pomabamba tienen como tarea también elaborar un plan de prevención y construcción de defensa ribereña ante desastres como los desbordes en época de lluvia, porque de suceder un desastre de ese tipo se impactaría un área más grande de la zona y más población.
6. Las autoridades deben hacer campañas de prevención de enfermedades gastrointestinales, causadas por el uso o consumo de agua contaminada por coliformes fecales y totales.

VIII. REFERENCIAS

- Apaza, H. (2013).
- Asano y Levine (1998). Indicadores de contaminación fecal en aguas. *CYTED*. 37(10), 79-90.
- Ayres y Wescot. (1987).
- Barrera, G., Fernández, C., Wong, I. y Ramírez, P. (2013). La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México. *Scielo*.23(1),87-96
- Carranza, C. (2003). *Estudio de la contaminación de las aguas costeras en la bahía de Chancay: propuesta de recuperación*. Perú. pág.12-18.
- Conesa Fernandez-Vitora, V. (1997). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid
- Coral O, B. A. (2013-2014). *Evaluación de la influencia de los procesos naturales y las actividades humanas en la calidad del agua del río Paria, distrito de Independencia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Coral_2014.pdf
- Córdova, M. (2006). *Estadística inferencial*. Segunda edición. Editorial MOSHERA Lima-Perú. pág.297. Editorial MOSHERA Lima-Perú.
- Decreto supremo N° 002-(2008)-MINAM. *Estándares Nacionales de Calidad de Agua*. Presidencia del Consejo de Ministros.
- Decreto supremo N° 019-2009-MINAM (2019). *Reglamento de la Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Presidencia del Consejo de Ministros.
- Espinoza, P., Barra, R., Parra, O. (2002). *Ríos de la vergüenza*. Editorial Liríos. Chile.
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2014).
- Gamazo, C. (2005).

- Gómez, G. R.; IIAP (1995). *Diagnóstico sobre la contaminación Ambiental en la Amazonia Peruana*.
- Lasheras, A., Muzquiz, J. y Ruiz, I. (1999). *Study of the quality of the waters of the Aragon River: characterisation of waters, sediments and fishes*. Editorial Castilla. España.
- Mora, J. y Calvo, G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología en Marcha*. 23(5).
- Navarro M. (2015). *Clusters potencializadores del turismo vivencial en la provincia de Pomabamba, Ancash, Perú* [Tesis de maestría, Universidad Agraria la Molina] <https://renati.sunedu.gob.pe>.
- Olivas, E., Flores, J., Serrano, M., Soto, E., Iglesias, J., Salazar, E. y Fortis, M. (2011). Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al río Bravo. *Terra Latinoamericana*. 29(4). Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Owen, D. (2002). *Contaminación de las Aguas*. España. pág. 10, 25,40. EZPINOZA, P. BARRA, R. PARRA, O. 2002. Ríos de la vergüenza. Editorial Liríos. Chile.
- Perú Desconocido (2019). *Turismo*. (<https://perudesconocido.pe/equipo>)
- Romeu-Á., B.; Larrea M., J; Lugo M., D.; Rojas H., N. y Heydrich, M. (2012). *Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba*. CENIC. *Ciencias Biológicas*. 43(3). Centro Nacional de Investigaciones Científicas Ciudad de La Habana, Cuba.
- Seoáñez C, M. (1996). *Ingeniería del medio ambiente aplicada al medio natural continental*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=244328>
- Seoanez, M. (1999). *Aguas Residuales Urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*. 2da Edición, Ediciones Mundi-Prensa- España.

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA]. (2014). *Loreto: informe revela que peces de laguna Moronacocha no son aptos para consumo humano.*

<https://www.actualidadambiental.pe/loreto-informe-revela-que-peces-de-laguna-moronacocha-no-son-aptos-para-consumo-humano/>

Tananta del Aguila, F. (2009). *Determinación de la Concentración de Coliformes Fecales y Totales en el río Mayo, por Incidencia de la Descarga de Aguas Residuales de la Ciudad de Moyobamba 2009* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://renati.sunedu.gob.pe>.

Valverde, V. (2001). *Nivel de contaminación de las aguas del río Mayo por actividad agrícola, Moyobamba-San Martín durante enero del 2000, y su aplicación en un plan de gestión ambiental.* pág. 27-80.

IX. ANEXOS

Anexo A

Panel de fotos

Figura 14

Foto 1. (P-0 a 50 metros agua arriba del punto de descarga)



Figura 15

Foto 2. (P-0 a 50 metros agua arriba del punto de descarga)



Figura 16

Foto 3. (P-1 a la altura del punto de descarga)

**Figura 17**

Foto 4. (P-1 a la altura del punto de descarga)



Figura 18

Foto 5. (P-2 a 200 metros aguas abajo del punto de descarga)

**Figura 19**

Foto 5. (P-2 a 200 metros aguas abajo del punto de descarga)



Figura 20

Foto 7. (Descarga de aguas residuales domésticas)

**Figura 21**

Foto 8. (Animales en el área de estudio)

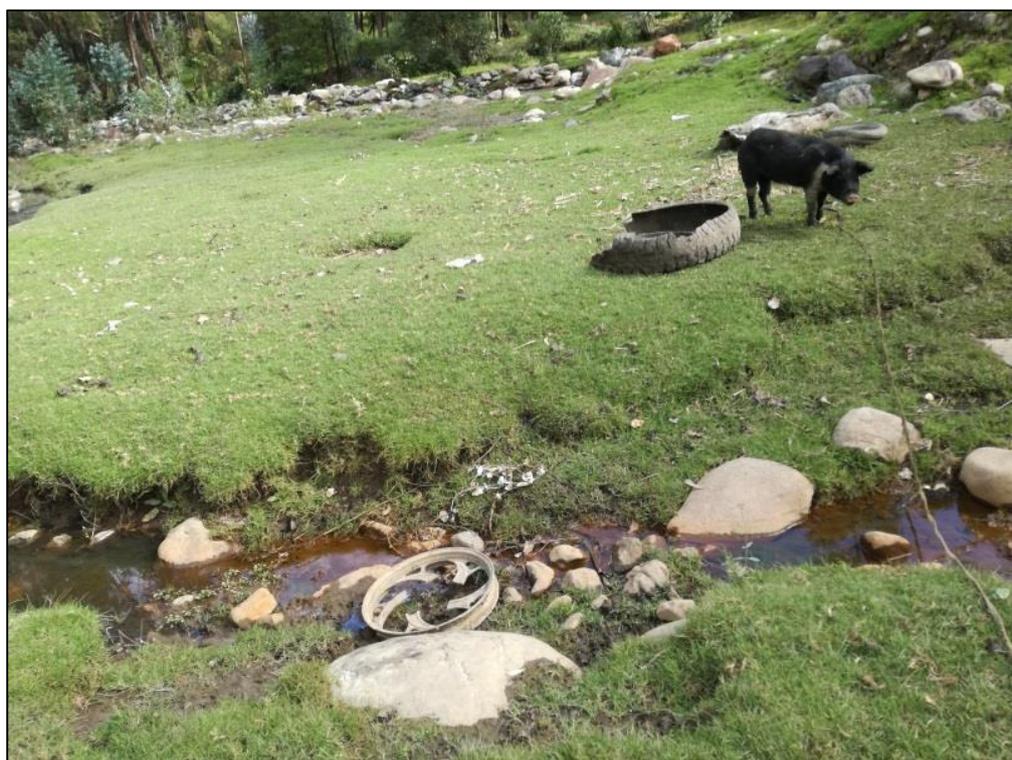


Figura 22

Foto 9. (Viviendas, colindantes al área de estudio)



Anexo B

Mapas

Figura 23
 Mapa de ubicación de la zona

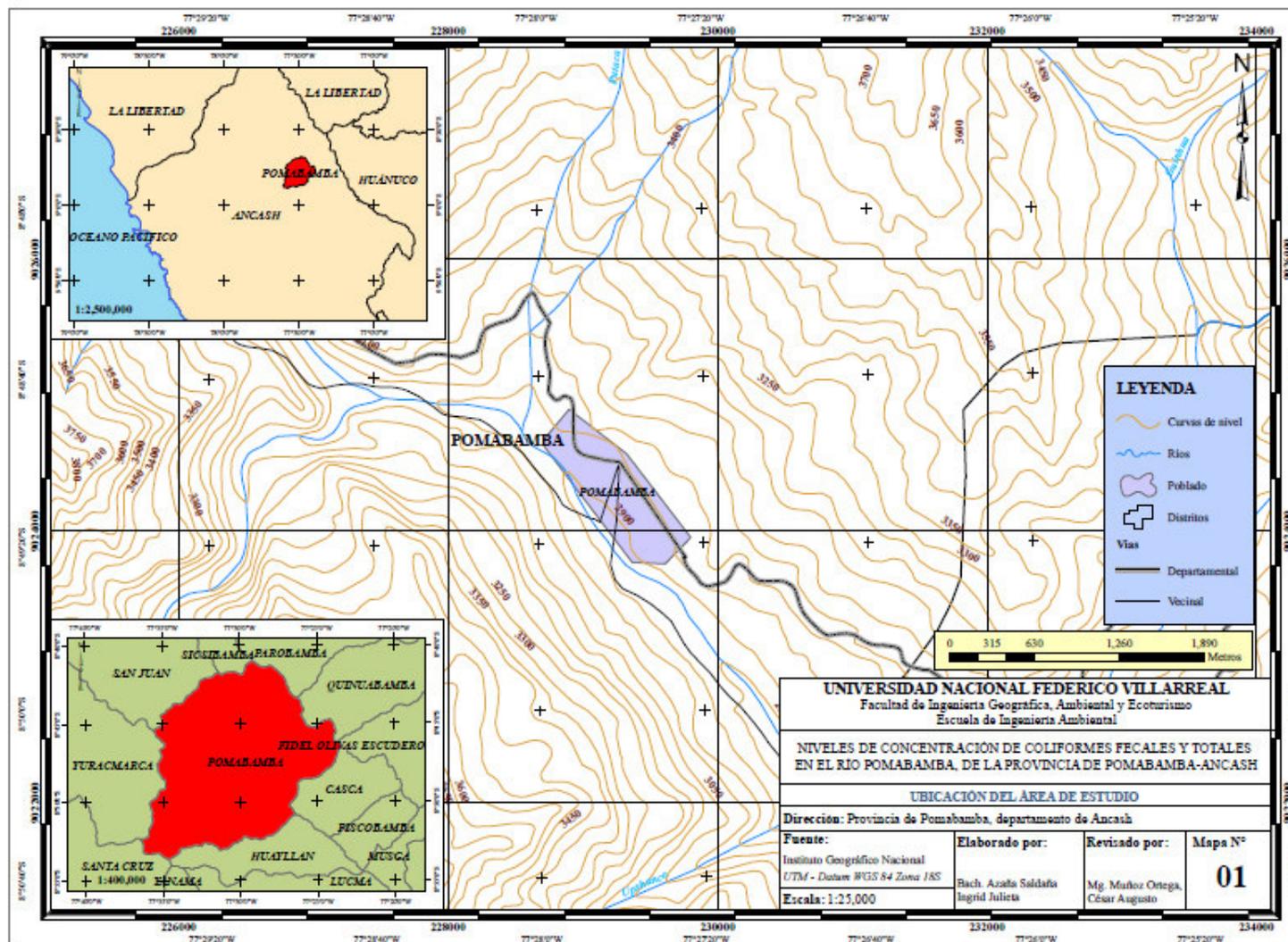
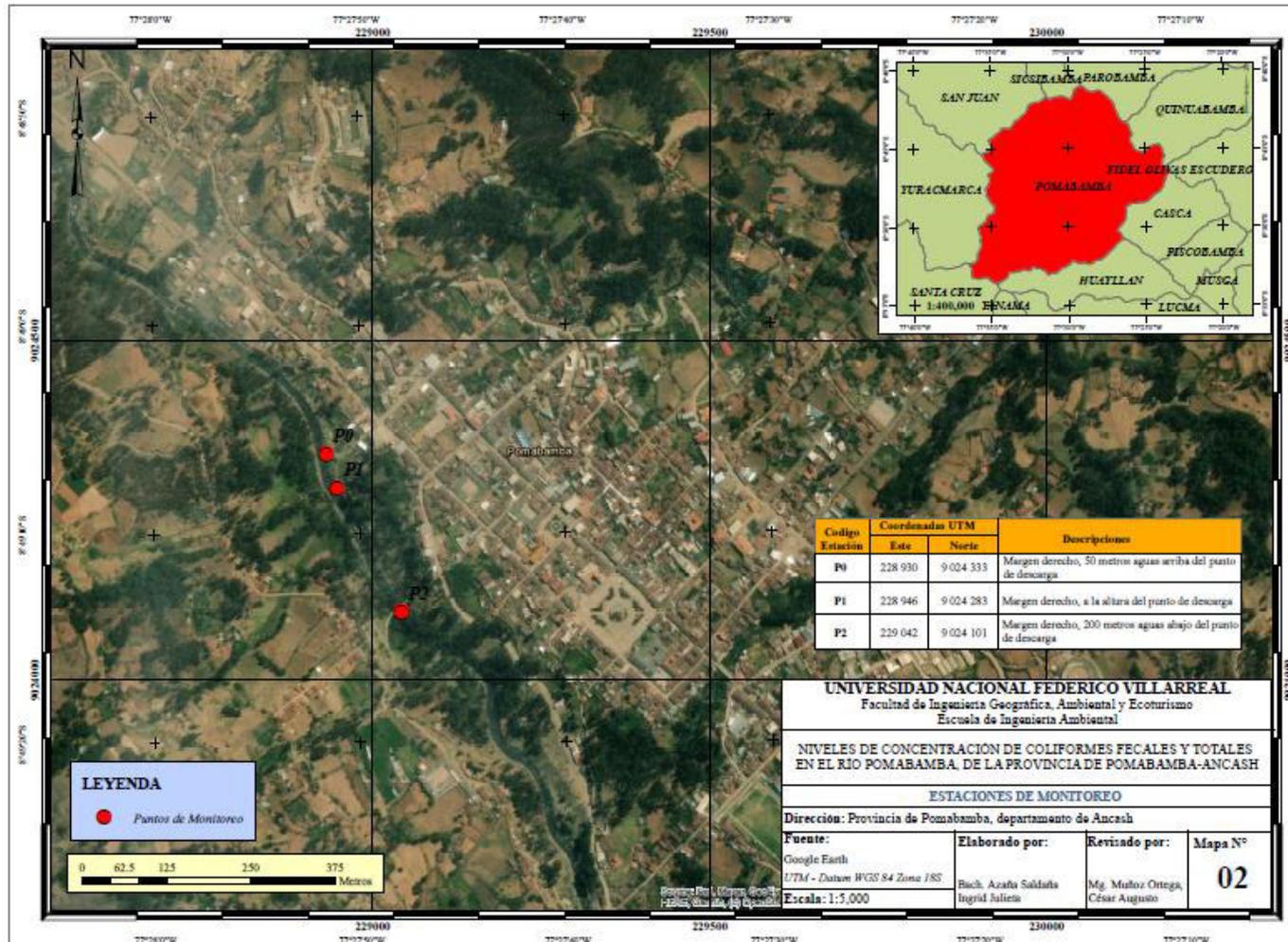


Figura 24
Mapa de ubicación de los puntos de muestreo



Anexo C

Matriz de impactos ambientales

Tabla 18

Matriz de identificación de impactos ambientales

Matriz de interacción causa –efecto	Elementos ambientales afectables									9	
	Medio físico				Medio biológico				Medio socioeconómico		
	Aire	Agua	Suelo	Paisaje	Flora	Fauna	Salud pública				
	Calidad de aire	Calidad de agua	Calidad de suelo	Erosión	Calidad de paisaje	Cobertura vegetal	Fauna acuática	Fauna aérea	Salud Pública		
Causas de impactos	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9		
Descarga de Aguas Residuales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Identificación parcial de impactos	1	1		1	1	1	1	1	1	1	
Identificación total de impactos	9									9	

Tabla 19

Matriz de clasificación de impactos ambientales

Matriz de interacción causa –efecto	Elementos ambientales afectables									9	
	Medio físico				Medio biológico				Medio socioeconómico		
	Aire	Agua	Suelo	Paisaje	Flora	Fauna	Salud pública				
	Calidad de aire	Calidad de agua	Calidad de suelo	Erosión	Calidad de paisaje	Cobertura vegetal	Fauna acuática	Fauna aérea	Salud Pública		
Causas de impactos	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9		
Descarga de Aguas Residuales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Identificación parcial de impactos	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Identificación total de impactos	-9									9	

Tabla 20
Matriz de evaluación y valoración de impactos ambientales

Matriz de interacción causa –efecto		Elementos ambientales afectables									Parcial	Total
		Medio físico			Medio biológico				Medio socioeconómico			
		Aire	Agua	Suelo	Paisaje	Flora	Fauna	Salud pública	Salud Pública			
	Calidad de aire	Calidad de agua	Calidad de suelo	Erosión	Calidad de paisaje	Cobertura vegetal	Fauna acuática	Fauna aérea				
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9			
Causas de impactos	Descarga de Aguas Residuales	C 1	C 1	C 1	C 1	C 1	C -1	C 1	C 1	C -1	-9	-1
		P 2	P 1	P 1	P 2	P 1	P 1	P 2	P 1	P 3	14	1.56
		I 2	I 1	I 1	I 1	I 1	I 3	I 2	I 3	I 3	17	1.89
		O 3	O 2	O 1	O 2	O 1	O 2	O 2	O 1	O 3	17	1.89
		E 2	E 1	E 1	E 1	E 1	E 1	E 1	E 1	E 2	11	1.22
		D 3	D 3	D 3	D 3	D 2	D 3	D 3	D 3	D 3	25	2.78
		R 1	R 1	R 1	R 2	R 1	R 1	R 1	R 1	R 2	11	1.22
Identificación parcial de impactos		-13	-9	-8	-11	-7	-10	-11	-10	-16		-
Identificación total de impactos											-10.56	-10.56

Anexo D

Identificación, descripción y valoración de impactos ambientales

Los impactos presentados como resultados en la matriz N° 03 han sido valorados utilizando los siguientes criterios.

Carácter (C): positivo (+1); negativo (-1) y neutro (0).

Grado de perturbación en el ambiente (P): Importante (3); regular (2) y escasa (1).

Importancia desde el punto de vista de los recursos naturales y la CA (I): alto (3); medio (2) y bajo (1).

Riesgo de ocurrencia(O): muy probable (3); probable (2) y poco probable (1).

Territorio involucrado o extensión (E): regional (3); local (2) y puntual (1). Duración a lo largo del tiempo (D): permanente (3); media (2) y corta (1).

Reversibilidad para volver a las condiciones iniciales (R): Reversible (1); parcial (2) e irreversible (3).

Tabla 21

Valoración de impactos ambientales

Escala de valoración de impactos	
Impacto total = c (p+i+o+e+d+r)	
Negativo	
Severo	[≤ - 15 >
Moderado	[-9 ≥ 15]
Compatible	≥ - 9
Positivo	
Alto	[≥ 15 >
Medio	[9 ≤ 15]
Bajo	≤ 9]

Anexo E

Informe de laboratorio

Figura 25
Informe 1 de laboratorio

envirotest
Environmental Testing Laboratory S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 174298

Nombre del Cliente : INGRID JULIETA AZANA SALDAÑA
 Dirección : Mz.E-1, Lote36 Urb.Rosario del Norte - San Martín de Porres
 Solicitado Por : INGRID JULIETA AZANA SALDAÑA
 Referencia : Cotización MAT N° 11147-17R01
 Proyecto : Tesis Calidad de Agua
 Procedencia : Pomabamba - Ancash
 Muestreo Realizado Por : El cliente
 Cantidad de Muestra : 3
 Producto : Agua Natural
 Fecha de Recepción : 2017/12/11
 Fecha de Ensayo : 2017/12/11 al 2017/12/20
 Fecha de Emisión : 2017/12/20

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	174298-01	174298-02	174298-03
Código de Cliente	P0	P1	P2
Fecha de Muestreo	10/12/2017	10/12/2017	10/12/2017
Hora de Muestreo (h)	14:46	14:22	14:30
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0229401.10 N 90293011.00	E 0229402.90 N 9024101.51	E 0229407.49 N 9024048.92
Descripción de la Estación de Muestreo	Margen derecho, 50 metros aguas arriba del punto de descarga.	Margen derecho, altura del punto de descarga.	Margen derecho, 200 metros aguas abajo del punto de descarga.
Tipo de Producto	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados		
Microbiológicos					
Fecal Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1.8	7.9E+04	9.2E+06	1.1E+05
Total Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1.8	2.4E+05	6.2E+06	3.5E+05

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; "*" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado; "-" = No Analizado.

II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Microbiológicos		
Fecal Coliform Bacteria	SM 9221 E / 9221C, 22nd. Ed. 2012.	Enumeration of Fecal Coliforms by MPN method Fecal Coliform Procedure
Total Coliform Bacteria	SM 9221 B / 9221C, 22nd. Ed. 2012.	Enumeration of Total Coliforms by MPN method Standard Total Coliform fermentation Technique

SIGLAS: "SM" Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 22nd Ed. 2012

Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú , Central Telefónica (511) 522-3758 / 523-1828
 info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

Página

Figura 26
Informe 2 de laboratorio



Environmental Testing Laboratory S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC., - IAS
CON REGISTRO TL - 659



INTERNATIONAL
ACCREDITATION
SERVICE

INFORME DE ENSAYO N° 180790 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente Dirección Solicitado Por Referencia Proyecto Procedencia Muestra Realizado Por Cantidad de Muestra Producto Fecha de Recepción Fecha de Ensayo Fecha de Emisión	INGRID JULIETA AZAÑA SALDAÑA MZ E-1 LOTE 38 URB. ROSARIO DEL NORTE S.M.P INGRID JULIETA AZAÑA SALDAÑA Cotización N° 0001-18 TESIS CALIDAD DE AGUA Pomabamba - Ancash INGRID JULIETA AZAÑA SALDAÑA 3 Agua Natural 2018/02/27 2018/02/27 2018/03/13
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I - Resultados

Código de Laboratorio	180790-01	180790-02	180790-03
Código de Cliente	P0	P1	P2
Fecha de Muestreo	26/02/2018	26/02/2018	26/02/2018
Hora de Muestreo (H)	10:00	10:11	10:18
Coordenadas Geográficas	8°49'20"S 77°27'36"W	8°49'14"S 77°27'18"W	8°49'16"S 77°27'36"W
Tipo de Producto	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial

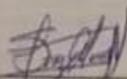
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultado		
Microbiología					
Fecal Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1,8	9,2E+05	5,4E+05	3,5E+04
Total Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1,8	1,6E+06	1,6E+06	5,4E+04

Leyenda: L.C.M. = Límite de certificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; "E" = Menor que el L.C.M. y L.D.M. indicado; "-" = No Analizado.

II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Microbiología		
Fecal Coliform Bacteria	SM 9221 E / 9221C, 22nd Ed. 2012	Enumeration of Fecal Coliforms by MPN method Fecal Coliform Procedure
Total Coliform Bacteria	SM 9221 E / 9221C, 22nd Ed. 2012	Enumeration of Total Coliforms by MPN method Standard Total Coliform fermentation Technique

ISO/IEC 17025:2005 "MP" Standard method for the enumeration of viable aerobic microorganisms by membrane filtration technique using membrane filters of 47 mm diameter (ISO 10211:2002)



Sisky Alvarez M.
Jefe de Microbiología
C.B.P. N° 9928

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
 El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
 El tiempo de validez de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y tipo desde la toma de muestra.
 Está prohibida la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

" FIN DEL INFORME "

P. 0001-18
 P. E. 001-18
 P. A. 0001-18

Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú , Central Telefónica (511) 522-3758 / 523-1828
 info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

Figura 27
Informe 3 de laboratorio



Environmental Testing Laboratory S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC., - IAS
CON REGISTRO TL - 659



INTERNATIONAL
ACCREDITATION
SERVICE®

INFORME DE ENSAYO N° 181883 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente Dirección Solicitado Por Referencia Proyecto Procedencia Muestreo Realizado Por Cantidad de Muestra Producto Fecha de Recepción Fecha de Ensayo Fecha de Emisión	: INGRID JULIETA AZAÑA SALDAÑA : Mz. E-1 Lote 38 Urb. Rosario del Norte : INGRID JULIETA AZAÑA SALDAÑA : Cotización N°0799-18 : Tesis Calidad de Agua : Pomabamba - Ancash : El Cliente : 3 : Agua Natural : 2018/05/10 : 2018/05/10 : 2018/05/16
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones.

I. Resultados

Código de Laboratorio	181883-01	181883-02	181883-03
Código de Cliente	P0	P1	P3
Fecha de Muestreo	09/05/2018	09/05/2018	09/05/2018
Hora de Muestreo (H)	15:10	15:18	15:00
Ubicación Geográfica	S 8°49'07.7" W 77°27'50.2"	S 8°49'06.1" W 77°27'51.2"	S 8°49'13.4" W 77°27'48.8"
Tipo de Producto	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial

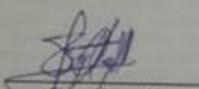
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados		
Microbiologías					
Fecal Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1.5	9.2E+05	1.6E+06	9.2E+04
Total Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1.5	1.6E+06	1.6E+06	9.2E+04

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; "N" = Menor que el L.C.M. = L.D.M. indicado; "-" = No Analizado.

II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Microbiologías		
Fecal Coliform Bacteria	SM 9221 E / 9221C, 22nd Ed. 2012	Enumeration of Fecal Coliforms by MPN method Fecal Coliform Procedure
Total Coliform Bacteria	SM 9221 B / 9221C, 22nd Ed. 2012	Enumeration of Total Coliforms by MPN method Standard Total Coliform Fermentation Technique

ISO/IEC "DM" Standard methods for the enumeration of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 22nd Ed. 2012



Sissy Alvarez M.
Jefe de Microbiología
C.B.P. N° 9526

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
 El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
 El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
 El tiempo de preservación de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
 Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

== FIN DEL INFORME ==

PSLAR-04
P.E. 04/06
P.E. 986x/0

Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú | Central Telefónica (511) 522-3758 / 523-1828
info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

Página 1 de 1