

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Saneamiento ambiental y deterioro del agua causado por agentes
patógenos – Cerro de Pasco 2017**

Para optar el grado académico de Maestro en:

Ingeniería

Mención: Minería y Medio Ambiente

Autor:

Bach. Edgar Elisban BAO YALE

Asesor:

Mg. Manuel Antonio HUAMAN DE LA CRUZ

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Saneamiento ambiental y deterioro del agua causado por agentes
patógenos – Cerro de Pasco 2017**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ
MIEMBRO

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Escuela de Posgrado
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 0145-2023- DI-EPG-UNDAC

La Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:
Edgar Elisban BAO YALE

Escuela de Posgrado:
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA –
MENCIÓN: MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE**

Tipo de trabajo:
Tesis

TÍTULO DEL TRABAJO:
**“SANEAMIENTO AMBIENTAL Y DETERIORO DEL AGUA CAUSADO POR
AGENTES PATÓGENOS – CERRO DE PASCO 2017”**

ASESOR (A): Mg. Manuel Antonio HUAMAN DE LA CRUZ

Índice de Similitud:
10%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 28 de agosto del 2023

Dr. Julio César Carhuaricra Meza
Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado
UNDAC
Pasco - Perú

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por inculcarme los valores de la superación constante y su apoyo incondicional en todos mis proyectos. Y a mi amada esposa e hijo, por ser el soporte en mis decisiones.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a los docentes de la maestría en Ingeniería mención Minería y Medio Ambiente a los Dr. Arístides Sotomayor, Dr. Hildebrando Condor García, Dr. Ricardo Guardian Chávez, M Sc Julio Bonelli Arenas y a mi asesor el Mg. Manuel Huamán De La Cruz y la desinteresada participación de los pobladores de los diferentes distritos de la ciudad de Cerro de Pasco, que, con su información brindada, me dieron la oportunidad de aportar los conocimientos en mis estudios de Maestría.

RESUMEN

La presente investigación se plantea determinar cuál es el nivel de saneamiento ambiental de la ciudad de Cerro de Pasco y los efectos que se tienen frente a la escases y a la mala calidad del agua causado por agentes patógenos, es una singular muestra de ello, ya que por su historia extractiva de las operaciones mineras y los múltiples actores e intereses han planteado a través de los años temas como la visión del desarrollo urbano, la gestión de los recursos de agua y los riesgos a la salud a que se enfrenta la población. En efecto, la ciudad se fue expandiendo del enclave urbano, generando grandes brechas entre el predominantemente desarrollo minero y las periferias de asentamientos humanos hacia la zona urbana. Como hipótesis se busca demostrar si el deficiente Saneamiento Ambiental influye en el deterioro del agua causado por agentes patógenos.

El tipo de investigación es básico, el método a utilizarse es el analítico-sintético, El diseño de investigación es no experimental, es descriptivo correlacional, para determinar la relación entre las variables: Saneamiento Ambiental (variable independiente) y Deterioro del agua por agentes patógenos (variable dependiente). Se tomó 12 muestras de agua de consumo de la laguna y del río San Juan.

El abastecimiento del agua de consumo humano en Cerro de Pasco proviene de las lagunas (33%) y los ríos (33%), el sistema de la red de agua domiciliaria (68%) es la más común, respecto a pileta común (25%) y carro cisterna (7%). disposición de excretos, en el excusado conectado a la red de desagüe (71%) es el más común, respecto a las fosas sépticas (14%) y letrinas sanitarias (15%). La población de San Juan es la que tiene mayor disposición de excretas (25%).

Palabras claves: Saneamiento ambiental, agua de consumo, Cerro de Pasco.

ABSTRACT

This research aims to determine the level of environmental sanitation in the city of Cerro de Pasco and the effects of the scarcity and poor quality of water caused by pathogenic agents. It is a unique example of this, since its history of extractive mining operations and the multiple actors and interests have raised over the years issues such as the vision of urban development, the management of water resources and the health risks faced by the population. In effect, the city has been expanding from the urban enclave, generating large gaps between the predominantly mining development and the peripheries of human settlements towards the urban zone. The hypothesis is to demonstrate if the deficient environmental sanitation has an influence on the deterioration of water caused by pathogenic agents.

The type of research is basic, the method to be used is analytical-synthetic. The research design is non-experimental, descriptive-correlational, to determine the relationship between the variables: environmental sanitation (independent variable) and water deterioration caused by pathogenic agents (dependent variable). Twelve drinking water samples were taken from the lagoon and the San Juan River.

Water supply for human consumption in Cerro de Pasco comes from lagoons (33%) and rivers (33%); the household water system (68%) is the most common, with respect to common pools (25%) and cistern cars (7%). The population of San Juan has the most excreta disposal (25%).

Key words: Environmental sanitation, drinking water, Cerro de Pasco.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes e indispensables para los seres vivos, animales, plantas e inclusive el hombre, porque es fuente de vida e indispensable para la vida diaria. (1)

La ciudad de Cerro de Pasco, está considerado como una de las 16 ciudades más críticas del País, fuente a la cual es urgente asumir responsabilidad y no continuar en la indiferencia y conducta pasiva que muestran nuestras autoridades, frente al deterioro de este recurso natural, a la cual se suman empresarios y el mismo pueblo. Evaluación de la Situación Urbano Ambiental de la Ciudad Minera de Cerro de Pasco. (10)

Las autoridades de los gobiernos locales, tanto provincial como distrital, así como los funcionarios que representan a los Ministerios de Educación, Agricultura, Energía y Minas y otros, no consideran al tema ambiental como prioritario, lo que ocasiona que la población (niños y adultos) tampoco valoren los recursos naturales ni la preservación de los mismos, que debe servir para mejorar las fuentes y no desperdiciar ni contaminar. (1)

De igual manera nos atrevemos a indicar que las autoridades regionales, locales y comunales, igualmente, se sienten ajenos a la problemática de contaminación de sus localidades, pero a la vez nosotros también contribuimos con nuestra pasividad y posición de simple observadores.

Los responsables de las empresas mineras existentes en la región, amparados por un marco legal inadecuado y parcializado, no se conmueven por los graves los impactos ambientales y sociales que ocasionan y lamentablemente nunca ha tomado la iniciativa de superar y reparar los daños causados sobre causados sobre los recursos naturales pertenecientes a las comunidades campesinas.

Las empresas mineras, en la actualidad sólo se limitan a cumplir “por obligación” sus Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PMA), sin que existan iniciativas ni

políticas empresariales ambientales propias, donde participen por igual, las organizaciones sociales afectadas locales y la población.

Poca o ninguna difusión de las normas vigentes, esto es una deficiencia que se observa en todo el país. El grueso de la población en el ámbito nacional recibe poca información de los medios de comunicación masiva, a ello se suma la falta de iniciativa de los pobladores por acceder a esa información, por lo cual se recomienda que la educación ambiental se imparta en todos los niveles educativos en forma permanente y a nivel nacional. (1) y (10)

La educación ambiental como proceso educativo para cada individuo, las familias, las comunidades, la sociedad y el estado, debe reorientarse para contribuir el logro del desarrollo sostenible. (1)

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
INDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la Investigación	3
1.3. Formulación del Problema	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas Específicos	4
1.4. Formulación de Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Justificación de la Investigación	5
1.6. Limitaciones de la Investigación	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.2. Bases Teóricas — Científicas:	14
2.2.1. Causas de Agentes Patógenos.....	14
2.2.2. Infecciones Causadas por Agentes Patógenos.....	17
2.2.3. Supervivencia de los Agentes Patógenos	19
2.2.4. Riesgos para la Salud Debido al uso de Aguas Residuales.....	20
2.2.5. Factores que Intervienen en la Transmisión de Enfermedades.....	22

2.2.6.	Estudios Epidemiológicos	23
2.2.7.	Tratamiento de Aguas Residuales	25
2.3.	Definición de términos básicos	38
2.3.1.	Saneamiento Ambiental.....	38
2.3.2.	Deterioro del Agua.....	38
2.3.3.	Agentes Patógenos	39
2.3.4.	Agentes de Consumo	39
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	39
2.4.1.	Hipótesis general	39
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	39
2.5.	Identificación de Variables	40
2.5.1.	Variables Independiente	40
2.5.2.	Variables Dependiente.....	40
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	41

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1.	Tipo de Investigación	43
3.2.	Nivel de investigación	43
3.3.	Métodos de Investigación	43
3.4.	Diseño de Investigación.....	44
3.5.	Población y Muestra	44
3.5.1.	Población.....	44
3.5.2.	Muestra	44
3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	44
3.7.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	44
3.8.	Tratamiento estadístico.....	45

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	46
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	47
4.3. Prueba de Hipótesis.....	56
4.4. Discusión de Resultados	58

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Sujetos infectados total sometidos a prueba.....	16
Cuadro 2: Periodo de supervivencia	20
Cuadro 3: Riesgos sanitarios relativos del uso de excretas y aguas residuales sin tratar en agricultura y acuicultura	24
Cuadro 4: Fuentes y sistema de abastecimiento de agua de consumo humano según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2017.....	47
Cuadro 5: Disposición sanitaria de excretas según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2017	48
Cuadro 6: Manejo sanitario de residuos sólidos urbanos (basura) según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2017	49
Cuadro 7: Condiciones sanitarias de la viviendas según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2017.....	50
Cuadro 8: Análisis microbiológico del agua que consume la población de Cerro de Pasco 2017.....	51
Cuadro 9: Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los en los sistemas de abastecimiento de agua	52
Cuadro 10: Nivel de saneamiento ambiental según los puntos que contribuyen al deterioro del agua de consumo de la población de Cerro de Pasco 2017.....	53
Cuadro 11: Puntos que contribuyen al deterioro del agua que consume la población de Cerro de Pasco 2017	54
Cuadro 12: Evaluación química del agua de consumo.....	55

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía.

El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, y su fórmula química es H₂O. En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente.

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor.

La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsibles de tiempo. (1)

Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En líneas generales, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se han ideado mecanismos de control temprano de la contaminación. En la distribución y el uso del agua los problemas resultan por las actitudes humanas. (1) y (9)

La ciudad Cerro de Pasco no es ajena a la situación descrita, en los distritos de Chaupimarca, Yanacancha, Simón Bolívar, Tinyahuarco, Huayllay y Yarusyacán, actualmente viene operando doce empresas mineras y siete plantas de beneficio mineral, todas ellas producen una gran diversidad de agentes contaminantes que son fuentes importantes de impactos directos e indirectos para el medio ambiente y la vida humana de Cerro de Pasco y de las zonas periféricas donde se desarrollan estas actividades.

En el estudio realizado por CISEPA-PUCP (2006), menciona que todo este proceso de asentamiento de la minería en Cerro de Pasco, ha generado profundas distorsiones negativas en la identidad socio cultural de la población, pérdida de la memoria histórica, destrucción de símbolos y de valores ancestrales; a lo cual complementaríamos que la población a consecuencia de estos impactos asume como algo natural y cotidiano, y parte de la vida, convivir con la contaminación.

La salud, ese don sagrado que nos ha dado la naturaleza, incluye la ausencia de enfermedad, acompañado de calidad de vida. (7)

Por lo tanto, nos planeamos el siguiente problema de investigación
¿Existe deficiente saneamiento ambiental y deterioro del agua por agentes patógenos en el agua de Cerro de Pasco?

1.2. Delimitación de la Investigación

La delimitación de la investigación sobre el saneamiento ambiental y el deterioro del agua causado por la población de la ciudad de Cerro de Pasco, debido al agua que consumen generan la contaminación con agentes patógenos y productos fisicoquímicos e inorgánicos.

A. Ubicación geográfica específica

Cerro de Pasco es una ciudad ubicada en Perú, específicamente en la meseta del Bombón, que forma parte del altiplano de la cordillera de los Andes en el centro del país. Esta ciudad se encuentra a una altitud de aproximadamente 4330 metros sobre el nivel del mar. Es la capital del distrito de Chaupimarca, así como de la provincia y el departamento de Pasco. Su ubicación en lo alto de los Andes la hace susceptible a diversos desafíos ambientales, incluido el deterioro del agua debido a la actividad industrial y las prácticas de saneamiento, por lo que la investigación debe centrarse en esta área en particular para comprender los problemas de saneamiento y la calidad del agua.

B. Agentes patógenos específicos:

El estudio aborda la contaminación del agua debido a los agentes patógenos que son la causa de muchas enfermedades que el pobador de la ciudad de Cerro de Pasco, se expone debido a las prevalentes o problemáticas en la región. Por ejemplo, los microorganismos patógenos como las bacterias como E. coli, virus como el norovirus o parásitos como Giardia.

C. Fuentes de contaminación

Dentro de las fuentes de contaminación se limita la investigación a las fuentes específicas de contaminación que contribuyen al deterioro del agua en Cerro de Pasco, como los parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y biológicos. Esto debido a las aguas residuales sin tratar, entre otros.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de Saneamiento Ambiental y deterioro del agua causado por agentes patógenos en Cerro de Pasco?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las condiciones de saneamiento ambiental en Cerro de Pasco?
- ¿Cuál es el nivel de contaminación microbiana del agua de consumo doméstico?
- ¿Cuáles son los agentes de contaminación microbiana del agua de consumo doméstico?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar cuál es el nivel de saneamiento ambiental y deterioro del agua causado por agentes patógenos en Cerro de Pasco.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las condiciones de saneamiento ambiental en Cerro de Pasco,
- Identificar el nivel de contaminación microbiana del agua de consumo doméstico.

- Identificar los agentes de contaminación microbiana del agua de consumo doméstico.

1.5. Justificación de la Investigación

Todas las naciones del mundo desean para su población un alto nivel de vida, donde no sufran privaciones que las implican satisfacer sus necesidades básicas.

El Perú es uno de los países que presenta problemas de salud, ello es evidente por su empobrecimiento y sus discapacidades en esta área de vital importancia, siendo algunos indicadores la falta de agua y desagüe, la inadecuada eliminación de desechos de origen doméstico, unido al consumo deficitario de proteínas, los que agudizan la problemática de salud, en términos de saneamiento ambiental, no olvidemos que las aguas residuales domésticas contiene agentes patógenos excretados por las personas las que provocan enfermedades de origen entérico. (12)

En el país, el acceso al agua es significativamente menor que en otros países latinoamericanos, hecho que repercute en la morbimortalidad, específicamente en la población infantil, presentando cifras alarmantes debido a la contaminación por poblaciones mixtas de microorganismos y parásitos, lo que definitivamente debe llevar a un tratamiento del agua de consumo, para proteger la salud de la población. (1)

En el sector de agua potable y saneamiento del Perú, se han logrado importantes avances en las últimas dos décadas, como el aumento del acceso de agua potable del 30% al 62% ocurrido entre los años 1980 al 2010 y el incremento del acceso de saneamiento del 9% al 30% entre los años 1985 al 2010 en las áreas rurales. Asimismo, se han logrado avances en la desinfección del agua potable y el tratamiento de aguas negras. Sin embargo, quedan muchos retos en el sector, tal como.

- Insuficiente cobertura de servicios.
- Mala calidad de la prestación de servicios que pone en riesgo la salud de la población.
- Deficiente sostenibilidad de los sistemas construidos.
- Tarifas que no permiten cubrir los costos de inversión, operación y mantenimiento de los servicios.
- Debilidad institucional y financiera.
- Recursos humanos en exceso, pero calificados y con alta rotación.

1.6. Limitaciones de la Investigación

A pesar de la importancia del trabajo de investigación existen pocas investigaciones en nuestro medio. La mayor parte de los estudios son fuera de nuestro contexto.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

A. Nivel Internacional

Almeida, González, Mallea, & González (2012) El objetivo de este trabajo era desarrollar un nuevo índice de calidad de las aguas recreativas (RWQI) como herramienta para garantizar la salud de los bañistas y tomar decisiones prácticas. El método denominado RWQI se elaboró con datos epidemiológicos y realizamos un estudio exhaustivo de las distintas directrices para aguas recreativas propuestas por diferentes organizaciones de todo el mundo. Se eligieron diferentes parámetros, considerando prioritariamente el contacto del nadador y la posibilidad de ingestión de agua durante la actividad recreativa. Además, se establecieron curvas de clasificación para pH, demanda química de oxígeno, nitrato, fosfato, detergentes, enterococos, coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. Resultados y conclusiones. El índice se aplicó al conjunto de datos sobre calidad del agua del río Potrero de los Funes (San Luis, Argentina), generados durante 2 años (2009-2010). Siguiendo la clasificación de valores del RWQI, la mayoría de las muestras de agua del

Potrero de los Funes se ubicaron en el rango de buena calidad durante el período de estudio.

Maskey, Sharma Annavarapu, Prasai, & Raj Bhatta (2020) dentro de los antecedentes manifiesta que: Hoy en día, la posibilidad de convertir el agua en no potable por diversos tipos de contaminantes (físicos, químicos y biológicos) reviste una importancia considerable. No sólo los contaminantes microbianos, sino también los físicos y químicos, desempeñan un papel importante al comprometer nuestra salud de muchas maneras. El objetivo de este estudio era evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua embotellada producida comercialmente en la ciudad de Pokhara. Métodos: Se realizó un estudio para evaluar la calidad del agua potable embotellada producida en la ciudad de Pokhara. Se recogió en el mercado un total de 21 marcas de agua embotellada, el primer lote en la estación monzónica y el segundo lote en la estación premonzónica. La evaluación física, química y microbiana se llevó a cabo de acuerdo con las Normas Nacionales de Calidad del Agua Potable, 2062. En su caso, se aplicaron el coeficiente de variación y la prueba t. Resultados: La calidad del agua fue mejor en la estación premonzónica que en la monzónica, en lo que respecta a la evaluación microbiana. Ninguna de las muestras del primer lote dio positivo en coliformes, mientras que en el segundo lote el 38,2% de las muestras dio positivo en coliformes. El coeficiente de variación del pH y del contenido de cloruro fue de 8,9% y 6,1%, y de 35,6% y 24,19%, respectivamente, en las estaciones premonzónica y monzónica. Ambos fueron estadísticamente significativos. Los demás parámetros analizados estaban dentro de los límites normales. Conclusiones: La calidad del agua potable embotellada disponible para la venta no cumple las normas dadas por las Normas Nacionales de Calidad del Agua Potable, en particular la calidad microbiana.

(Scalize, y otros, 2021) La calidad del agua consumida por una determinada comunidad está relacionada con su calidad de vida. En este sentido, este estudio tuvo como objetivo evaluar, desde la perspectiva del riesgo para la salud, la calidad física, química y microbiológica del agua potable, en una comunidad quilombola, y los aspectos cualitativos intrínsecos a su uso y almacenamiento. Para ello, se analizaron muestras de agua, recogidas en las salidas del sistema colectivo de abastecimiento de agua y de ocho cisternas que almacenan agua de lluvia, utilizadas para el consumo humano. Las muestras se sometieron a análisis físicos, químicos y microbiológicos, incluidos adenovirus (HAdV) y enterovirus (EV). La probabilidad de que un individuo adquiriera la infección a través del consumo de agua se determinó mediante un análisis de riesgo microbiológico cuantitativo utilizando HAdV y Escherichia coli (EC) como patógenos de referencia. Los resultados mostraron que el agua del pozo tubular profundo tenía 270,8 mg/L de dureza total, lo que llevó a rechazar su consumo por ingestión. Como alternativa, los habitantes de la comunidad consumen agua de lluvia almacenada en cisternas. Para este tipo de agua, se encontró la presencia de bacterias heterótrofas en el 75%, coliformes totales en el 100% y Enterococos en el 25%. Además, la CE estaba presente en el 25%, el VE en el 50% y el VHA en el 100% de las muestras. La probabilidad de infección anual por VHA y CE era, en la peor situación, del 100% y el 1,3%, respectivamente. En cuanto a los aspectos cualitativos y cuantitativos, se observó una correlación positiva significativa entre la ausencia de CE y la extracción de agua de la cisterna mediante una bomba y lo contrario cuando la extracción se realizaba con un cubo o una manguera. Con base en los resultados encontrados, es importante realizar acciones dirigidas a mejorar la calidad del agua y, consecuentemente, la calidad de vida de las personas que viven en la comunidad de estudio.

Sotomayor, L. (2014) en la investigación “Análisis de la concentración de microorganismos en el agua para consumo humano”, en San Cristóbal, Provincia de Galápagos-Ecuador, cuyo objetivo fue Análisis de la concentración de microorganismos en el agua para consumo humano. Tipo de investigación: básico. Nivel de investigación: descriptivo. Diseño de investigación: no experimental transversal. Técnica e instrumento: observación, análisis de laboratorio. Muestra: 38 muestras mensuales durante 4 meses. Resultados: En coliformes totales se encontró 1800 nmp/100ml siendo el máximo permisible <2nmp/100ml. En E. coli se encontró 700 nmp/100ml siendo el máximo permisible <1nmp/100ml. Recuento de Levaduras y mohos. Al no contar con una norma establecida para levaduras, no podemos determinar si el recuento de microorganismo cumple con estándares de calidad. Conclusiones: Los datos de algunas muestras con altas concentraciones evidencian la necesidad de tomar algunas medidas desde diferentes ámbitos.

Brousett Minaya, M., et al (2018) “Evaluación físicoquímica y microbiológica de agua de consumo humano”. Revista de la división cultural y científica de la U. La Salle. Bolivia. Donde se concluye:

1. Las fuentes de agua de abastecimiento para consumo humano de la población de Chuquillanqui (2 manantiales y 2 posos) cumplen con los parámetros físico químicos del Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.
2. De igual modo los metales se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la OMS con excepción del Aluminio y Boro en mínimas cantidades de 0,065 mg/l y 0,025 mg/l respectivamente.
3. En los parámetros microbiológicos, el agua no cumple con la normativa, encontrándose valores muy altos en contaminación por E.coli total en

las temporadas de lluvia llegando a 11.8666 UFC/100ml (\pm 813.5) como valor normal correspondiente al mes de mayo en el manantial 1, y el valor menor fue registrado en el mes de octubre con 733.3 UFC/ 100 (\pm 152.8) para el manantial 2. Mediante esta desinfección se sugiere la pronta desinfección en los reservorios de almacenamiento, para eliminar en el trayecto y garantizar su inocuidad como producto final, de esta manera prevenir los factores de riesgo sanitario, promover y proteger la salud de la población.

B. Nivel Nacional

Guardián & Castillo (1997) "Saneamiento Ambiental y Determinación de Contaminantes Bióticos del agua de consumo de Cerro de Pasco". Llega a las siguientes conclusiones:

1. El 45% de familias de Cerro de Pasco carecen de servicio de agua y desagüe; así mismo, existe deficiente de servicios higiénicos (61%) y escasez de agua (86%).
2. Existe inadecuada práctica de higiene: consumo directo de agua (45%), inadecuada aprovisionamiento de agua e inapropiada disposición de aguas servidas (70%).
3. En 44 muestras de agua de consumo analizadas se encontraron las siguientes entero bacterias: *Escherichia coli* (31.82%), *Shigella* (20.45%), *Klebsiella oxytoca* (13.56%), *Citrobacter diversus* (9.09%), *Edwardsiella tarda* (4.54%).
4. En 48 muestras de agua analizadas, se demuestra la presencia de *Staphylococcus* en un 25%. La zona de muestreo más contaminada es Chaupimarca (14.58%).
5. El análisis colimétrico nos indica la contaminación total de agua de consumo.

6. En el examen directo se observa la contaminación por hongos (66.67%), protozoarios no patógenos (100%) y bacterias (37.50%) en un total de 48 muestras.
7. En cuanto a la distribución de enfermedades entéricas, en niños menores de 6 años es: enfermedades diarreicas agudas (37.50%), parásito intestinal (30.83%), fiebre tifoidea (29.17%) y cólera (2.50%).
8. El análisis físico determino que la temperatura del agua oscila entre 9.75 y 10.20 grados centígrados. La transparencia es casi total (99.5%) y el pH varía entre 8.09 y 8.21 que en forma general son rangos óptimos para el consumo.
9. Los factores físico-químicos en este caso no indican una contaminación química, sin embargo, la presencia de amoníaco, anhídrido carbónico y nitritos nos alertan que existe una contaminación biológica.

Paredes & Quinto (2016) en un estudio sobre "Evaluación físicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en el distrito de Palca, Provincia de Tarma. Región Junín" llegan a las siguientes conclusiones:

1. En el aspecto microbiológico se determinó la presencia de bacterias heterotróficas coliformes totales, coliformes termotolerantes, E.coli, larvas y huevos de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos en todas las muestras analizadas y en cantidades que superan los límites máximos permitidos para agua de consumo humano.
2. En cuanto a la calidad físico química la turbiedad, solidos totales, dureza total, alcalinidad total y pH se concentran dentro de los límites establecidos, mientras que el cloro residual no cumple con los límites máximos establecidos en el reglamento de calidad del agua de consumo humano.

De La Cruz & Delgado (2022) en este estudio, el objetivo principal fue evaluar la calidad del agua para consumo humano en la comunidad de Mollehuaca, ubicada en el distrito de Huanuhuanu, provincia de Caraveli, en Arequipa. El periodo de estudio se extendió de febrero a abril de 2022.

Para lograr este objetivo, se llevó a cabo un estudio cuantitativo con un diseño descriptivo, prospectivo y transversal. La recolección de datos se realizó mediante un muestreo no probabilístico en tres puntos de la red de distribución de agua: el reservorio, un punto intermedio y el punto final de la red.

Se analizaron diferentes parámetros de calidad del agua, incluyendo la presencia de coliformes totales, coliformes fecales, E. coli, pH, color, turbidez y cloro residual. Los datos recolectados fueron procesados utilizando tablas de Excel para calcular promedios y desviaciones estándar. Los resultados mostraron que, en promedio, los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes fueron más altos en el reservorio en comparación con los puntos intermedio y final de la red de distribución. Por otro lado, los niveles de E. coli se mantuvieron bajos en todos los puntos de muestreo. El pH se mantuvo dentro del rango aceptable, al igual que los niveles de color y turbidez en todas las muestras. En cuanto al cloro residual, se observaron diferencias en su concentración entre el reservorio y los puntos intermedio y final de la red.

Estos hallazgos proporcionan una visión detallada de la calidad del agua de consumo en la comunidad de Mollehuaca durante el período de estudio y pueden servir como base para implementar medidas de mejora en el suministro de agua potable en la zona.

Talavera (2018) esta investigación se llevó a cabo en el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Ilave, ubicada en la

provincia de El Collao, en el departamento de Puno. El estudio se realizó durante los meses de febrero a abril del año 2018. El objetivo general fue determinar la calidad del agua potable en términos fisicoquímicos, bacteriológicos y de contenido de metales pesados, además de proponer alternativas de solución para mejorarla. La metodología utilizada consistió en tomar muestras en tres puntos clave del sistema de abastecimiento: el punto de captación, el depósito de bombas y el reservorio. Se siguieron normas de muestreo estandarizadas para garantizar la validez de los resultados. Se realizaron diferentes pruebas analíticas en laboratorios especializados, como el Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano y el Laboratorio de la DIRESA - Puno, para evaluar parámetros como el pH, la dureza, los cloruros, los sulfatos, los nitritos, los nitratos, los sólidos totales disueltos, la turbidez, los coliformes totales y fecales, así como el contenido de metales pesados. Los resultados obtenidos mostraron que la mayoría de los parámetros evaluados cumplían con los estándares establecidos en el D.S. 004-2017 del MINAM, excepto la turbidez en el punto de captación, que superaba los límites aceptables. En cuanto al contenido de metales pesados, la mayoría estaban dentro de los límites permitidos, excepto el plomo, que se encontraba por encima de la norma. Entre las alternativas de solución propuestas se destacan el uso de filtros con carbón activado impregnado con quitosano, minerales zeolíticos modificados, electrocoagulación, remoción asistida por luz solar y biotecnología.

2.2. Bases Teóricas — Científicas:

2.2.1. Causas de Agentes Patógenos

2.2.1.1. Deterioro del Agua

Cuando las aguas residuales domésticos se vierten sin tratamiento previo a los ríos o lagos, estos cuerpos de agua suelen

contaminarse con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos, lo cual crea un grave problema de salud público. El mal manejo de las aguas residuales propaga enfermedades bacterianas y víricas tales como la diarrea, la tifoidea, la paratifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa, la amebiasis, giardiasis, etc. Como es difícil detectar y cuantificar a los patógenos causantes de estas enfermedades, los ingenieros sanitarios y las autoridades de salud público utilizan como organismo indicador de la contaminación a los coliformes fecales y usan la prueba del número más probable de coliformes fecales en 100 ml. de agua (NMPCF/100 ml).

La mayoría de los efluentes industriales tiene una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) muy alta, pero su concentración de coliformes fecales es menor que en los efluentes domésticos. Esta diferencia hace que los desechos industriales constituyen un problema ecológico y que los desechos domésticos representen un problema de salud público, lo que influye en el deterioro general del agua.

Uno de los problemas más serios es la carencia de fuentes de agua adecuada para el consumo humano. El agua de mejor calidad debe destinarse al consumo humano y le sigue en importancia la asignada al riesgo de cultivos para consumo humano. Cuando las mejores aguas disponibles no cumplen con las normas de agua potable, es necesario tratarlas y desinfectarlas; esto hace que la institución y el personal responsable del tratamiento asuma un papel importante en la salud público. Por ello, las autoridades de salud deben vigilar la protección del recurso agua y no preocuparse solo de potabilizarla. En vez de soluciones puntuales e inmediatas, el abastecimiento de agua segura exige una visión integral del problema y soluciones multidisciplinarias. Aquí se aplica el antiguo adagio "más vale prevenir que curar" y en el

caso de las aguas de riego altamente contaminadas, por ejemplo, la salud dependerá del buen manejo agrícola, del buen mercadeo y buena manipulación de los alimentos, cuya práctica adecuada resulta difícil en países con higiene precaria.

Mientras mayor sea la concentración de organismos patógenos en el agua o en los alimentos, mayor será la probabilidad de que la población enferme. La anterior afirmación se basa en numerosos estudios epidemiológicos que han permitido desarrollar el concepto de dosis infecciosas de patógenos bacterianos entéricos para el hombre.

El cuadro N° 1 nos indica que de 42 personas que ingirieron 1010 organismos vivos de ciertas Salmonella, 40 se enfermaron (95%); de 32 personas que ingirieron 107 organismos, 16 se enfermaron (50%); de 14 personas que ingirieron 103 organismos, ninguna se enfermó (0%).

Cuadro 1:

Sujetos infectados total sometidos a prueba

Patógenos entéricos. Dosis de organismos vivos	101	102	103	104	105	106	107	108	1010
<i>Shigella Dysenteriae</i> Cepa M131 Cepa A-I	1/10	2/4 1/4	7/10	5/6 2/6					
<i>Shigella flexneri</i> Cepa 2 ^a Cepa 2All		6/33	33/49	66/87 ¼	15/24 3/4	7/8	13/19	7/8	
<i>Salmonella typhi</i> Cepa Quail			0/14		32/11		16/32	8/9	40/42
<i>Vibrio cholerae</i> Cepa Inaba Con NaHCO ₅ Sin NaHCO ₃				11/13 0/2		45/52 0/4	0/4	2/2 2/4	1/2
Enteropatógenos <i>E. coli</i> Cepa 4608				0/5		0/5		4/8	

La información del cuadro evidencia que no es necesario exigir ambientes o alimentos estériles, sino limpios. El grado de limpieza para evitar enfermedades dependerá de la virulencia del patógeno y de la susceptibilidad de los individuos sanos y fuertes que han estado sometidos a exposiciones previas recientes y de baja concentración son poco susceptibles a enfermarse. Los individuos débiles que nunca han estado sometidos a exposiciones previas si son susceptibles de contraer enfermedades, por este motivo, la incidencia de enfermedades infecciosas en los niños es alta.

De lo anterior se puede concluir que una de las mejores medidas de saneamiento es reducir la concentración de patógenos en el medio ambiente, es decir, en el agua, suelo, cultivos y en los alimentos. Esto revela también la importancia de lavarse las manos antes de ingerir o manipular alimentos, así como después de ir al servicio sanitario.

2.2.2. Infecciones Causadas por Agentes Patógenos

Las aguas residuales domésticas contienen agentes patógenos excretados por las personas, lo que provocan enfermedades de origen entérico, tales como diarreas, tifus, hepatitis, etc. Estos agentes son virus, bacterias, protozoarios y helmintos que generalmente están presentes en concentraciones elevadas y se transmiten a través de verduras, mala manipulación de alimentos y falta de higiene personal.

Las infecciones causadas por los agentes patógenos excretados se han dividido en cinco categorías, según forma de transmisión en el ambiente.

La categoría I comprende infecciones causadas por agentes que se transmiten en forma directa, sin latencia, y tienen baja infectividad media. Esta categoría incluye enfermedades originadas por virus y protozoarios excretados y los helmintos *Enterobius vermiculares* e *Hymenolepis nana*. La transmisión ocurre de manera predominante en el ambiente doméstico inmediato,

especialmente cuando existen niveles bajos de higiene personal. Sin embargo, los tiempos de supervivencia de virus y protozoos presentes en las excretas pueden prolongarse lo suficiente como para plantear un riesgo para la salud en las prácticas de uso de aguas residuales y excretas.

La categoría II incluye enfermedades producidas por bacterias excretadas, cuya capacidad de infección es inmediata a la excreción. Las bacterias requieren mayor dosis infectiva, pero pueden multiplicarse rápidamente en un ambiente adecuado, por ejemplo, en la leche y otros alimentos. También se transmiten de ordinario en el medio doméstico inmediato, pero su mayor persistencia les permite utilizar vías de transmisión más prolongadas, lo que eleva el riesgo del agua residuales y excretas. Algunas epidemias de cólera estuvieron asociadas al riego de verduras con aguas residuales sin tratar.

La categoría III a barca enfermedades producidas por nematodos intestinales transmitidos por el suelo y que no se necesitan huésped intermediario. Estos requieren un periodo de latencia para desarrollarse antes de causar la infección, la que puede ocurrir con dosis mínimas. Estos parásitos no se ven afectados por la inmunidad del huésped; los agentes de mayor preocupación para la salud pública en sistemas de aprovechamiento de aguas para agricultura son el *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma deudonales*, *Necator americanus* y *Trichuris trichiura*.

La categoría IV incluye a las infecciones ocasionadas por la *Taenia saginata* y *Taenia solium*, las que se desarrollan en huéspedes intermedios (vacas y cerdos, respectivamente) y se transmiten al hombre por la ingesta de carne mal cocida de animales infectados. Una posible vía de transmisión de estas enfermedades es el riego de forrajes con aguas residuales.

La categoría V comprende infecciones causadas por helmintos acuáticos que requieren de uno o dos huéspedes intermediarios acuáticos. El primer

huésped es un caracol en el que se produce una enorme multiplicación asexual del agente patógeno, y el segundo, en caso de existir, es un pez o macrófito acuático. Estos huéspedes tienen una distribución limitada y su transmisión aumenta en zonas endémicas con el uso de aguas residuales y excretas sin tratamiento previo en acuicultura, así como por el consumo de verduras o pescado crudos o mal cocidos.

Las categorías III, IV y V incluyen infecciones por helmintos excretados que solo pueden infectar a los seres humanos después de cierto tiempo. El periodo de latencia transcurre en el suelo, en el agua o en un huésped intermediario; la mayoría de los helmintos pueden sobrevivir en el ambiente por periodos que van desde varias semanas a varios años. El uso de aguas residuales y de lodos sin tratar o inadecuadamente tratados, constituyen un importante medio de transmisión de estas enfermedades. (2 y 14)

2.2.3. Supervivencia de los Agentes Patógenos

Los periodos de supervivencia de los agentes patógenos dependen del tipo de cepa y de los factores climáticos y ambientales, por ello, la literatura reporta una gran variación de tales periodos.

La información disponible indica que casi todos los agentes patógenos sobreviven en el suelo y en los estanques el tiempo suficiente como para representar un peligro para los agricultores y piscicultores. En el cuadro N° 2 se indica la supervivencia de estos agentes en climas cálidos (20 a 30 g C) en el suelo y en los cultivos, poner en peligro la salud de las personas que manipulan y consumen los cultivos.

Cuadro 2:
Periodo de supervivencia

Agente patógeno	Periodo de supervivencia	
	En el suelo	En los cultivos
Virus Entereovirus ¹	<:100, Comunmente <30 días	<60, comúnmente <15 días
Bacterias Coliformes fecales Salmonella snap Vibrio Cholerae	<70, Comunmente <20 días <70, Comunmente <20 días <20, Comunmente <10 días	<30, Comunmente <15 días <30, Comunmente <15 días < 5, Comunmente < 2 días
Protozoarios Quisres de <i>Entamoeba histolytica</i>	<20, comúnmente <10 días	< 10, Comunmente < 2 días
Helmintos Huevos de <i>Ascaris lumbricoides</i> Larvas de anquilostomas <i>Huevos de Taenia Sagitana</i> Huevos de Trichuris Trichura	Muchos meses <90, comúnmente <30 días Muchos meses Muchos meses	< 60, Comunmente < 30 días < 30, Comunmente < 10 días < 60, Comunmente < 30 días < 60, Comunmente < 30 días

Fuente:

De este cuadro se desprende que los organismos patógenos sobreviven períodos más cortos en las superficies de los cultivos que en el suelo, ya que en ese medio están menos protegidos contra los efectos de la luz solar y la desecación. Los períodos de supervivencia que exceden los ciclos de crecimiento de los cultivos, como sucede a menudo con las verduras, pueden poner en peligro la salud de las personas que manipulan y consumen los cultivos. (12)

2.2.4. Riesgos para la Salud Debido al uso de Aguas Residuales

El conocimiento de los patrones de supervivencia de los agentes patógenos excretados y de su eliminación por los procesos de tratamiento de aguas residuales, permite evaluar hasta cierto punto el riesgo de transmisión de enfermedades por el uso de aguas residuales. Con este criterio basado en aspectos microbiológicos, se pretende eliminar microorganismos patógenos para garantizar la ausencia de riesgos potenciales. Sin embargo, la aplicación de este criterio microbiológico no toma en cuenta el concepto epidemiológico de

riesgo real o atribuible, el cual define las posibilidades que tiene una persona de sufrir una enfermedad dada, en un período determinado, a raíz de una cierta exposición. Se cree que existe el riesgo potencial de que se manifieste una enfermedad cuando se detectan microorganismos patógenos en las aguas residuales o en los cultivos, aun cuando no se notifiquen casos de enfermedad causada por los mismos.

Este criterio de riesgo potencial es aún más discutible, si se toma en cuenta que la calidad del agua residual utilizada en el riego no es el único factor que influye en la calidad microbiológica de los productos agrícolas, sino que además debe considerarse la falta de saneamiento básico en el lugar, hábitos de higiene, manipulación durante la cosecha. (12)

Por consiguiente, la evaluación más acertada se basa en el riesgo atribuible o excesivo, el cual mide el número de enfermedades relacionadas con una vía de transmisión particular en una población y que, en el caso que nos interesa estudiar, corresponde al número de enfermedades relacionadas con el aprovechamiento de las aguas residuales. Esto implica comparar una población expuesta al factor de riesgo con otra testigo. Algunos casos de la enfermedad objeto del estudio pueden ocurrir en la población testigo o no expuesta debido a la transmisión por otras vías, por ejemplo, la diarrea transmitida por el consumo de agua de mala calidad. El término "riesgo relativo" denota la proporción de las estimaciones de riesgo en la población expuesta y testigo. El "riesgo relativo" permite evaluar la relevancia del aprovechamiento de aguas residuales como factor de riesgo de la enfermedad bajo estudio. Las medidas de protección de la salud que se deben tomar dependerán de la posibilidad de reducir los riesgos para los consumidores, los riesgos ocupacionales o ambos. Por lo tanto, resultará más útil evaluar el número real de enfermedades causadas por aprovechamiento de las aguas residuales, en cuyo caso el riesgo atribuible es el parámetro más conveniente.

2.2.5. Factores que Intervienen en la Transmisión de Enfermedades

Existen muchos factores para que el riesgo potencial de un agente patógeno pueda convertirse en riesgo real de transmisión de enfermedades. En el caso del uso de aguas residuales en agricultura o acuicultura, se presentará un riesgo real si existen todas las condiciones que se enumeran a continuación:

- a)** Si una dosis efectiva de un agente patógeno excretado llega al campo o al estanque, o si el agente patógeno se multiplica en esos dos lugares para formar una dosis infectiva.
- b)** Si la dosis infectiva llega al huésped humano.
- c)** Si el huésped se infecta.
- d)** Si la infección causa enfermedad o fomenta su transmisión.

El riesgo será meramente potencial si no existe la condición expresada en el punto d). El uso de aguas residuales y excretas en agricultura o acuicultura será de importancia para la salud pública solo si produce excesiva incidencia o prevalencia de la enfermedad.

Ciertas características de un microorganismo patógeno pueden incrementar el riesgo probable y la importancia que para la salud pública tiene el uso de aguas residuales. Al respecto, Shuval y colaboradores han señalado.

Persistencia prolongada de los patógenos en el ambiente; extenso período de latencia o etapa de desarrollo; baja dosis infectiva; poca inmunidad del huésped; mínima transmisión simultánea por otras vías, tales como los alimentos, el agua y los malos hábitos de higiene personal.

Los antecedentes disponibles sobre la transmisión de los agentes patógenos excretados sugieren que la infección por helmintos es el riesgo más importante para la salud; que la virosis es el menos importante; y que las enfermedades bacterianas y protozoarias se encuentran entre los dos extremos. Sin embargo, solo las pruebas epidemiológicas pueden confirmar la validez de estos supuestos. (12)

2.2.6. Estudios Epidemiológicos

Shuval y colaboradores han analizado los estudios epidemiológicos disponibles sobre el uso de aguas residuales en agricultura y han llegado a las siguientes conclusiones:

- a)** El riego de cultivos con aguas residuales sin tratar provoca a los consumidores y agricultores un número alto de infecciones endémicas por nematodos intestinales.
- b)** El riego de cultivos con aguas residuales tratadas no causa un número excesivo de infecciones intestinales por nematodos a los agricultores o consumidores.
- c)** El cólera y la fiebre tifoidea pueden transmitirse a través del riego de verduras con aguas residuales sin tratar.
- d)** El riego de forrajes con aguas residuales sin tratar puede infectar al ganado con *Cysticercus bovis* (el estado larval de la *Taenia saginata* del ganado bovino), pero apenas existen pruebas de un riesgo real de infección humana.
- e)** Existen pruebas limitadas de que, en las comunidades con buenos hábitos de higiene personal, la salud de quienes habitan cerca de las áreas de riego con aguas residuales sin tratar pueda verse afectada por el contacto directo con el suelo o por el contacto con los agricultores.
- f)** El riego por aspersión con aguas tratadas puede diseminar pequeños números de virus y bacterias, pero no se ha detectado un riesgo real de transmisión de enfermedad por esa vía. Sin embargo, se ha previsto que no se debe regar por aspersión a una distancia menor de 50 a 100 m de las casas o caminos público.

- g) En el cuadro 3 se indica que, al emplear aguas residuales sin tratar en el riego de cultivos, los nematodos y bacterias intestinales constituyen el mayor riesgo real y en mucho menor grado los virus.

Cuadro 3:

Riesgos sanitarios relativos del uso de excretas y aguas residuales sin tratar en agricultura y acuicultura

Tipo de agente patógeno/infección	Frecuencia excesiva de Infección o enfermedad
Nematonos Intestinales <i>Ascaris spp</i> <i>Trichuris spp</i> Anquilostomas	Elevada
Bacterias Diarreas bacterianas (Cólera, fiebre tifoidea)	Menor
Virus Diarreas Viricas Hepatitis A	Mínima
Trematodos y cestodos Esquistosomiasis Clonorquiasis Teniasis	De elevada a nula, según el método de utilización de excretas y las condiciones locales

Fuente:

Blum y Feachem también han examinado estudios epidemiológicos relacionados con el uso de excretas en acuicultura y solo en un estudio encontraron que se habían considerado los riesgos reales que representa para la salud la transferencia pasiva de agentes patógenos. Sin embargo, los resultados no fueron concluyentes. Respecto a las infecciones por trematodos, descubrieron que si bien era importante la fertilización de estanques con excretas en la transmisión de estas enfermedades, también lo era la contaminación fecal de otras masas de agua y estanques que no se fertilizaban deliberadamente con excretas.

2.2.7. Tratamiento de Aguas Residuales

2.2.7.1. Antecedentes

En la Región de América Latina y el Caribe, durante la década de 1950 se trató de imitar la tecnología de los países desarrollados y se construyeron plantas con tratamiento primario (sedimentación) y secundario (tratamiento biológico con filtros o lodos activados), pero éstas no funcionaron bien. La mayoría operó por períodos limitados y casi nunca se llevó a cabo la cloración de los efluentes. Los lodos se manejaron deficientemente y con mucha frecuencia se descargaron en los mismos cuerpos de agua que se quería proteger. Muchas plantas terminaron por abandonarse y esta mala experiencia ha impedido la construcción sistemática de nuevas plantas para tratamiento de aguas residuales. Pareciera que en los países de la Región no existe la cultura del tratamiento de las aguas residuales y menos aún el deseo de pagar para sostener estos servicios.

Los países de América Latina y el Caribe ven con cierta preocupación el deterioro progresivo de los recursos hídricos y la ineficacia de las tecnologías que los países desarrollados han utilizado para resolver este problema. Si el fracaso se debe a razones sociales y económicas (el ingreso per cápita de los países de América Latina y el Caribe está entre una décima y vigésima parte del correspondiente a los países desarrollados), la única alternativa que queda es el uso de las tecnologías apropiadas.

Se puede afirmar que durante la primera mitad del siglo XX en América Latina y el Caribe no hubo avances importantes en el tratamiento de aguas residuales. Con excepción de las letrinas y los tanques sépticos, las demás estructuras para la disposición de aguas

residuales y excretas fracasaron tarde o temprano, con unas pocas excepciones. Lo anterior hizo que los municipios y los gobiernos no se sintieran estimulados a invertir en obras de tratamiento. Lo mismo sucedió con otros organismos del Estado que proveían estos servicios. A su vez, las autoridades responsables de controlar a las industrias no se sienten con suficiente autoridad moral y técnica para obligarlas a tratar sus desechos.

Existen posibilidades de resolver el problema con las tecnologías apropiadas, pero ello nos obliga a cambiar el enfoque del problema. Con las tecnologías apropiadas no se puede pensar en tratar las aguas y desinfectarlas (sistema convencional), resolviendo así los problemas ecológicos y de salud como hacen los países desarrollados. Primero debemos pensar en resolver el problema de los patógenos (es decir el problema de salud), reteniendo las aguas residuales en lagunas de estabilización.

2.2.7.2. Lagunas de Estabilización

En 1958 se comenzaron a usar en América Latina y el Caribe las lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales y se ha tenido mucho más éxito que con las plantas convencionales, estimándose en 1993 más de 3.000 lagunas de estabilización en esta Región. Su uso se ha popularizado y la gran mayoría de las lagunas continúan operando. El empleo de lagunas de estabilización obligó a romper con algunas tradiciones del tratamiento, entre ellas la guía "30/30" muy usada en los países desarrollados, según la cual los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben tener una DBO y una concentración de sólidos suspendidos menor de 30 mg/l. Los efluentes de las lagunas de estabilización no necesariamente

cumplen con estos requisitos, pero su calidad microbiológica es alta. Si lo que queremos es proteger la salud pública, las lagunas son una herramienta excelente.

Las lagunas de estabilización requieren operación y mantenimiento mínimos ya que sus procesos biológicos son naturales y por lo tanto no necesitan equipo electromecánico, combustible ni energía eléctrica, adecuándose de esta forma a las posibilidades económicas, de espacio, valor de la tierra y de recursos de los países de la Región. El requerimiento de terreno puede reducirse en lagunas en serie que incluyan lagunas anaerobias o aereadas para la remoción de materia orgánica (DBO), seguidas de lagunas facultativas que mejoren la calidad microbiológica. (2 y 12)

El manejo del recurso hídrico involucra una serie de procesos que buscan la solución de conflictos entre los múltiples usuarios que dependen de un recurso compartido. La oferta de agua proviene generalmente de un sistema común - cuenca hidrográfica- y los excedentes de uso, así como de los efluentes vuelven a integrar el sistema. El gerenciamiento implica optimizar los usos del recurso hídrico mediante el consumo racional y una calidad aceptable, debiendo esta gestión maximizar con criterio de equidad los beneficios económicos, sociales y ambientales.

En este contexto, el tratamiento de las aguas residuales no puede desligarse del manejo integral del recurso hídrico. La ampliación de la cobertura de tratamiento que los países de la Región tendrán que asumir tarde o temprano debe hacerse mediante planteamientos creativos e integrales y no basados en conceptos estrechos, exclusivamente técnicos.

Los sistemas integrados de tratamiento y reúso facilitan la optimización de los recursos hídricos, ya que al usar aguas residuales para fines acuícolas o de riego se permite que volúmenes importantes de agua limpia o potable se destinen al consumo humano.

2.2.7.3. Lagunas de Estabilización Aspectos Técnicos

Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y tienen períodos de retención relativamente grandes, por lo general de varios días.

Cuando las aguas residuales se descargan en lagunas de estabilización, ocurre en forma espontánea un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural mediante fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización y sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100 ml) que indica la contaminación microbiológica.

También tienen importancia los sólidos totales, sedimentables, en suspensión y disueltos.

Cuando la carga orgánica aplicada a las lagunas es baja (<300 kg de DBO/ha/día) y la temperatura ambiente varía entre 15 y 30 °C en el estrato superior de la laguna, suelen desarrollarse poblaciones de algas microscópicas (clorelas, euglenas, etc.) que, en presencia de la luz

solar, producen grandes cantidades de oxígeno y hacen que haya una alta concentración de oxígeno disuelto que en muchos casos llega a valores de sobresaturación. La parte inferior de estas lagunas suele estar en condiciones anaerobias. Estas lagunas con cargas orgánicas bajas reciben el nombre de facultativas. Cuando la carga orgánica es muy grande, la DBO excede la producción de oxígeno de las algas (y de la aeración superficial) y la laguna se torna totalmente anaerobia.

Es conveniente que las lagunas de estabilización trabajen bajo condiciones definidamente facultativas o exclusivamente anaerobias, ya que el oxígeno es un tóxico para las bacterias anaerobias que realizan el proceso de degradación de la materia orgánica y la falta de oxígeno hace que desaparezcan las bacterias aerobias que realizan este proceso. Por consiguiente, se recomienda diseñar las lagunas facultativas (a 20 °C) para cargas orgánicas menores de 300 kg DBO/ha/día y las lagunas anaerobias para cargas orgánicas mayores de 1.000 kg de DBO/ha/día. Cuando la carga orgánica aplicada se encuentra entre los dos límites antes mencionados, se pueden presentar malos olores y la presencia de bacterias formadoras de sulfuros. El límite de carga para las lagunas facultativas aumenta con la temperatura.

Las lagunas de estabilización con una gran relación largo-ancho (largo-ancho > 5) reciben el nombre de lagunas alargadas. Estas lagunas son muy eficientes en la remoción de carga orgánica y bacterias patógenas, pero deben estar precedidas por dos o más lagunas primarias que retengan los sólidos sedimentables. Estas lagunas primarias evitan suspender la operación de las lagunas alargadas para llevar a cabo la remoción periódica de lodos.

Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas primarias. Las lagunas que reciben el efluente de una primaria se llaman

secundarias; sucesivamente, las lagunas de estabilización se pueden llamar terciarias, cuaternarias, quinquenarias, etc. A las lagunas que reciben efluentes de las secundarias, también se les suele llamar lagunas de acabado, maduración o pulimento. Siempre se debe construir por lo menos dos lagunas primarias (en paralelo) con el fin de que una se mantenga en operación mientras se hace la limpieza de los lodos en la otra.

Proceso Aerobio

El proceso aerobio se caracteriza porque la descomposición de la materia orgánica se lleva a cabo en una masa de agua que contiene oxígeno disuelto. En este proceso participan bacterias aerobias o facultativas y origina compuestos inorgánicos que sirven de nutrientes a las algas, las cuales a su vez producen más oxígeno y permiten la actividad de las bacterias aerobias. Existe pues una simbiosis entre bacterias y algas que facilita la estabilización aerobia de la materia orgánica. El desdoblamiento de la materia orgánica se lleva a cabo con intervención de enzimas producidas por las bacterias en sus procesos vitales.

A través de estos procesos bioquímicos en presencia de oxígeno disuelto, las bacterias logran el desdoblamiento aerobio de la materia orgánica. El oxígeno consumido es parte de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

A través de procesos inversos a los anteriores, en presencia de la luz solar, las algas utilizan los compuestos inorgánicos para sintetizar materia orgánica que incorporan a su protoplasma. A través de este proceso, conocido como fotosíntesis, las algas generan gran cantidad de oxígeno disuelto.

Como resultado final, en el estrato aerobio de una laguna facultativa se lleva a cabo la estabilización de la materia orgánica putrescible (muerta) presente en las aguas residuales, la cual se transforma en materia orgánica (viva) incorporada al protoplasma de las algas.

En las lagunas de estabilización el agua residual no se clarifica como en las plantas de tratamiento convencional pero sí se estabiliza, pues las algas son materia orgánica viva que no ejerce DBO.

Proceso Anaerobio

Las reacciones anaerobias son más lentas y pueden originar malos olores. La condición es anaerobia cuando el consumo de oxígeno disuelto es mayor que la incorporación del mismo a la masa de agua por la fotosíntesis de las algas o por la aeración superficial. La aplicación de una carga superficial muy alta hace que desaparezcan las algas y el oxígeno disuelto y que la laguna se tome de color gris oscuro. El desdoblamiento de la materia orgánica ocurre en forma más lenta y se generan malos olores por la producción de sulfuro de hidrógeno. En la etapa final del proceso anaerobio se presentan las cinéticas conocidas como acetogénica y metanogénica.

El Plancton y las lagunas facultativas

Las algas desempeñan un importante papel en el proceso biológico de las lagunas de estabilización pues producen oxígeno molecular, elemento vital para las bacterias que participan en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

La presencia de las algas en niveles adecuados asegura el funcionamiento de la fase aerobia de las lagunas. Cuando se pierde el

balance requerido, se corre el riesgo de que predomine la fase anaerobia, lo que reduce la eficiencia del sistema.

El zooplancton de las lagunas de estabilización está conformado por cuatro grupos mayores: ciliados, rotíferos, copépodos y cladoceros. Ocasionalmente se presentan amebas de vida libre, ostracodos, ácaros, turbelarios, larvas y pupas de dípteros. La mayoría de individuos de estos grupos solo están en las lagunas de estabilización durante algún estadio evolutivo y raramente tienen importancia cualitativa.

2.2.7.4. Decaimiento de los Organismos Patógenos

Remoción de bacterias: procesos de transformación bioquímica

Tanto en las lagunas de estabilización facultativas como en las anaerobias se presenta un decaimiento de la concentración de bacterias patógenas que se mide a través del decaimiento de los coliformes fecales. Esta razón de decaimiento es muy baja, por ello, para lograr efluentes de buena calidad microbiológica, las lagunas de estabilización necesitan períodos de retención muy grandes (de 5 a 30 o más días), según las características del agua residual, de la temperatura, de la radiación solar, y del uso que se les dará a los efluentes.

A pesar de la abundante investigación y especulación al respecto, estos mecanismos todavía no están completamente esclarecidos. Gracias a los estudios publicados sobre el tópico, es posible describir los siguientes factores que influyen el decaimiento bacteriano:

- Temperatura del agua
- Radiación solar
- Valor de pH
- DBO y nutrientes

- Oxígeno disuelto
- Concentración de algas
- Competencia y predación
- Sedimentación.

Temperatura del agua

Con relación a los factores que influyen el decaimiento bacteriano, la temperatura del agua es quizás el más conocido. La elevación de la temperatura aumenta el decaimiento bacteriano presuntamente por incremento de la actividad metabólica, lo que origina mayor susceptibilidad a las sustancias tóxicas (Pearson et al., 1987). El aumento de la temperatura también hace que los predadores se multipliquen más rápidamente y por ello el número de bacterias disminuye más velozmente (Gloyne, 1971).

Otro papel importante de la temperatura es que mientras mayor sea, hay más crecimiento de algas. Como se describirá más adelante, un aumento en la concentración de algas mejora la eficiencia del tratamiento de la laguna con relación a la remoción de bacterias.

Radiación solar

La radiación solar puede tener un efecto directo e indirecto sobre el decaimiento bacteriano. El efecto indirecto es que las algas crecen más rápidamente mientras mayor sea la intensidad de la luz. Por sí solo, el aumento del número de algas es importante para el decaimiento bacteriano.

El efecto directo es la formación de sustancias tóxicas de oxígeno causadas por la luz. Se ha demostrado que las sustancias húmicas, comunes en el desagüe y en las lagunas de estabilización, absorben luz solar, pasan esta energía al oxígeno y originan formas

tóxicas de oxígeno (radicales de oxígeno libre, peróxido de hidrógeno y probablemente superóxido y radicales hidroxilos). Estas formas de oxígeno dañan y destruyen a las bacterias en las lagunas. Se encontró que el daño ocasionado por la luz a los coliformes fecales, proceso conocido como fotooxidación, es completamente dependiente del oxígeno. Este mecanismo actúa sinérgicamente con un pH elevado, tal vez debido a que las formas tóxicas dañan la membrana interna de los coliformes fecales. No es sorprendente encontrar que la fotooxidación se vea afectada por la luz, pH y la concentración del oxígeno disuelto (Curtis et al. 1992).

Curtis concluye también que la luz destruye más coliformes fecales en lagunas turbias que en lagunas claras, si las lagunas turbias tienen un pH suficientemente alto y oxígeno disuelto.

Valor de pH

Diferentes investigaciones sugieren que un valor de 9 o más de pH podría desempeñar un papel crítico en el aceleramiento del decaimiento bacteriano (Pearson et al. 1987; Perhad y Rao 1974; Saqqar y Pescod 1991). Un valor de 9 o más de pH (algunas veces se ha reportado 9,5) es letal para los coliformes fecales. Pero también por debajo de este nivel pueden ocurrir reducciones considerables de coliformes fecales y se puede encontrar una relación entre el incremento de la velocidad del decaimiento bacteriano y elevados niveles de pH (Curtis et al. 1992).

DBO y nutrientes

Las bacterias requieren formas orgánicas de carbón y nitrógeno, lo cual implica que una escasez de substrato orgánico podría reducir el número de coliformes (Saqqar y Pescod 1991). Saqqar y Pescod (1992b)

postularon que la carga orgánica por sí sola no influye en la remoción de coliformes, sino a través de cambios ambientales asociados a ella. Por lo tanto, el parámetro estará representado por cambios en los otros parámetros. Esto permite postular que las últimas lagunas en una serie tenderán a reducir más coliformes durante el mismo período de retención que las lagunas anaerobias o facultativas que estén al principio de la serie. En general, las últimas lagunas en una serie tendrán menos DBO, DQO y concentración de sólidos suspendidos totales (esto es diferente cuando se combina con el crecimiento de algas. Ver acápite 4.7 sobre concentración de algas).

Oxígeno disuelto

Como se ha indicado bajo la radiación solar, la existencia de formas tóxicas de oxígeno es importante para el decaimiento bacteriano. Es evidente que las altas concentraciones de oxígeno disuelto tienen un efecto positivo sobre la formación de compuestos tóxicos de oxígeno. El papel del oxígeno disuelto no se menciona frecuentemente en la literatura. Curtis et al. (1992) es una excepción y ha desarrollado un modelo que incorpora la importancia del oxígeno en las lagunas.

Concentración de algas

La influencia de las algas en el decaimiento bacteriano no es directa. El efecto más importante para las bacterias está determinado por la relación de las algas y otros factores, especialmente el pH, oxígeno disuelto y la penetración de luz en las lagunas. Durante el día las algas producen oxígeno y absorben CO_2 . Estos procesos metabólicos dependen de la luz e incrementan los niveles de oxígeno disuelto y pH. Durante el día las algas también producen biomasa y la concentración

total de algas aumenta. Su incremento ocasiona mayor turbiedad, lo cual dificulta la penetración de la luz a través de la columna de agua.

La importancia de las algas también ha sido demostrada por Pearson et al. (1987). Ellos encontraron que dos lagunas bajo las mismas condiciones (solo una con Daphnia) dieron diferentes resultados de tratamiento. La investigación demostró que la Daphnia se alimentaba con microalgas, por lo cual disminuía su concentración en la laguna. El efecto redujo el valor de pH durante las horas del día e incrementó la penetración de la luz superficial, al menos en los primeros 20 cm. El efluente de esta laguna contenía una concentración significativamente más alta de coliformes fecales.

Competencia y predación

Las bacterias provenientes de las aguas residuales forman parte de la cadena alimenticia de la laguna y gran número de ellas son consumidas por protozoarios u otras formas más evolucionadas de vida animal. Algunos bacteriófagos específicos también destruyen organismos fecales (Gloyna, 1971).

En el ambiente de la laguna hay competencia por los nutrientes disponibles y cuando hay una escasez relativa de nutrientes las bacterias fecales ofrecen una competencia menos fuerte a los otros organismos de la laguna.

Sedimentación

La remoción de patógenos puede darse por sedimentación o adsorción de partículas sedimentables. Probablemente la sedimentación de bacterias desempeña un papel solo si éstas son adsorbidas en grandes partículas.

Remoción de Parásitos

Las aguas residuales están contaminadas por una fuerte carga de organismos patógenos excretados por individuos enfermos o portadores sanos. Entre estos agentes patógenos se encuentran los protozoos y los helmintos que parasitan al hombre y son evacuados con las heces y esputo. En menos cantidad se encuentran los parásitos propios de animales, pero que pueden ser causa de zoonosis parasitarias.

Shuval y otros investigadores (1978) han estimado la posible concentración de huevos de helmintos en aguas residuales. Si se toma como base un sistema convencional de abastecimiento de agua en el que cada persona produce 100 litros de agua residual por día y se asume una producción de huevos por los parásitos según Craig y Faust (1970), en un área endémica en la cual el 10% de la población está infectada con *Ascaris*, *Trichuris* y *Ancylostoma*, se calcula que en un litro de agua residual podrían existir cerca de 200 huevos de *Ascaris*, 25 huevos de *Ancylostoma* y 6 huevos de *Trichuris*.

La presencia de parásitos en las aguas residuales es uno de los factores de riesgo más importantes en los países con alta incidencia de parasitosis, ya que estos organismos pueden infectar a la población a través de las fuentes de agua de consumo y de riego. Ante esta realidad epidemiológica de nuestros países, es de vital importancia que las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales sean eficientes en la remoción de estos organismos. Ésta es otra característica atractiva de las lagunas de estabilización: su gran eficiencia en la remoción de parásitos.

La remoción de los parásitos en lagunas de estabilización se obtiene por la sedimentación de los quistes de protozoos y huevos de helmintos. Los factores que pueden influir en el tiempo de sedimentación de los parásitos son el movimiento de las aguas, el flujo no uniforme, y la presencia de detergentes y material flotante, entre otros.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Saneamiento Ambiental

El saneamiento ambiental básico es el conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental. Comprende el manejo sanitario del agua potable, las aguas residuales y excretas, los residuos sólidos y el comportamiento higiénico que reduce los riesgos para la salud y previene la contaminación. Tiene por finalidad la promoción y el mejoramiento de condiciones de vida urbana y rural.

El uso del término "saneamiento" varía entre ingenieros sanitarios en diferentes países. Por ejemplo, en el Cono Sur, en Bolivia y en el Perú el significado es amplio, como en la definición mencionada arriba. Sin embargo, en otros países de América Latina a veces el uso es más restringido y cubre el alcantarillado sanitario y el tratamiento de aguas negras, sin incluir el abastecimiento en agua potable. En México, el uso técnico es el más restringido y es limitado al tratamiento de aguas negras sin incluir el alcantarillado sanitario. El manejo de residuos sólidos y el comportamiento higiénico a veces son incluidos y a veces no lo son, dependencia del contexto.

2.3.2. Deterioro del Agua

Se refiere a la contaminación del agua está relacionada directamente a las actividades humanas. El agua sirve para los requerimientos básicos de todos los seres vivos, los procesos industriales; el agua (en algunos países) también actúa como un vertedero de líquidos y sólidos. Las actividades agrícolas

contaminan el agua al usar agroquímicos y las industrias requieren de agua limpia para muchos usos y vierten, en muchos casos, agua contaminada a los arroyos, ríos y mares.

2.3.3. Agentes Patógenos

Es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedad o daño en la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predispuesto. El mecanismo de la patogeneidad ha sido muy estudiado y tiene varios factores, algunos de los cuales son dependientes del agente patógeno y otros del huésped.

2.3.4. Agentes de Consumo

El agua se puede considerar el alimento que más veces torna una persona a lo largo de su vida y como tal es importante cuidar su calidad, "Un alimento que te llega por una tubería es poco recomendable", opina Germán Bes. "Se nos quiere vender un agua de grifo de máximo calidad", pero realmente no es eso, sino un agua potable sanitariamente permisible. Sirve para todo, pero no es un alimento. Recomiendo que una parte de la bolsa de compra sea agua mineral.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El deficiente Saneamiento Ambiental influye en el deterioro del agua causado por agentes patógenos.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) Existen condiciones deficientes de Saneamiento Ambiental en Cerro de Pasco
- b) Existe contaminación microbiana en el agua de consumo doméstico.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables Independiente

- Saneamiento Ambiental

2.5.2. Variables Dependiente

- Deterioro del agua por agentes patógeno

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

MATRIZ DE CONSISTENCIA

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUBINDICADORES	DEFINICIÓN OPERACIONAL DEL INDICADOR	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDIDA
<p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> SANEAMIENTO AMBIENTAL</p>	<p>Instrumentos fundamentales para la promoción de la salud y prevención de enfermedades</p>	<p>Fuentes y sistemas de abastecimientos del agua humano</p>	<ul style="list-style-type: none"> • FUENTE <ul style="list-style-type: none"> - Pozo - Manantiales - Ríos - Lagunas • ALMACENAMIENTO <ul style="list-style-type: none"> - Cilindro metal - Bidón plástico - Tanque aéreo - Tanque piso • ABASTECIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> - Red de agua - Domicilio - Carro cisterna - Pileta común 	<p>Lugares de donde se obtiene y se almacena el agua para el consumo humano</p>	<p>Cuestionario Ficha de observación</p>	<p>Cualitativa Ordinal y nominal según los indicadores a medir</p>
		<p>Disposición sanitaria de excretas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excusado conectado al drenaje. • Fosa séptica • Letrina sanitaria 	<p>Disposición sanitaria de los desechos humanos (excremento y orina)</p>		
		<p>Manejo de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Camión recolector • Botadero informal 	<p>Prácticas que se aplican para el</p>		

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUBINDICADORES	DEFINICIÓN OPERACIONAL DEL INDICADOR	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDIDA
		sanitario de residuos sólidos urbanos	<ul style="list-style-type: none"> • Enterrar • Quemar 	manejo sanitario de los residuos sólidos urbanos (basura)		
		Condiciones sanitarias de la vivienda	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuado • Regular • Inadecuado 	Características del aseo dentro de la vivienda y la higiene que practican		
<u>VARIABLE</u> <u>DEPENDIENTE</u> DETERIORO DEL AGUA DE CONSUMO	Contaminación del agua de consumo	Análisis físico bacteriológico del agua de consumo	_Contenido de microorganismo _Cloro residual _Ph _Temperatura	Análisis en el laboratorio de la muestra del agua de consumo humano para estudiar las características bacteriológicas y físicas.	Ficha de muestreo y análisis del agua Ficha de observación Equipo de análisis de agua KIT HACH Equipo de absorción atómica. (Químico) o laboratorio, PH metro Conductímetro Colorímetro	Cualitativa Ordinal y nominal según los indicadores a medir

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es básico, por su incidencia epidemiológica, relaciona variables específicas de importancia en la salud y el recojo de la información de la realidad ha servido para afianzar el conocimiento científico.

3.2. Nivel de investigación

El objetivo para plantear la investigación, el nivel descriptivo, nos ayuda a entender con qué frecuencia ocurre un problema específico, utilizando indicadores epidemiológicos como la prevalencia. Por ejemplo, si estamos investigando un problema como la "Carencia del Saneamiento Ambiental en la ciudad de Cerro de Pasco", realizaríamos un estudio para medir cuántas personas o comunidades carecen de saneamiento adecuado. Esto nos permitiría obtener una imagen clara de la extensión y distribución del problema en una población determinada.

3.3. Métodos de Investigación

El método a utilizarse es el Analítico — Sintético. Además, se utilizó el Auxiliar Estadístico para la presentación y análisis de resultados

3.4. Diseño de Investigación

El diseño de investigación es no experimental, es descriptivo correlacional, para determinar la relación entre las variables: Saneamiento Ambiental (variable independiente) y Deterioro del agua por agentes patógenos (variable dependiente).

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

Fuente de agua de consumo humano que abastece a las familias en los cuatro estratos de la ciudad de Cerro de Pasco que se ha tomado en la investigación.

3.5.2. Muestra

Se tomó 12 muestras de agua de consumo de la laguna y del río San Juan determinadas estratégicamente por presentar mayor homogeneidad en la distribución muestreándose en horarios especiales.

Es importante indicar la presencia aguas lenticas y lóxicas para el muestreo.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se emplearon las siguientes técnicas:

- Análisis Documental: Revisión de los documentos anteriores en relación a los programas educativos.
- Encuesta de Opinión: Una encuesta de opinión sobre aspectos sanitarios del deterioro del agua.
- La Observación y como instrumento la Guía de Análisis de Laboratorio

3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Se utilizaron técnicas estadísticas para el análisis y procesamiento de los datos.

Estadística descriptiva: La estadística descriptiva es una gran parte de la estadística que se dedica a recolectar, ordenar, analizar y representar a un conjunto de datos, con el fin de describir apropiadamente las características de este de las variables de estudio.

Estadística Inferencial: que es un procedimiento más avanzado que nos ha permitido verificar las hipótesis de trabajo apoyándonos en el Software SPSS versión 26.

3.8. Tratamiento estadístico

Se recopilan los datos de la muestra utilizando una ficha de observación, que sigue el esquema detallado que se muestran en el desarrollo del estudio. Una vez recolectados, estos datos se procesan mediante una serie de pasos específicos, que se describen a continuación. Este procedimiento asegura que los datos sean organizados y analizados de manera sistemática y coherente, facilitando así la interpretación y las conclusiones del estudio.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Los resultados del análisis proporcionaron una comprensión integral de cómo son las condiciones de saneamiento básico ambiental que afectan la calidad del agua y de vida del poblador en la ciudad de Cerro de Pasco. La recopilación de datos se realizó mediante la aplicación de cuestionarios: sobre saneamiento básico ambiental en relación al problema de agua de consumo humano. La participación de las familias en la ciudad de Cerro de Pasco fue voluntaria y se llevó a cabo con su consentimiento informado.

A. Proceso de Recolección de Datos

Preparación y Consentimiento: Se informó a los habitantes sobre los objetivos del estudio y el carácter voluntario de su participación. Se aseguró la confidencialidad de sus respuestas. Las instrucciones se leyeron en voz alta antes de la aplicación de los cuestionarios, y se dio un tiempo adecuado para que los participantes pudieran responder con calma a todos los ítems.

B. Instrumentos Utilizados:

- Cuestionario sobre Saneamiento Básico, se evaluó aspectos relacionados con el acceso a agua potable y los problemas de contaminación y otras prácticas relacionadas con el saneamiento.
- Cuestionario sobre el problema de salud del poblador de la ciudad de Cerro de Pasco, se analizó la percepción de los pobladores sobre su bienestar general y los problemas de salud que viene influenciado por diferentes factores como: sociales, económicos y ambiental.

4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados Obtenidos en el Trabajo de Campo.

Cuadro 4:

Fuentes y sistema de abastecimiento de agua de consumo humano según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2017

FUENTES DEL AGUA DE CONSUMO	LUGAR DE RESIDENCIA								TOTAL	
	BARRIO YANACANCHA		POBLACIÓN ANTIGUA		URBANIZA. SAN JUAN		BARRIO PARAGSHA			
Pozo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Manantiales	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Laguna	25	--	25	--	10	--	20	--	80	67
Ríos	--	--	15	--	20	--	05	--	40	33
TOTAL	25	--	40	--	30	--	25	--	120	100
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL AGUA DE CONSUMO	LUGAR DE RESIDENCIA								TOTAL	
	BARRIO YANACANCHA		POBLACIÓN ANTIGUA		URBANIZA. SAN JUAN		BARRIO PARAGSHA			
Red de agua domiciliaria	15	13	22	19	30	25	15	13	82	68
Carro Cisterna	--	--	08	07	--	--	--	--	08	07
Pileta común	10	08	10	08	--	--	10	08	30	25
TOTAL	25	21	40	34	30	25	25	21	120	100

Fuente: Cuadro elaborado por el investigador

Comentario:

Según los datos del presente cuadro, son 120 pobladores encuestados que pertenecen geográficamente a 4 sectores bien identificados: Yanacancha, Chaupimarca, San Juan Pampa y Paragsha. Quienes manifestaron en un 67% (80) que la fuente del agua de consumo es de la laguna y el 33% (40) es de los ríos; así mismo indicaron que el sistema de abastecimiento en un 68% (82) es de la Red de agua, 7% (8) de carro cisterna y 25% (30) de pileta común, pero aclarando de todas maneras que el agua proviene de la luna y de los ríos; por eso se presume que existe alta contaminación.

Cuadro 5:

Disposición sanitaria de excretas según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2017

DISPOSICION SANITARIA DE EXCRETAS	LUGAR DE RESIDENCIA								TOTAL	
	BARRIO YANACANCHA		POBLACIÓN ANTIGUA		URBANIZA. SAN JUAN		BARRIO PARAGSHA			
Excusado conectado a la red de desagüe	12	10	26	22	30	25	17	14	85	71
Fosa sépticas	--	--	09	08	--	--	08	07	17	14
Letrina sanitaria	13	11	05	04	--	--	--	--	18	15
TOTAL	25	21	40	34	30	25	25	21	120	100

Fuente: Elaboración propia

Comentario:

Para el 71% (85) de los elementos en la muestra las excretas son depositadas en un excusado que tiene conexión a la red de desagüe, el 14% (17) afirma que las excretas son depositadas en fosas sépticas y para el 15% en letrinas sanitarias.

Cuadro 6:

Manejo sanitario de residuos sólidos urbanos (basura) según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2017

DISPOSICION RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (BASURA)	LUGAR DE RESIDENCIA								TOTAL	
	BARRIO YANACANCHA		POBLACIÓN ANTIGUA		URBANIZA. SAN JUAN		BARRIO PARAGSHA			
Camión recolector	08	06	14	12	06	05	07	06	35	29
Botadero informal temporal	15	13	26	22	24	20	10	08	75	63
Quemado	02	02	--	—	--	--	08	07	10	08
TOTAL	25	21	40	34	30	25	25	21	120	100

Fuente: Cuadro elaborado por el investigador

Comentario:

Con respecto a los residuos sólidos, el 29% (35) de los pobladores en la muestra indicaron que lo recoge el camión recolector, el 8% (10) afirman que lo depositan en el botadero informal y el 63% (75) que es la gran mayoría indican que los residuos sólidos lo depositan en el botadero informal. Este último resultado si es preocupante, puesto que esta característica coadyuva a la contaminación del agua y del medio ambiente. Es necesario que las autoridades de la Región tomen con responsabilidad este hecho.

Cuadro 7:

Condiciones sanitarias de la viviendas según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2017

CONDICIONES SANITARIA DE LAS VIVIENDAS	LUGAR DE RESIDENCIA								TOTAL	
	BARRIO YANACANCHA		POBLACIÓN ANTIGUA		URBANIZA. SAN JUAN		BARRIO PARAGSHA			
Adecuado	07	06	09	08	11	09	10	08	37	30
Regular	13	11	17	14	15	13	12	10	57	48
Inadecuado	05	04	14	12	04	03	03	3	26	22
TOTAL	25	21	40	34	30	25	25	21	120	100

Fuente: Elaboración propia

Comentario

El presente cuadro estadístico nos está dando a conocer la relación entre las variables Condiciones sanitarias de las viviendas del poblador de Cerro de Pasco y el Lugar de Residencia, del cual se desprende, que para el 30% de los pobladores las condiciones sanitarias de las viviendas son Adecuado, para el 48% es Regular y para el 22% las condiciones sanitarias son Inadecuadas. Considerando las dos últimas categorías de la variable condiciones sanitarias de las viviendas encontramos un 70% de la población en la muestra de estudio que viven en condiciones preocupantes y ello da origen a que las autoridades deben preocuparse por mejorar estas condiciones para coadyuvar con el saneamiento ambiental.

Cuadro 8:

Análisis microbiológico del agua que consume la población de Cerro de Pasco
2017

PUNTOS DE MUESTREO	N° DE COLONIAS DE COLIFORMES — FECALES	N° DE COLONIAS DE COLIFORMES TOTALES	NTU (UNIDADES NEFELO _ METRICAS DE TURBIDEZ)	PPM CLORO RESIDUAL
1	30 NMP/100m1	45 NMP/100 ml	11	00
2	26 NMP/100m1	50 NMP/100 ml	12	00
3	35 NMP/100m1	60 NMP/100 ml	13	00
4	32 NMP/100m1	55 NMP/100 ml	11	00
5	38 NMP/100m1	63 NMP/100 ml	12	00
6	32 NMP/100m1	58 NMP/100 ml	13	00
7	37 NMP/100m1	57 NMP/100 ml	12	00
8	34 NMP/100m1	65 NMP/100 ml	11	00
9	35 NMP/100m1	71 NMP/100 ml	13	00
10	33 NMP/100m1	63 NMP/100 ml	13	00
11	38 NMP/100m1	56 NMP/100 ml	12	00
12	37 NMP/100m1	59 NMP/100 ml	13	00

Comentario

Los resultados cuantificados en el presente cuadro estadístico corresponden a la verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo de agua en Cerro de Pasco, que es materia de la presente investigación. Observamos en consecuencia, que el número de colonias de coliformes fecales en promedio es de 34 NMP/100m1 en los 12 puntos de muestreo; el promedio del número de colonias de coliformes totales es de 59 NMP/100ml y el número de unidades NEFELO-MÉTRICAS DE TURBIDEZ en promedio es de 12.2, así mismo el PM CLORO RESIDUAL es de cero.

La verificación ha conllevado el análisis del agua de los sistemas de distribución que en este caso son el agua de la laguna y el agua de los ríos para determinar la existencia o no de agentes patógenos, como lo veremos en el siguiente cuadro estadístico.

Cuadro 9:

Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los en los sistemas de abastecimiento de agua

Agente Patógeno	Importancia para la vida	Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua	Resistencia al cloro	Inefectividad relativa
Bacterias				
Campylobacter C. coli	Alta	Moderada	Baja	Moderada
Escherichia coli patógena	Alta	Prolifera	Baja	Moderada
E. coli enterohemorrágica	Moderada	Puede proliferar	Baja	Baja
Micobacterias no tuberculosas	Moderada	Moderada	Baja	Moderada
Salmonella nyphi	Alta	Puede proliferar	Baja	Baja
Shigella spp.	Alta	Corta	Baja	Moderada

Fuente: Cuadro elaborado por el investigador

Comentario

El presente cuadro estadístico nos proporciona información acerca de la existencia de diversos tipos de agentes patógenos que se transmiten por el agua de consumo que, por decir verdades, está contaminada. Los agentes patógenos en este análisis son bacterias y que cambian en función de la presencia de una gran variedad de factores como, por ejemplo: el incremento del uso de aguas residuales o el cambio de los hábitos de la población, así como las intervenciones médicas que hacen por lo general favorecer la aparición de agentes patógenos y que influyen de manera significativa en las condiciones de cambio de vida de los pobladores de Cerro de Pasco. La presencia de estas bacterias en su mayoría es alta y moderada; en cuanto a la persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua moderada y son susceptibles de proliferar, pero estos agentes patógenos son de baja resistencia al cloro y la inefectividad relativa en su gran mayoría es moderada.

Con estos resultados podemos afirmar categóricamente que el consumo de agua en Cerro de Pasco está completamente contaminado bacteriológicamente y ello posiblemente de origen a una alta incidencia del brote de enfermedades gastrointestinales, transmitidas muchas veces por el agua

después de períodos de lluvia. Esta ocurrencia debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis encontrados en los laboratorios.

Cuadro 10:

Nivel de saneamiento ambiental según los puntos que contribuyen al deterioro del agua de consumo de la población de Cerro de Pasco 2017

NIVEL DE SANEAMIENTO AMBIENTAL	LUGAR DE RESIDENCIA								TOTAL	
	BARRIO YANACANCHA		POBLACIÓN ANTIGUA		URBANIZA SAN JUAN		BARRIO PARAGSHA			
Bueno	02	02	04	04	08	08	03	03	17	14
Regular	07	06	09	7.5	13	11	06	05	35	29
Malo	16	13	27	22.5	09	7.5	16	13	68	57
TOTAL	25	21	40	34	30	25	25	21	120	100

Fuente: Elaboración propia

Comentario:

El saneamiento ambiental es una variable que juega un rol preponderante dentro el campo de la salud de las personas y que lo podemos definir como el conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental. Comprende el manejo sanitario del agua potable, excreto, los residuos sólidos y el comportamiento higiénico que reduce los riesgos para la salud.

Pero, la realidad en la presente investigación nos presenta un panorama muy preocupante, puesto que, según los resultados al aplicar el instrumento de recolección de datos y cuantificados en el cuadro de referencia encontramos que el 86% en conjunto de los cuatro estratos de lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco su nivel de Saneamiento Ambiental es de regular hacia abajo por no decir Malo y, por el consumo de agua contaminada constituye una población vulnerable a adquirir enfermedades digestivas que es una de las

principales causas de mortalidad en niños de menores de cinco años y del adulto mayor.

Cuadro 11:

Puntos que contribuyen al deterioro del agua que consume la población de Cerro de Pasco 2017

PUNTOS DE DETERIORO DEL AGUA	TOTAL	
	N°	%
CAPTACIÓN	3	25
ALMACENAJE (TANQUE DE DISTRIBUCIÓN)	1	8
RED DE DISTRIBUCIÓN	2	17
ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO	6	50
TOTAL	12	100

Comentario:

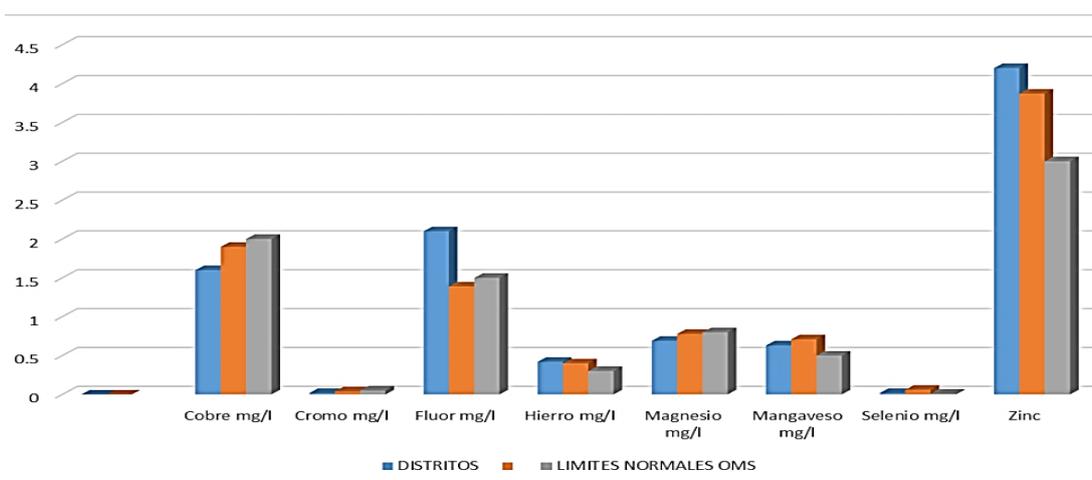
Teniendo en cuenta los datos reportado en el cuadro N° 06, donde se verifica la existencia de agentes patógenos es decir bacterias en el consumo de agua de los pobladores de Cerro de Pasco que a la postre podemos manifestar que beben agua contaminada, lo justificamos por la información que se tiene en el presente cuadro, donde apreciamos que el agua está en condiciones de deterioro porque la mayoría (50%) de los pobladores han manifestado que consumen agua almacenada en cilindros domiciliarios, así como también el 25% manifiesta que captan de la lluvia donde los techos de las casas presentan abundante polvo y eso es un contagio y un peligro para la salud.

Cuadro 12:

Evaluación química del agua de consumo

PARAMETROS	DISTRITOS		LIMITES NORMALES OMS
	YANACANCHA	CHAUPIMARCA	
Cobre mg/l	1.6	1.9	2
Cromo mg/l	0.02	0.04	0.05
Flúor mg/l	2.1	1.39	1.5
Hierro mg/l	0.42	0.4	0.3
Magnesio mg/l	0.69	0.78	0.8
Manganeso mg/l	0.63	0.71	0.5
Selenio mg/l	0.02	0.06	0.01
Zinc	4.2	3.87	3

Fuente: Cuadro elaborado por el investigador



Fuente: Cuadro N° 9

Comentario:

Del cuadro estadístico y su respectivo gráfico podemos indicar respecto al análisis químico del agua de consumo de los pobladores de Cerro de Pasco que existe gran cantidad de metales que lo contaminan, porque sobre pasan los límites permisibles establecidos por la OMS como, por ejemplo, Flúor, Hierro, Manganeso y Zinc. Entonces es necesario que las autoridades políticas se

preocupen por la salud y el bienestar de los ciudadanos pasqueños para mejorar las condiciones de vida.

4.3. Prueba de Hipótesis

1. Formulación de las hipótesis estadísticas.

H0: el deficiente saneamiento ambiental es independiente o no influye directamente en los factores que causan el deterioro del agua por agentes patógenos.

H1: el deficiente saneamiento ambiental influye directamente en los factores que causan el deterioro del agua por agentes patógenos.

2. Nivel de Significación: $\alpha = 0.05$

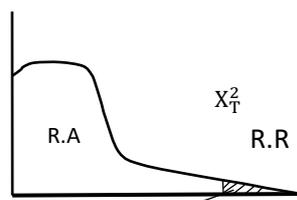
3. Numero de grados de libertad:

$$n = (\text{número de filas} - 1) \times (\text{número de columnas} - 1)$$

$$n = (2-1) \times (3-1) = 2$$

4. Estadístico de prueba: $X^2 = \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$ \longrightarrow Se distribuye
Como una distribución Chi-cuadrado
Con $(8-1)(C-1)$ grados de libertad

5. Determinación de las regiones críticas:



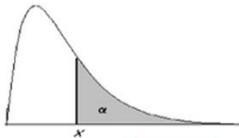
$$\text{Si } X_0^2 \leq X_T^2 = \text{Se acepta } H_0$$

$$X_0^2 > X_T^2 = H_0 \text{ Se rechaza}$$

6. Calcular el valor tabular: X_T^2

De acuerdo a las consideraciones 2 y 3.

Tabla de la distribución chi-cuadrado.
La tabla contiene los valores x tales que $P[\chi_n^2 \geq x] = \alpha$
en función de los grados de libertad (n).



n	0,99	0,98	0,975	0,95	0,90	0,80	0,50	0,20	0,10	0,05	0,025	0,02	0,01	0,001
1	0,0002	0,0006	0,0010	0,0039	0,0158	0,0642	0,4549	1,6424	2,7055	3,8415	5,0239	5,4119	6,6349	10,8274
2	0,0201	0,0404	0,0506	0,1026	0,2107	0,4463	1,3863	3,2189	4,6052	5,9915	7,3778	7,8241	9,2104	13,8150
3	0,1148	0,1848	0,2158	0,3518	0,5844	1,0052	2,3660	4,6416	6,2514	7,8147	9,3484	9,8374	11,3449	16,2660
4	0,2971	0,4294	0,4844	0,7107	1,0636	1,6488	3,3567	5,9886	7,7794	9,4877	11,1433	11,6678	13,2767	18,4662
5	0,5543	0,7519	0,8312	1,1455	1,6103	2,3425	4,3515	7,2893	9,2363	11,0705	12,8325	13,3882	15,0863	20,5147
6	0,8721	1,1344	1,2373	1,6354	2,2041	3,0701	5,3481	8,5581	10,6446	12,5916	14,4494	15,0332	16,8119	22,4575
7	1,2390	1,5643	1,6899	2,1673	2,8331	3,8223	6,3458	9,8032	12,0170	14,0671	16,0128	16,6224	18,4753	24,3213
8	1,6465	2,0325	2,1797	2,7326	3,4895	4,5936	7,3441	11,0301	13,3616	15,5073	17,5345	18,1682	20,0902	26,1239
9	2,0879	2,5324	2,7004	3,3251	4,1682	5,3801	8,3428	12,2421	14,6837	16,9190	19,0228	19,6790	21,6660	27,8767
10	2,5582	3,0591	3,2470	3,9403	4,8652	6,1791	9,3418	13,4420	15,9872	18,3070	20,4832	21,1608	23,2093	29,5879
11	3,0535	3,6087	3,8157	4,5748	5,5778	6,9887	10,3410	14,6314	17,2750	19,6752	21,9200	22,6179	24,7250	31,2635
12	3,5706	4,1783	4,4038	5,2260	6,3038	7,8073	11,3403	15,8120	18,5493	21,0261	23,3367	24,0539	26,2170	32,9092
13	4,1069	4,7654	5,0087	5,8919	7,0415	8,6339	12,3398	16,9848	19,8119	22,3620	24,7356	25,4715	27,6882	34,5274
14	4,6604	5,3682	5,6287	6,5706	7,7895	9,4673	13,3393	18,1508	21,0641	23,6848	26,1189	26,8727	29,1412	36,1239
15	5,2294	5,9849	6,2621	7,2609	8,5468	10,3070	14,3389	19,3107	22,3071	24,9958	27,4884	28,2595	30,5780	37,6978
16	5,8122	6,6142	6,9077	7,9616	9,3122	11,1521	15,3385	20,4651	23,5418	26,2962	28,8453	29,6332	31,9999	39,2518
17	6,4077	7,2550	7,5642	8,6718	10,0852	12,0023	16,3382	21,6146	24,7690	27,5871	30,1910	30,9950	33,4087	40,7911
18	7,0149	7,9062	8,2307	9,3904	10,8649	12,8570	17,3379	22,7595	25,9894	28,8693	31,5264	32,3462	34,8052	42,3119
19	7,6327	8,5670	8,9065	10,1170	11,6509	13,7158	18,3376	23,9004	27,2036	30,1435	32,8523	33,6874	36,1908	43,8194
20	8,2604	9,2367	9,5908	10,8508	12,4426	14,5784	19,3374	25,0375	28,4120	31,4104	34,1696	35,0196	37,5663	45,3142
21	8,8972	9,9145	10,2829	11,5913	13,2396	15,4446	20,3372	26,1711	29,6151	32,6706	35,4789	36,3434	38,9322	46,7963
22	9,5425	10,6000	10,9823	12,3380	14,0415	16,3140	21,3370	27,3015	30,8133	33,9245	36,7807	37,6595	40,2894	48,2676
23	10,1957	11,2926	11,6885	13,0905	14,8480	17,1865	22,3369	28,4288	32,0069	35,1725	38,0756	38,9683	41,6383	49,7276
24	10,8563	11,9918	12,4011	13,8484	15,6587	18,0618	23,3367	29,5533	33,1962	36,4150	39,3641	40,2703	42,9798	51,1790
25	11,5240	12,6973	13,1197	14,6114	16,4734	18,9397	24,3366	30,6752	34,3816	37,6525	40,6465	41,5660	44,3140	52,6187
26	12,1982	13,4086	13,8439	15,3792	17,2919	19,8202	25,3365	31,7946	35,5632	38,8851	41,9231	42,8558	45,6416	54,0511
27	12,8785	14,1254	14,5734	16,1514	18,1139	20,7030	26,3363	32,9117	36,7412	40,1133	43,1945	44,1399	46,9628	55,4751
28	13,5647	14,8475	15,3079	16,9279	18,9392	21,5880	27,3362	34,0266	37,9159	41,3372	44,4608	45,4188	48,2782	56,8918
29	14,2564	15,5745	16,0471	17,7084	19,7677	22,4751	28,3361	35,1394	39,0875	42,5569	45,7223	46,6926	49,5878	58,3006
30	14,9535	16,3062	16,7908	18,4927	20,5992	23,3641	29,3360	36,2502	40,2560	43,7730	46,9792	47,9618	50,8922	59,7022

Niveles de Saneamiento Ambiental

Deterioro del Agua	Saneamiento ambiental			Total
	Eficiente	Medianamente Eficiente	Deficiente	
Alta contaminación de patógenos	12	30	16	58

$$X_T^2 = X^2[1 - \alpha; (r - 1)(C - 1)] = X^2[0,95; (2 - 1)(3 - 1)] = X^2(0,95,2) = 5,992$$

7. Cálculo del valor Experimental: X_0^2

Deterioro del Agua	Saneamiento ambiental			Total
	Eficiente	Medianamente Eficiente	Deficiente	
Alta contaminación de patógenos	12	30	16	58
Baja contaminación de patógenos	17	21	47	85
Total	29	51	63	143

De la tabla de datos:

12	→	11.7622	17	→	17.2378
30	→	20.6853	21	→	30.3147
16	→	25.5524	47	→	37.4476

$$X_0^1 = \frac{(12-11.76)^2}{11.76} + \frac{(17-17.23)^2}{17.23} + \frac{(30-20.68)^2}{20.68} + \frac{(21-30.31)^2}{30.31} + \frac{(16-25.55)^2}{25.55} + \frac{(47-37.44)^2}{37.44}$$

$$X_0^1 = 13.07$$

8. Decisión estadística:

El valor experimental se encuentra en la región de rechazo por lo tanto aceptamos la hipótesis alternativa es decir aceptamos la hipótesis de trabajo.

$$X_0^2 > X_T^2 ; 13.07 > 5.991$$

Esto es; El Saneamiento ambiental y Deterioro del agua es causado por agentes patógenos.

4.4. Discusión de Resultados

Al analizar el Cuadro N° 01 sobre Fuentes de Abastecimientos del agua de consumos humanos, según lugar de residencia de los Pobladores de Cerro de Pasco 2008, observamos que el 67% (80) y el 33% (40) corresponden a lagunas y ríos respectivamente, siendo el Barrio de Yanacancha y la Población Antigua los más beneficiados. En relación al sistema de abastecimiento mediante el sistema de red de agua domiciliario observamos que es la más común (68%) respecto a pileta común (25%), y carro cisterna (7%). En el país, y sobre todo en Cerro de Pasco el acceso al agua es significativo menor que en otros países latinoamericanos, hecho que representa en la morbilidad, específicamente en la población infantil. (1, 2 y 14)

En el Cuadro N° 02 en cuanto a disposición de excretas según lugar de residencia en mayor proporción se realiza en excusado conectado a la red de desagüe (71%) respecto a fosas sépticas (14%) y letrinas sanitarias (15%). La

población de San Juan es la que menor disposición de las excretas (25%). El 45% de familias de Cerro de Pasco carecen de servicios de agua y desagüe, como también deficiencia de servicio higiénicos (61%) y escasas de agua (16%) (7)

En el Cuadro N° 03 sobre manejo sanitario de residuos sólidos urbanos, según lugar de residencia de los pobladores de Cerro de Pasco 2008, observamos que el mayor porcentaje corresponde al botadero informal temporal (63%), respecto al camión recolector (29%) y el quemado (8%).

En Cerro de Pasco todavía existen limitaciones para la disposición final e intermedio de los residuos sólidos, lo que sucede casi en forma similar en otras localidades (7)

Analizando en Cuadro N° 04 en relación a las condiciones sanitarias, la disposición de las excretas en formas generales inadecuado (70%), respecto al adecuado (30%), siendo casi homogénea la distribución en los diferentes barrios. Existe inadecuada práctica de higiene en relación al consumo directo de agua (45%), inadecuado aprovisionamiento de agua como inapropiada disposición de aguas servidas (70%). (3) y (7)

Por otro lado, en el Cuadro N° 05 representa el Análisis Microbiológico observamos que existe contaminación por coliformes totales en casi todos los puntos de muestreo. La Turbidez (NTU) es también manifiesta por la acción microbiológica que se abren, no existiendo presencia de cloro residual. Resultados similares de análisis coliformes que demuestran la contaminación de agua, se obtuvieron por trabajos realizados por Guardián R. (7)

En el Cuadro N° 06 se observa el nivel de saneamiento ambiental, determinándose que el nivel malo es el que predomina (57%), respecto al regular (29%) y bueno (14%), siendo uno de los más deficientes la población antigua (34%). El nivel de saneamiento ambiental está determinado por la presencia de coliformes y otros microorganismos, que indican contaminación

fecal, que contribuyen el aumento de las enfermedades, lo que coinciden otros investigadores. (2), (4) y (14)

Finalmente, en el Cuadro N° 07 se observan los puntos que contribuyen al deterioro del agua que consume la población de Cerro de Pasco, son en primer lugar el de la captación (50%), seguido del almacenamiento domiciliario (25%), la red de distribución (17%) y el almacenaje, correspondiente al tanque de distribución (8%). Uno de los problemas más serios es la carencia de fuentes de agua adecuado para el consumo humano. El agua de mejor calidad debe destinarse al consumo humano y le sigue la importancia la asignada al riego de cultivos por el consumo humano. Mientras mayor sea la concentración de organismos patógenos en el agua o en los alimentos mayor será la probabilidad de que la población enferme, lo que confirman otros estudios. (1), (2) y (18)

CONCLUSIONES

Al término de la investigación podemos concluir lo siguiente:

1. Los factores de abastecimientos del agua de consumo humano, según lugar de residencia en Cerro de Pasco son las lagunas (33%) y los ríos (33%), siendo el Barrio de Yanacancha, la población antigua los más beneficiarios. En cuanto al sistema de abastecimiento, mediante el sistema red de agua domiciliaria (68%) es la más común, respecto a pileta común (25%) y carro cisterna (7%).
2. En cuanto a la disposición de excretos, en el excusado conectado a la red de desagüe (71%) es el más común, respecto a las fosas sépticas (14%) y letrinas sanitarias (15%). La población de San Juan es la que tiene mayor disposición de excretas (25%).
3. En cuanto a la disposición de residuos sólidos urbanos, el mayor porcentaje corresponde al botadero informal temporal (63%), respecto al camión recolector (29%) y el quemado (8%).
4. La disposición de los excretos en forma general es inadecuada (70%), respecto al adecuado (30%).
5. Existe contaminación por coliformes, en casi todos los puntos de muestro, lo que indica contaminación fecal.
6. El nivel de saneamiento es malo (57%), respecto al regular (29%) y bueno (14%).
7. Uno de los más críticos es la población antigua de Chaupimarca (34%).
8. Los puntos que contribuyen al deterioro de agua, que consume la población de Cerro de Pasco, son el de la captación (50%), almacenamiento domiciliar (25%), la red de distribución (17%) y el almacenaje (8%).
9. Podemos concluir que los causantes del deterioro del agua son causados principalmente por los agentes patógenos, lo que confirma la hipótesis planteada.

RECOMENDACIONES

A continuación, se detalla las recomendaciones pueden contribuir significativamente a la reducción de problemas de salud relacionados con la falta de saneamiento básico ambiental en la ciudad de Cerro de Pasco, mejorando así la calidad de vida de las comunidades afectadas:

A. Construcción de Infraestructura de Saneamiento:

- Baños y Letrinas: Construir baños y letrinas adecuadas en áreas rurales y urbanas, asegurando que estén bien diseñados y mantenidos.
- Redes de Alcantarillado: Desarrollar y expandir redes de alcantarillado para recoger y tratar las aguas residuales.
- Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: Establecer plantas de tratamiento de aguas residuales para garantizar que el agua se purifique antes de ser liberada en el medio ambiente.

B. Educación y Sensibilización:

- Programas Educativos: Implementar programas educativos sobre higiene y saneamiento en comunidades y escuelas.
- Campañas de Concienciación: Realizar campañas para sensibilizar a la población sobre la importancia del saneamiento básico y las prácticas higiénicas adecuadas, como el lavado de manos con jabón.

C. Acceso a Agua Potable:

- Pozos y Sistemas de Abastecimiento: Construir pozos y sistemas de abastecimiento de agua potable en comunidades que carecen de acceso a agua limpia.
- Filtración y Tratamiento de Agua: Proveer soluciones de filtración y tratamiento de agua a nivel doméstico, como filtros de cerámica o cloración.

D. Políticas y Regulaciones, Nacionales y Regionales:

- Legislación y Normativas: Desarrollar y hacer cumplir leyes y regulaciones que promuevan el saneamiento y la gestión adecuada de residuos.
- Inversiones en Saneamiento: Aumentar las inversiones públicas y privadas en infraestructura y servicios de saneamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **BRACK, E. ANTONIO & MENDIOLA V. CECILIA, 2014** Ecología del Perú. Edit. Bruño. Pnud.
2. **BROUSETT-MINAYA, M. et al 2018** “Evaluación Físico Química y Microbiológica de agua de consumo humano”. Revista de la división cultural y científica de la U. La Salle. Bolivia.
3. **CALDERÓN COCKBURN; 2010;** Agua y Saneamiento — El caso del Perú rural, Edit. Luna. Lima – Perú.
4. **DIAZ, JOSÉ, 2017** “Microbiología General” Edit. Científica. España.
5. **FRANCISCO MORANTE, 2012,** "Manual de Acciones Municipales de Salud y Saneamiento Ambiental" Edit. INICAM.
6. **Grupo de Investigación para el Desarrollo Sustentable, 2016** “Diccionario de Investigación Científica. Edit. GRIDES Lima – Perú.
7. **GUARDIAN, CH. RICARDO & CASTILLO, P. HITLSER 1997** "Saneamiento Ambiental y Determinación de Contaminantes Bióticos del agua de consumo de Cerro de Pasco" Revista TEORIA Y PRAXIS — UNDAC.
8. **GUARDIAN CH, R. & GUARDIAN Z, C. 2005** “Enfermedades Infecciosas y Antibióticas” Colección de Salud Práctica. Edit. GRIDES. Lima – Perú.
9. **HERNÁNDEZ, I. et al** “Manual de Epidemiología y Salud Pública para licenciaturas y diplomados en ciencias de la Salud” Edit. Médica Panamericana.
10. **INOP- PPEA (PNUMA) 2009** “Recursos Naturales y Desarrollo” Editorial Horizonte. Edición Corregida. Lima – Perú.
11. **LABOR 2010** “Evaluación de la Situación urbano ambiental de la ciudad minera de Cerro de Pasco”
12. **MURRAY, P. et al 2016** “Microbiología Médica” Elsevier Mosby. Madrid España.
13. **Organización Mundial para la Salud (OMS) 2002,** "Biblioteca electrónica sobre agua, saneamiento y salud", Edit. OMS.

14. **PAREDES ESPINOZA, R. C. & QUINTO PERALTA, J. F. 2016**, "Evaluación Física Química y Microbiológica del agua de consumo humano en el Distrito de Palca, Provincia de Tarma. Región Junín.
15. **PEREA, J. 2018** "Epidemiología Básica". Editorial Palomino. Lima – Perú.
16. **REBOLLO FERREIRO, L. F./ Martín — Loeches Garrido, M. 2008 (ed.)** "Agua y saneamiento ambiental en proyectos de emergencia y de cooperación al desarrollo" PRIMERA/ESPAÑA.
17. **RESTREPO PULGARIN, 2010**, "Agua Potable y Saneamiento Ambiental", Edit. Mundo.
18. **SOTOMAYOR, L. 2014** "Análisis de la concentración de microorganismos en el agua para consumo humano" Edit. San Cristóbal, Galápagos. Ecuador.
19. **TAMAYO, J. 2011** "Saneamiento ambiental" Edit. OMS.

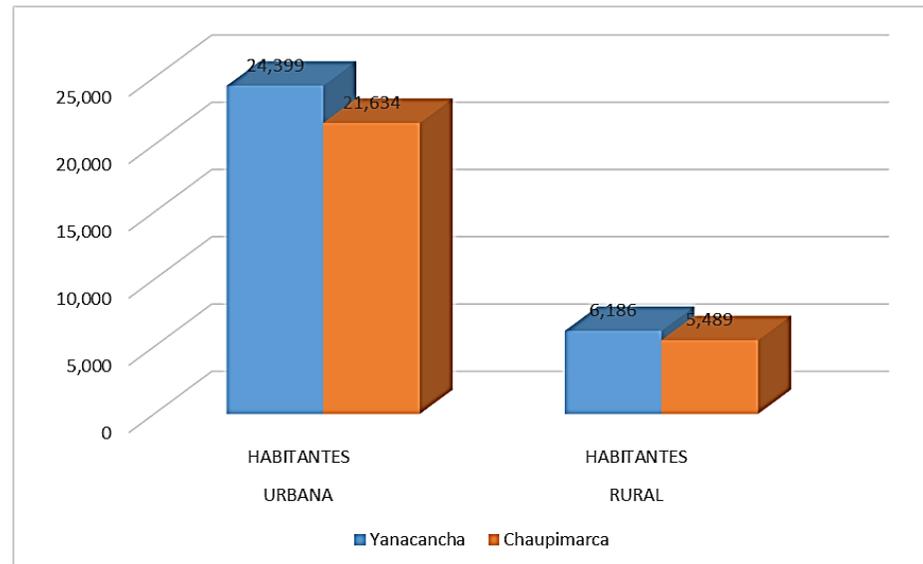
ANEXOS

Instrumentos de Recolección de datos

Distribución de la población de estudio por distritos clasificados por zona de residencia

CUADRO Ni 01

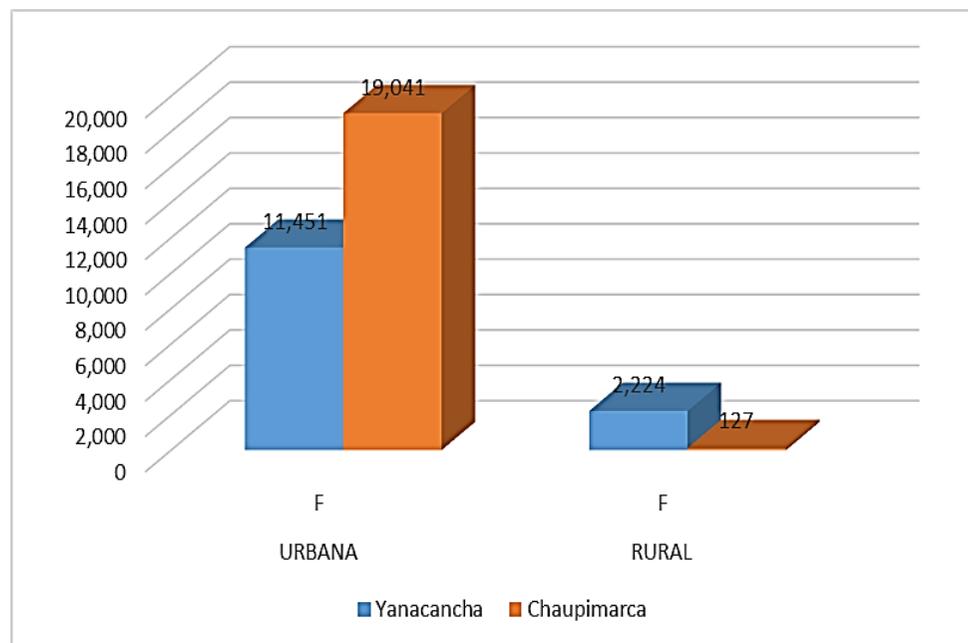
DISTRITOS	TOTAL DE HABITANTES	URBANA		RURAL	
		HABITANTES	%	HABITANTES	%
Yanacancha	30,585	24,399	79.77%	6,186	20.23%
Chaupimarca	27,123	21,634	79.76%	5,489	20.24%
TOTAL	57,708	46,033	79.77%	11,675	20.23%



Viviendas en la población de estudio según área de residencia

CUADRO N° 02

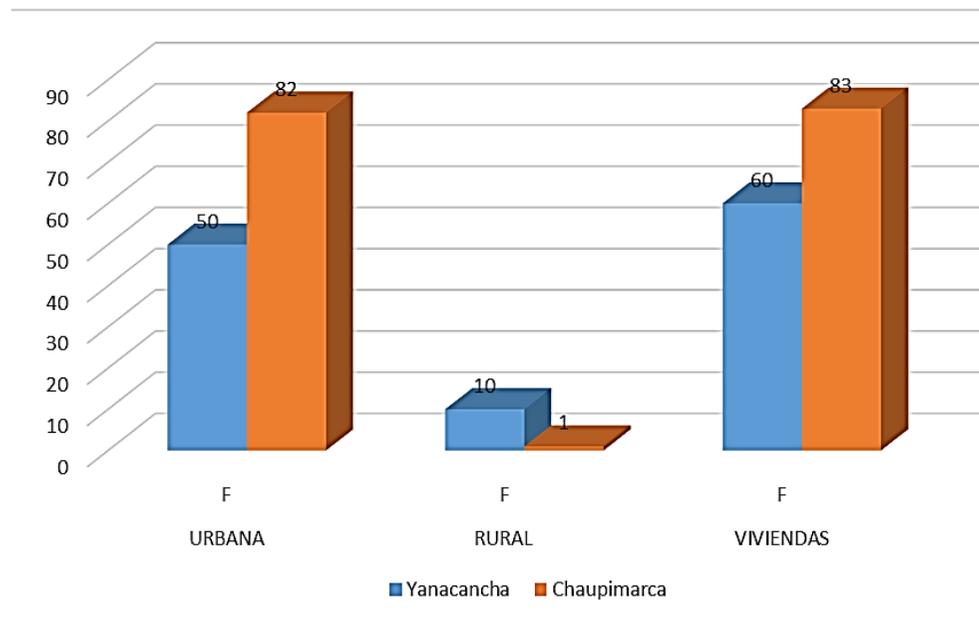
DISTRITOS	TOTAL DE VIVIENDAS		URBANA		RURAL	
	F	%	F	%	F	%
Yanacancha	13,695	100.00%	11,451	83.61%	2,224	16.24%
Chaupimarca	19,168	100.00%	19,041	99.34%	127	0.66%
TOTAL	32,863	100.00%	30,492	92.79%	2,351	7.15%



Viviendas en la muestra de estudio según área de residencia

CUADRO N°03

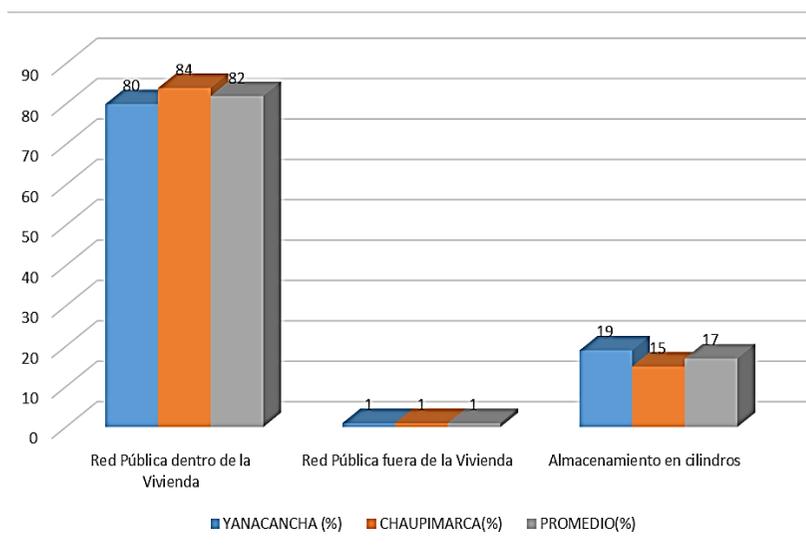
DISTRITOS	URBANA		RURAL		VIVIENDAS	
	F	%	F	%	F	%
Yanacancha	50	34.97%	10	6.99%	60	41.96%
Chaupimarca	82	57.34%	1	0.70%	83	58.04%
TOTAL	132	92.31%	11	7.69%	143	100.00%



Viviendas con acceso a agua potable en la población de estudio

CUADRO N° 04

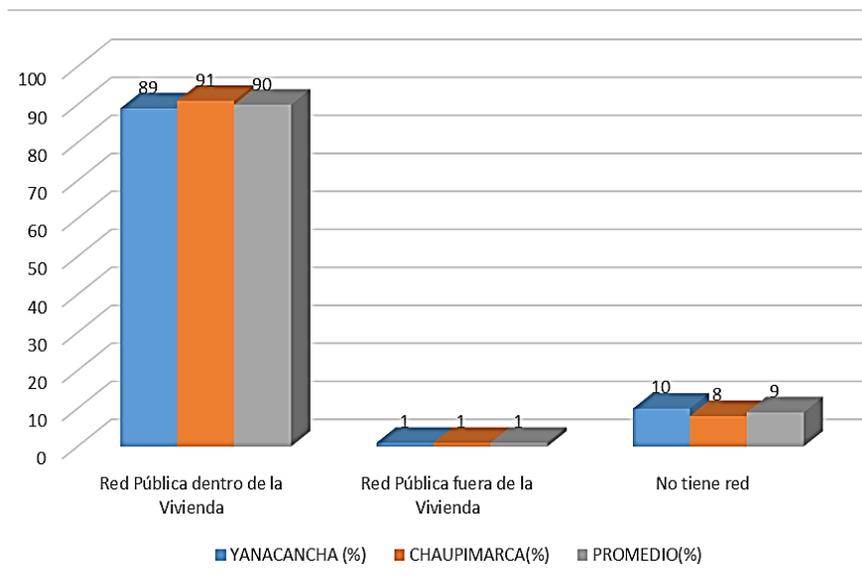
CATEGORIAS	YANACANCHA (%)	CHAUPIMARCA (%)	PROMEDIO (%)
Red Pública dentro de la Vivienda	80	84	82
Red Pública fuera de la Vivienda	1	1	1
Almacenamiento en cilindros	19	15	17



Viviendas con acceso al servicio de desagüe

CUADRADO N° 05

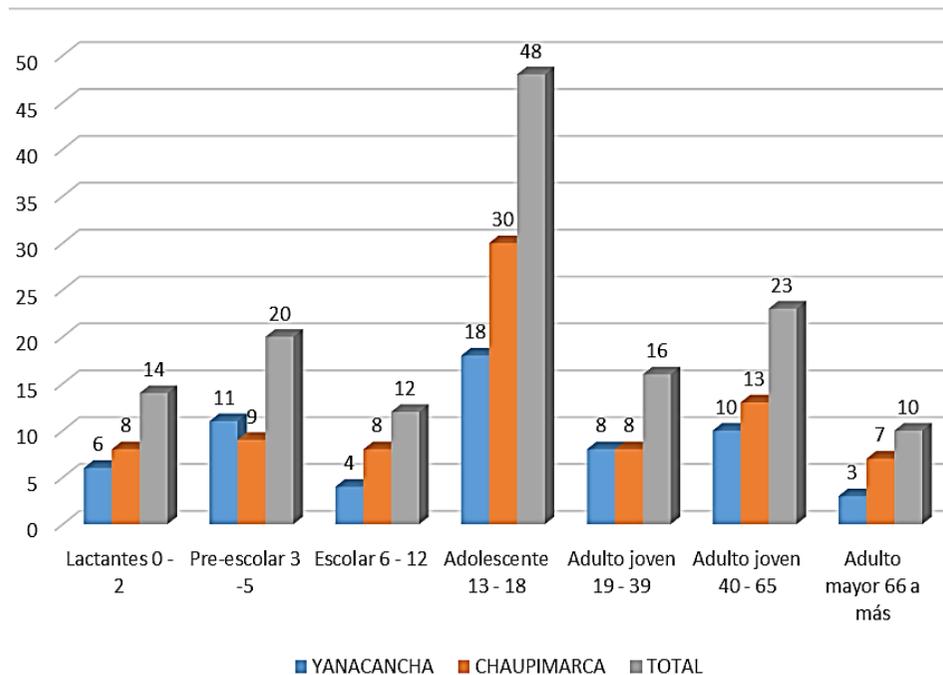
CATEGORIAS	YANACANCHA (%)	CHAUPIMARCA (%)	PROMEDIO (%)
Red Pública dentro de la Vivienda	89	91	90
Red Pública fuera de la Vivienda	1	1	1
No tiene red	10	8	9
TOTAL	100	100	100



Edad de los habitantes en la muestra clasificados por distritos

CUADRO N° 06

EDAD (AÑOS)	YANACANCHA	CHAUPIMARCA	TOTAL
Lactantes 0 - 2	6	8	14
Pre-escolar 3 -5	11	9	20
Escolar 6 - 12	4	8	12
Adolescente 13 - 18	18	30	48
Adulto joven 19 - 39	8	8	16
Adulto joven 40 - 65	10	13	23
Adulto mayor 66 a más	3	7	10
TOTAL	60	83	143

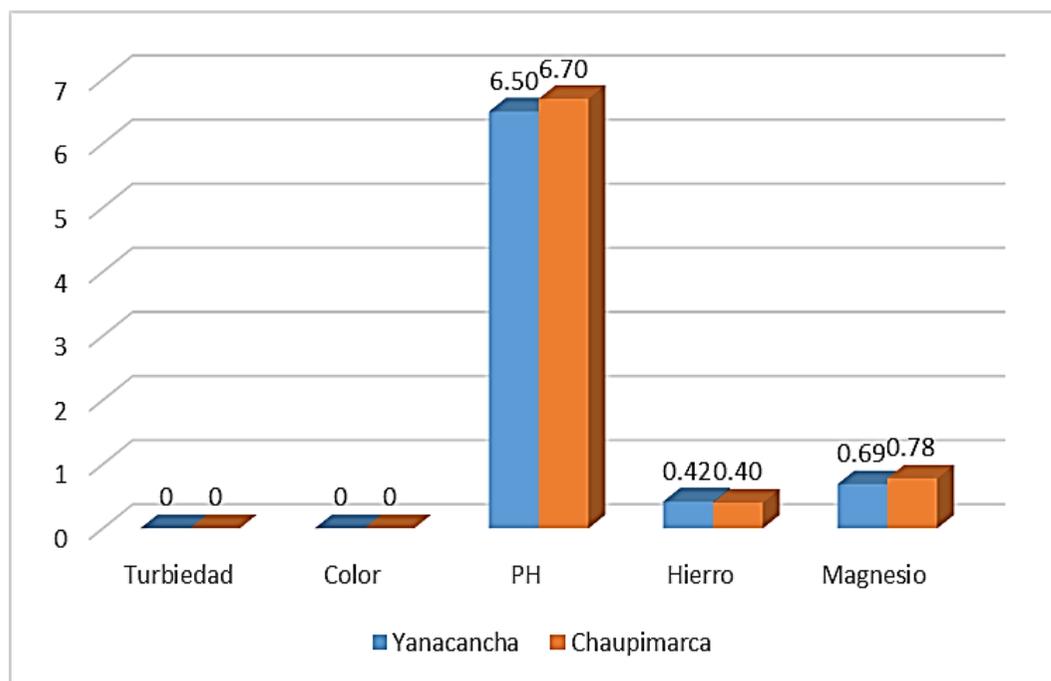


Resultados de la evaluación Química del agua en la población de estudio

Resultados de la evaluación acerca de la calidad de agua potable para consumo

CUADRO N°08

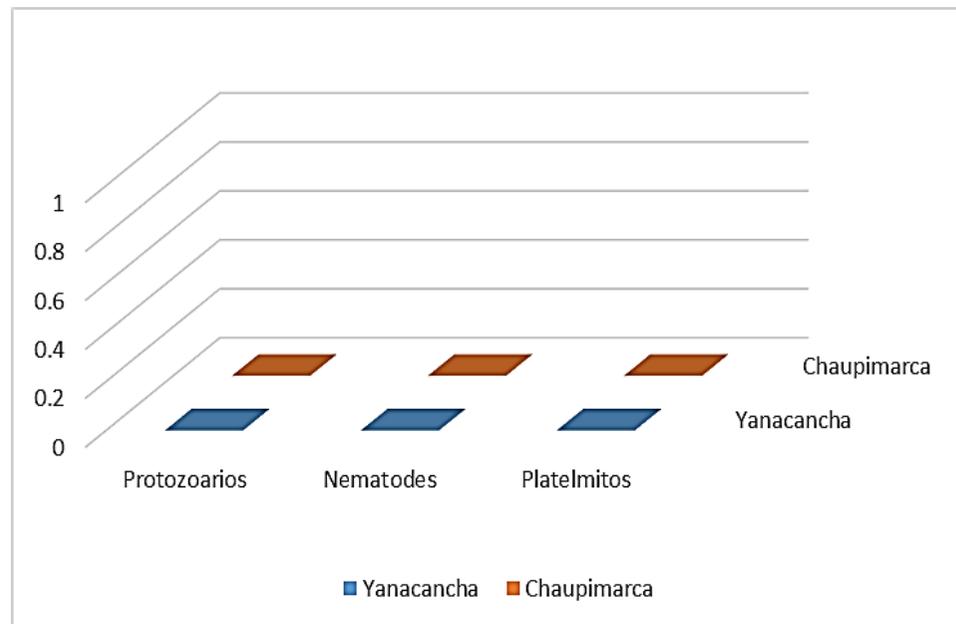
DISTRITO	PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA				
	Turbiedad	Color	PH	Hierro	Magnesio
Yanacancha	SI	Verde	6.5	0.42	0.69
Chaupimarca	SI	Amarillo	6.7	0.4	0.78



Resultados del análisis microbiológico del agua de consumo en la población de estudio

CUADRO N° 09

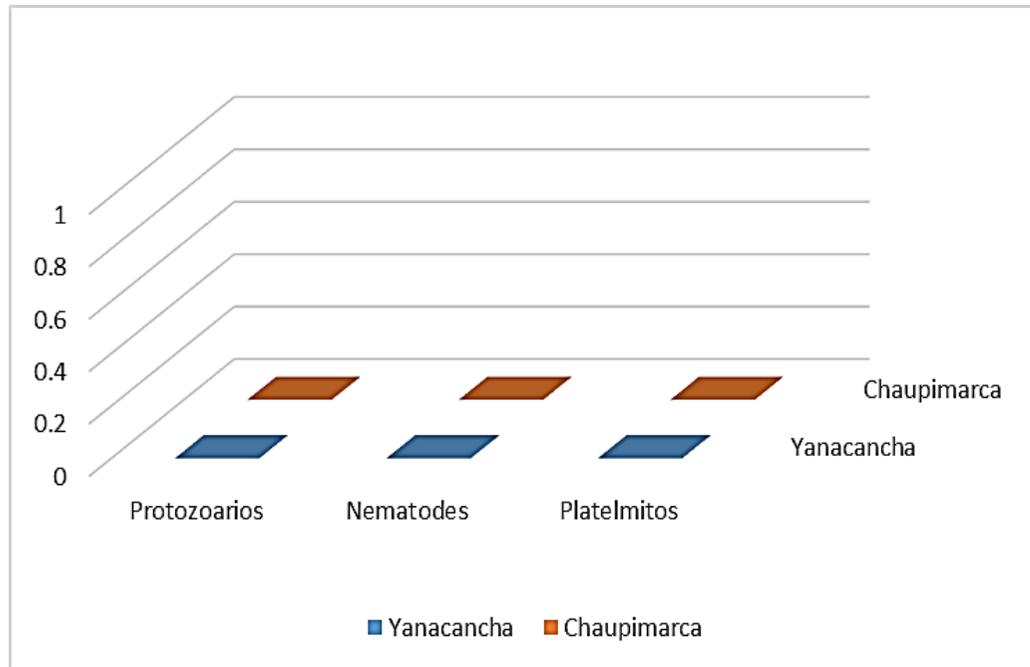
DISTRITO	PARAMETROS DE ANALISIS		
	Protozoarios	Nematodes	Platelmintos
Yanacancha	Amoebas	A. Lumbricoides	T. Solium D. Hepatiral
Chaupimarca	Amoebas	A. Lumbricoides	T. Solium



Condiciones ambientales en la muestra de estudio por distritos según zona de residencia

CUADRO N° 10

DISTRITO	PARAMETROS DE ANALISIS		
	Protozoarios	Nematodos	Platelmintos
Yanacancha	Amoebas	A. Lumbricoides	T. Solium D. Hepatiral
Chaupimarca	Amoebas	A. Lumbricoides	T. Solium



Condiciones ambientales en la muestra de estudio por distritos según zona de residencia

CUADRO N° 10

Actividades	YANACANCHA			YANACANCHA			TOTAL 1	YANACANCHA			YANACANCHA			TOTAL 1	TOTAL
	Urbano		Sub Total	Rural		Sub Total		Urbano		Sub Total	Rural		Sub Total		
	SI	No		SI	No			SI	No		SI	No			
	SI	No	SI	No	SI	No		SI	No	SI	No				
Dotación y Control de agua potable	36	14	50	6	4	10	60	70	12	82	0	1	1	83	143
Manejo o tratamiento de aguas residuales domésticas	40	10	50	6	4	10	60	70	12	82	0	1	1	83	143
Gestión de residuos sólidos	20	30	50	6	4	10	60	70	12	82	0	1	1	83	143
Control de Contaminación de suelo	26	24	50	6	4	10	60	70	12	82	0	1	1	83	143
Control de Saneamiento de viviendas	22	28	50	6	4	10	60	70	12	82	0	1	1	83	143
Control de saneamiento de alimentos	40	10	50	6	4	10	60	70	12	82	0	1	1	83	143
Hacinamiento de las familias en las viviendas	40	10	50	6	4	10	60	56	26	82	0	1	1	83	143
Convivencia con animales domésticos	35	15	50	6	4	10	60	70	12	82	0	1	1	83	143
Prevención de Enfermedades	12	38	50	6	4	10	60	70	12	82	0	1	1	83	143

Procedimiento de validación y confiabilidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:

“Saneamiento ambiental y deterioro del agua causado por agentes patógenos – Cerro de Pasco”

INVESTIGADOR: Bach. Edgar Elisban BAO YALE

0=Deficiente 1=Regular 2=Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS/ITEMS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado	2									
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables		2								
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			2							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				1						
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					2					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias						2				
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos							2			
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones								2		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico									2	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado										2
TOTALES		2	2	2	1	2	2	2	2	2	2

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA

TITULO PROFESIONAL/ GRADO ACADEMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN:
INGENIERO FORESTAL

CARGO U OCUPACIÓN: DOCENTE AUXILIAR



FIRMA

DNI N° 19928414

Pasco, 23 de febrero del 2022

Puntaje total = TOTALES/20

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:

“Saneamiento ambiental y deterioro del agua causado por agentes patógenos – Cerro de Pasco”

INVESTIGADOR: Bach. Edgar Elisban BAO YALE

0=Deficiente 1=Regular 2=Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS/ITEMS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado	2									
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables		2								
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			2							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				1						
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					2					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias						2				
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos							2			
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones								2		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico									1	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado										2
TOTALES		2	2	2	1	2	2	2	2	1	2

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: M Sc. Eleuterio Andrés Zavaleta Sánchez

TITULO PROFESIONAL/ GRADO ACADEMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN:
MAESTRO EN CIENCIAS FISICAS.

CARGO U OCUPACIÓN: DOCENTE PRINCIPAL

Pasco, 23 de febrero del 2022

Puntaje total = TOTALES/20



.....
FIRMA

DNI N° 17821184

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:

“Saneamiento ambiental y deterioro del agua causado por agentes patógenos – Cerro de Pasco”

INVESTIGADOR: Bach. Edgar Elisban BAO YALE

0=Deficiente 1=Regular 2=Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS/ITEMS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado	2									
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables		2								
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			1							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				1						
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					2					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias						2				
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos							2			
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones								2		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico									1	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado										2
TOTALES		2	2	1	1	2	2	2	2	1	2

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Mg. Julio Antonio Asto Liñan

TITULO PROFESIONAL/ GRADO ACADEMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN:
MAESTRO EN QUIMICA

CARGO U OCUPACIÓN: DOCENTE PRINCIPAL

Pasco, 21 de febrero del 2022

Puntaje total = TOTALES/20



 FIRMA
 DNI N° 18203025

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)