



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“LA CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN AL USO  
CONSUNTIVO PARA LA AGRICULTURA Y MUNICIPAL  
DE LOS POBLADORES DE LA RIBERA DEL RIO  
MARCAHUASI DEL DISTRITO DE ABANCAY 2015”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**DAVID ARNOLD BARRIENTOS PUMA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AMBIENTAL**

**APURIMAC-P E R U**

**MAYO, 2015**

*A victoria, Carlos, Nadia y Frank, por quienes se y siento que, nadie más que yo, nadie menos que yo. Si no hay nadie más que yo a nadie le tengo miedo y si no hay nadie menos que yo, a todo mundo sirvo. Y porque representan la mayor fortaleza para ser cada día una mejor persona.*

*David Arnold*

## **AGRADECIMIENTO**

A Carlos David Barrientos Contreras, mi padre, por quien aprendí que todo mundo me dirá que es lo mejor para mí y no querrán que busque respuestas, si no que crea en la de ellos. Y por tener la paciencia suficiente para poder soportarme.

A Victoria Puma Tito, mi madre, por acompañarme siempre y por representar en mi vida el sentimiento más puro de amor. A ella quien es la mujer que me enseñó que la humildad y la fuerza de voluntad es lo último que se debe perder en esta vida.

A la Blga. Elena Elvira Gonzáles Mamani, por el apoyo profesional brindado para la elaboración del presente trabajo de investigación, durante el tiempo que duró la realización del mismo.

A mis familiares, amigos y amigas de siempre, personas especiales para mí que incluso en la distancia han estado al tanto del avance de este trabajo hasta al fin concluirlo, gracias por los ánimos y las buenas vibras.

A la bióloga Gladys Yeshenia Canaza Ramos, por el apoyo profesional brindado para el análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del presente trabajo de investigación, durante el tiempo que duro la realización del mismo.

## **RESÚMEN**

El agua es el recurso natural más valioso de la tierra, sin ella no existiría vida. Alrededor del 71% de la corteza terrestre está cubierta por agua. A pesar de ser tan abundante, solo un reducido porcentaje es utilizable para el consumo humano.

Si se quisiera describir el término “consumo humano”, se diría que es el uso del agua para el contacto con los seres humanos. El término es muy amplio ya que al considerar contacto humano se refiere a beber el agua, utilizarla para la limpieza de alimentos, limpieza de materiales, entre otras actividades. El agua es un recurso muy cuidadoso, a pesar de ello se desperdicia este líquido vital en actividades rutinarias con menor importancia y no se cuida que el ciclo regular de ésta llegue a completarse adecuadamente, por lo que cada vez se va reduciendo el volumen de agua potable.

Se está viviendo una época crucial donde el correcto y racional uso del agua podría cambiar el curso de la vida de las personas dentro de los próximos años. El Perú es un país que tiene la suerte de contar con aguas superficiales y subterráneas que proporcionan y llegan a satisfacer una considerable cantidad de personas con este vital líquido. Además, los usos consuntivos y no consuntivos de los seres humano es tan alto en relación a la masa de agua dulce disponible, que con el tiempo se ve afectado en la calidad, de manera muy significativa, por lo que cada vez la preocupación de controlar esta degradación es muy importante ya que es el principal elemento para la vida y su desarrollo.

En el Perú no se ha logrado solucionar el tema de la obstrucción del ciclo correcto de utilización del agua, debido a que el agua debe pasar por procesos de tratamiento después de ser empleada, para finalmente destinarla por efluentes adecuados hacia sus orígenes. En algunos lugares se han centrado solo en almacenar aguas residuales domésticas o verterlas directamente a los ríos, lagos y mares que producen no solo problemas en la salud, sino, también

en el medio ambiente, no olvidar una falta de control operacional por las entidades prestadoras de agua.

En el presente trabajo se dará un alcance de la situación real del distrito de Abancay en el tema de calidad del agua y sus usos consuntivos. Haciendo entender cuál es la consecuencia porque es afecta la calidad del agua durante las actividades diarias de los pobladores rivereños del rio Marcahuasi, mostrando resultados de análisis de calidad del agua, fichas de recolección de datos, gráficos estadísticos, pruebas de normalidad y encuestas realizadas a los pobladores en relación a usos consuntivos para la agricultura y municipal del agua. Para así ver en qué estado realmente se encuentra el agua y como afecta o afectara sus actividades cotidianas.

## SUMMARY

Valuable natural resource of the earth, without it there would be no life. Around 71% of the earth's crust is covered by water. In spite of being so plentiful, only a small percentage is used for human consumption.

Of you would like to describe the term "human consumption", i would say it is the use of water for human contact. The term is very large because consider human contact refers to drink the water, use it to clean food, cleaning materials, among other activities. The water resource is a very careful, in spite of this is wasted this vital liquid in routine activities with minor and he cares not that the regular cycle of this reaches to complete adequately, so that increasingly is reducing the volume of drinking water.

Is living in an era where the crucial correct and rational use of water could change the course of the life of the people within the next few years. Peru is a country which is fortunate to have with surface water and groundwater that provide and arrive to meet a considerable amount of people with this vital liquid. In addition, the consumptive and non-consumptive use of the human beings is so high in relation to the mass of fresh water available, which with time is affected in the quality, very significantly, so that each time the concern to control this degradation is very important because that is the main element for life and its development.

In the Peru has not managed to resolve the issue of the obstruction of the cycle of correct use of the water, due to the fact that water must go through processes of treatment after being used, for finally motorcar by effluent suitable toward its origins. In some places have focused only in store or domestic wastewater effluents directly into rivers, lakes and seas that produce not only problems in the health, but also in the environment, not to forget a lack of operational control by providers of water.

In the present work will be given a range of the real situation of the district of Abancay in the issue of water quality and its consumptive uses. Doing understand which is the consequence because it affects the quality of the water during the day-

to-day activities of the inhabitants of the river rivereños Marcahuasi, Showing results of analysis of water quality and surveys of the settlers in relation to its water uses. To see the state is actually the water and how it affects or will affect their daily activities.

## **SÍNTESIS**

Uno de los principales problemas ambientales que la humanidad viene enfrentando actualmente es la escases del único recurso que nos mantienen vivos, el agua dulce. Este a la vez origina problemas actuales relacionados con el agua muy severa en el mundo. En muchas regiones la reserva natural es crítica, la calidad es inadecuada, los usos incorrectos, los servicios son exiguos, no alcanza la inversión económica para cubrir los rezagos y menos aún para atender la demanda creciente.

Esta investigación se fundamenta por cuanto pretende contribuir realizando una descripción de la calidad del agua del rio Marcahuasi en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal del distrito de Abancay y representa una sólida e importante base para la implementación de medidas de prevención y mitigación del problema de contaminación del rio Marcahuasi.

## INDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
RESUMEN.....	3
SUMMARY.....	5
SÍNTESIS.....	7
ÍNDICE.....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	12
DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
Espacial.....	13
Temporal.....	13
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	13
Problema general.....	13
OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
Objetivo general.....	14
FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
Hipótesis general.....	14
VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
Variable independiente.....	14
Variable dependiente.....	14
Operacionalización de variables.....	15
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
Tipo de investigación.....	16
Nivel de investigación.....	16
Métodos de investigación.....	16
Diseño de investigación.....	16
POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
Población.....	17
Muestra.....	17
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	18

Técnicas.....	18
Instrumentos.....	18
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
Justificación.....	19
Importancia.....	21
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
BASES TEÓRICAS.....	29
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	106
CAPITULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	111
CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	111
ANALISI CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES.....	122
PRUEBAS DE NORMALIDAD.....	122
CAPITULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	147
PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL.....	147
CAPITULO V: DISCUSIONES DE RESULTADOS.....	153
CONCLUSIONES.....	153
RECOMENDACIONES.....	154
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	155
ANEXOS.....	159

## INTRODUCCIÓN

Los problemas actuales relacionados con el agua son muy severos en el mundo. En muchas regiones la disponibilidad natural es crítica, la calidad es inapropiada, los servicios son insuficientes, no alcanza la inversión económica para cubrir los rezagos y menos aún para atender la demanda creciente; las actividades productivas compiten por el agua, y el cambio climático incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las personas en un gran número de países. Otro indicador de la crisis del agua es el creciente número de conflictos que se originan por la competencia por el recurso entre habitantes de una misma ciudad, entre regiones de un país y entre países. Asimismo, la falta de capacidad de aplicación de la ley, debido a que a las autoridades les resulta cada vez más difícil aplicar medidas de administración del agua, agrava la crisis (PNUMA 2004).

La cobertura total de agua potable en América y el Caribe es de 84,59%. De esta proporción, 92,98% corresponden al área urbana y 61,22% a la rural, lo que refleja una real desigualdad en el acceso. Los porcentajes de población sin servicio de agua potable son cinco veces más altos en las zonas rurales que en las urbanas. En la relación entre pobreza y enfermedad, el agua y el saneamiento insuficiente constituyen a la vez la causa y el efecto: los que no disponen de un servicio de agua suficiente son generalmente los más pobres. Si se pudiera abastecer a esta población con un servicio básico de agua potable y saneamiento, la morbilidad por diarrea se reduciría en 17% anual (Méndez 2014).

Además de la escasez del agua, tenemos como tema importante la evaluación de la calidad del agua en función al uso consuntivo de los pobladores riveros del río Marcahuasi. Donde la contaminación ha alterado el ciclo regular del agua durante años y cada vez en mayores cantidades. Esto significa que la naturaleza provee de agua y se devuelve en su mayoría contaminada.

Se encuentran diferentes tipos de usos consuntivos del agua, como uso industrial, uso municipal, uso agrícola y uso minero. En este trabajo se centra en la evaluación de la calidad del agua y como es usada en la vida diaria por los

pobladores rivereños del río Marcahuasi. En la actualidad muchas personas desconocen la calidad del agua que utilizan y sus beneficios potenciales. Por ejemplo, en el caso de la agricultura, la calidad del agua adecuada es un agua con nutrientes adecuados para las tierras de sembrado.

Alrededor del mundo existen casos que son ejemplos claros de la importancia de la calidad del agua en sus diferentes usos. Un ejemplo es en Honduras, un país donde hay muchos factores no paralelos a la realidad del cual estamos sometidos en Perú, algunos indicadores claros tenemos la contaminación por aguas residuales, residuos sólidos y residuos de la actividad minera y agropecuaria, estos contaminantes afectan la calidad del agua de un sistema hídrico, es frecuente que las condiciones de estos fluctúen, por eso es importante realizar mediciones periódicas para evaluar y mantener las tendencias de calidad del agua. Este proyecto no debe ser solo una solución técnica, sino debe incluir un análisis de las implicaciones sociales, políticas, ambientales y culturales. Por otra parte, el crecimiento económico y el aumento de viviendas en las zonas ribereñas podrían generar problemas en la calidad del agua, además de diferentes problemas hídricos. Estos problemas también podrían ser una oportunidad de mejoramientos en el sistema de agua, desagüe y calidad de vida.

En el capítulo tres abordaremos el tema de génesis del agua, calidad del agua, contaminantes fisicoquímicos y bacteriológicos y usos del agua (consuntivo y no consuntivo). Dicho capítulo también incluye la problemática de los contaminantes del agua en los seres vivos. También se mostrara como las buenas ideas de mejora con ingeniería trazan un panorama donde la economía, sociedad y el ambiente pueden relacionarse y trabajar en conjunto.

Finalmente el producto de todos los planteamientos en el capítulo uno y cuatro se mostraran en el capítulo cinco, donde se indican cuáles han sido las técnicas métodos y muestran que se realizaron para poder realizar este trabajo de investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El agua se considera como uno de los medios ecológicos más propicios para el desarrollo de la vida. Con sus características físicoquímicos y biológicos que facilita la posibilidad de ser un medio de transporte eficiente de nutrientes y productos de desecho necesarios para la complementación en los ciclos biológicos. El agua también brinda un medio de transporte de contaminantes en los ecosistemas hídricos, motivo de preocupación por el deterioro de la calidad al que están sometidas nuestras fuentes de agua.

En adición, en el río Marcahuasi se viene registrando problemas de contaminación, principalmente deteriorando la calidad del agua por la incorporación de agentes contaminantes por las actividades de los habitantes del centro poblado de Marcahuasi. García (2002) indica que el término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar.

Así mismo, el río Marcahuasi al ser efluente del río Mariño también contribuye en su deterioro en la calidad de aguas superficiales al descargar sobre éste sus aguas posiblemente contaminadas. En adición a lo anterior, el crecimiento demográfico en las riberas de los ríos genera residuos, los cuales conllevan a la contaminación de los cuerpos de agua, deteriorando su calidad y uso que se le pueda dar.

De tal forma, para medir la calidad del río Marcahuasi se emplean diversos parámetros e índices que permiten cuantificar el grado de alteración de sus características naturales.

Por último, existen pobladores en zonas medio y bajas que hacen uso consuntivo principalmente agrícola y municipal de este recurso, lo cual están propensos a adquirir enfermedades por consumo directo como por consumo indirecto. En relación al contexto desarrollado, surgen las siguientes interrogantes:

¿Cómo es la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015?

## **1.2 . DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Espacial**

Esta investigación recopilara y analizara la información referente a la calidad de agua del río Marcahuasi en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay, Apurímac, Perú. Delimitado por los centros poblados de Nuevo Horizonte, San Isidro y Asillo (distrito de Tamburco-Abancay). Al sur este de Abancay.

### **1.2.2. Temporal**

El objeto de la investigación tomara como punto de partida el mes de mayo del dos mil quince hasta el mes de diciembre del presente año, por considerar ser un periodo que permitirá establecer los objetivos planeados.

## **1.3 . PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Problema General**

¿Cómo es la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del rio Marcahuasi del distrito de Abancay 2015?

## **1.4 . OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo General**

Conocer la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del rio Marcahuasi del distrito de Abancay 2015.

## **1.5 . FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Hipótesis General**

La calidad del agua no califica en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del rio Marcahuasi del distrito de Abancay

## **1.6 . VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1 Variable Independiente**

Calidad del agua

### **1.6.2 Variable Dependiente**

Uso consuntivo del agua (uso para la agricultura y municipal).

### 1.6.3 Operacionalización de Variables

Cuadro 01: operacionalización de las variables dependientes e independientes

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE			
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE
Calidad del agua	fisicoquímicos	pH	Unidades de pH
		Conductividad eléctrica	uS/cm
		Calcio	mg/L
		Magnesio	mg/L
		Sodio	mg/L
		Potasio	mg/L
		Cloruros	mg/L
		sulfatos	mg/L
		Bicarbonatos	mg/L
		Carbonatos	mg/L
		Hierro	mg/L
		Boro	mg/L
		Oxígeno disuelto	mg/L
		Solidos disueltos	mg/L
	Sólidos totales	mg/L	
Dureza	mg/L		
	Temperatura	Grados centígrados	
	Microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL
		Coliformes totales	NMP/100 mL
Uso consuntivo del	Uso municipal	Comercial	Número de personas
		Domestico	Número de personas
		Publico	Número de personas
		Residencial	Número de

agua			personas
	Uso para la agricultura	Riego de cultivos	Número de personas
		Agua para consumo de ganadería	Número de personas

## 1.7 . DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

### 1.7.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo simple, debido a que no hay manipulación de la variable, esta se observa y se describe tal y como se presenta en su entorno natural; de modo que en este caso, permita describir la calidad del agua en función al uso consuntivo de los pobladores de la ribera del rio Marcahuasi del distrito de Abancay.

### 1.7.2 Nivel de Investigación

La investigación es de nivel básico, ya que esta investigación busca y aumenta la teoría, por lo tanto se relaciona con nuevos conocimiento.

### 1.7.3 Método de Investigación

La presente es una investigación no experimental, indaga sobre la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables.

### 1.7.4 Diseño de Investigación

El diseño optado para esta investigación es el de diseño transversal descriptivo; debido a que tengo como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables.

## 1.8 . POBLACIÓN Y MUESTRAS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.8.1 Población

El universo estuvo compuesto por un total de 265 familias de todo el recorrido del río Marcahuasi del distrito de Abancay, desde el puente del centro poblado nuevo Horizonte hasta el centro poblado de Asillo, dividido y organizado en tres (3) centros poblados: el centro poblado de asillo, san Isidro y nuevo horizonte.

Figura 01: figura satelital del universo en estudio.



Fuente: Google Earth

### 1.8.2 Muestra

La población utilizada como muestra está enmarcada por un total de 265 familias que habitan a las riberas del río Marcahuasi. Por consiguiente el conteo de las familias encuestadas es de un individuo por familia. Resultando un total de 265 encuestas del total del universo.

A un tamaño de población de 265 familias, por observación directa se optó por una muestra de 265 individuos por familia.

## **1.9 . TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **1.9.1 Técnicas**

#### **a. Encuestas**

Se utilizara una encuesta estructurada que consta de un total de 8 preguntas relacionadas a la variable para usos consuntivos del agua, dividido en dos etapas; la primera dimensión para el uso municipal con 5 preguntas y para el uso para la agricultura con 3 preguntas.

#### **b. Observación científica**

Se utiliza la percepción sistemática y dirigida a captar los aspectos más significativos de los objetos, hechos, realidades sociales y personas de los tres centros poblados ribereños del río Marcahuasi en el contexto donde se desarrollan normalmente. Todo estos acontecimientos se registrarán mediante un cuaderno de notas.

### **1.9.2 Instrumentos**

Se utilizar los siguientes instrumentos de procesamiento:

#### **a. Ficha de recolección de datos.**

Ficha donde se encuentra formulado los parámetros de las variables que se requieren para poder analizar los indicadores requeridos para que sea posible determinar la calidad del río Marcahuasi en función al uso consuntivo (para la agricultura y uso municipal). Esta ficha

está diseñada de tal forma que al obtener los resultados sean plasmados ordenadamente y de fácil entendimiento, para poder diferenciar las dimensiones, los indicadores y su índice.

#### **b. Gráficos estadísticos**

Un gráfico estadístico es una representación visual de una serie de datos estadísticos. Es una herramienta muy eficaz, ya que presenta la información de forma sencilla, clara y precisa, no induce al error, facilitando la comparación de datos y destaca las tendencias y las diferencias.

#### **c. Tabla de Distribución de Frecuencias.**

Tabla donde se encuentran la agrupación de datos de categorías mutuamente excluyentes que indican el número de observaciones en cada categoría. Presenta las observaciones clasificadas de modo que se pueda ver el número existente en cada clase. Estas agrupaciones de datos suelen estar agrupadas en forma de tablas.

### **1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.10.1 Justificación**

Con el presente trabajo de investigación se pretende determinar y evaluar la calidad del río Marahuasi en relación al uso consuntivo (uso municipal y uso para la agricultura). Ya que preservando esta agua lograremos mantener sustentablemente el desarrollo humano en relación a sus usos que le den, donde Hernández (2010) indica que la necesidad de cuidar las aguas continentales (ríos, lagunas, humedales, aguas subterráneas) está entre los más importantes recursos del planeta. Hoy se encuentran amenazadas por la urbanización descontrolada, el desarrollo industrial, la deforestación, la conservación de ecosistemas para uso

agrícola y ganadero, por el uso excesivo y por contaminación. Los recursos de aguas continentales no constituyen solamente una riqueza en biodiversidad, sino que conforman un recurso esencial para la sustentabilidad de las sociedades humanas.

El agua si se llega a alterar sus características naturales, puede llevar a un estado nocivo para la salud humana como para los animales, que requieren de esta agua para satisfacer sus necesidades básicas, por lo que Auge (2002) explica que el agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente. La provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial, 1200 millones de habitantes no tiene acceso a una fuente de agua segura. Las enfermedades por aguas contaminadas matan más de 4 millones de niños al año y 20% de todas las especies acuáticas de agua dulce están extintas o en peligro de desaparecer.

Los principales problemas que nos conllevan a una crisis por el agua dulce es la pobreza de los pobladores, ya que no cuentan con las tecnologías convencionales y no convencionales, tanto por desconocimiento y desinterés de estos pobladores para minimizar, mitigar o eliminar los posibles factores que conlleven a la contaminación de estas fuentes de aguas. Fernández (2004) muestra que la situación del agua que nos enfrentamos, a comienzos de este siglo XXI, está llegando a una crisis motivada principalmente por una mal gestión, por un empleo de métodos inadecuados en la utilización de la misma. El síntoma más evidente y causa de esta crisis del agua es la pobreza. Son las poblaciones pobres las que, en su vida cotidiana, sufren todo tipo de enfermedades relacionadas con la escasez o contaminación del agua, con necesidades básicas de alimentación insatisfechas y las que viven en un entorno degradado y peligroso.

MINAM (2010) acata que la disponibilidad y gestión integrada del recurso hídrico en el Perú, cuenta con importantes recursos hídricos

superficiales (lagos, lagunas, ríos, quebradas, manantiales, etc.) distribuidos en 159 unidades hidrográficas: 62 en la región hidrográfica del pacífico, 84 en la del amazonas y 13 en la del Titicaca, siendo los principales problemas con relación a la disponibilidad de agua, son el escaso tratamiento de los efluentes o aguas servidas, incremento del estrés de agua y la escasa eficiencia del riego; a ello se suma la limitada gestión de los recursos hídricos en forma integral y transectoriales con enfoque de cuenca y aplicación de políticas y estrategias multisectoriales de recuperación de cuencas muy deterioradas para su rehabilitación gradual.

En el distrito de Abancay contamos con fuentes de agua dulce, nevados, lagunas y manantes, por lo tanto contamos con el agua necesaria para satisfacer las necesidades básicas de los pobladores de la ciudad de Abancay, por lo que sin una calidad óptima de estas aguas para los usos que le demos afectaremos al ambiente, la salud humana y la biodiversidad. La superintendencia nacional de servicios de saneamiento (2014) menciona que en el distrito de Abancay cuenta con seis fuentes de abastecimiento de agua, 5 subterráneas (manantes) y una superficial (laguna Rontoccocha), los cuerpos de agua de acuerdo a los exámenes de calidad físico-químicos y bacteriológicos, sólo requieren desinfección simple. Cabe mencionar que es necesario el tratamiento de estas aguas para mejorar su calidad, ya que por el crecimiento demográfico a rivera de cuerpos de agua conllevara a la generación de contaminantes orgánica e inorgánica que generaran más problemas en la salud por el uso consuntivo que se le da para las actividades antropológicas.

### **1.10.2 Importancia**

La importancia de esta investigación es la conservación, control y mitigación de la calidad del agua en función al uso cotidiano que se le dé diariamente. Enfocándose en el uso para la agricultura y el uso municipal. Ya que, si se llega a alterar sus características naturales, puede llevar a un estado nocivo para la salud humana como para los

animales, que requieren de esta agua para satisfacer sus necesidades básicas.

El agua natural o pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente. La provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial, 1200 millones de habitantes no tiene acceso a una fuente de agua apta para el consumo.

Las enfermedades por aguas contaminadas matan más de 4 millones de niños al año y 20% de todas las especies acuáticas de agua dulce están extintas o en peligro de desaparecer. Por ende esta investigación será base importante para un llamado de atención a las instituciones pertinentes, cual es la realidad de la calidad del agua del río Marcahuasi.

## CAPITULO II

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 2.1 . ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Grupo Técnico sobre las Aguas Servidas de Arequipa (2006) realizo la investigación con el título: Informe Técnico sobre la calidad del agua en Arequipa en los ríos Chili y Sabandía. Alcanzando realizar el diagnóstico que, confirma el grave problema de contaminación sin tratar en Arequipa. Logrado mediante los métodos de monitoreo y análisis fisicoquímicos y biológicos principalmente en los parámetros (DBO<sub>5</sub> y coliformes fecales). Por lo cual se llegó a los resultados siguientes:

- ✓ Volumen recolectado: 1 136 L/s, 98 163 m<sup>3</sup>/día, 35 829 665/año.
- ✓ Población servida : 579 903 / 836 748 = 69 % de cobertura
- ✓ Número de conexiones : 150 000 , Longitud de redes : 950 Km
- ✓ Índice de tratamiento : 10% del Vol. P. Chilpina 1961, 119 L/s
- ✓ N° de atoros: 3 650/año a causa de 365 TM de basura.
- ✓ Carga Orgánica DBO<sub>5</sub>: 30 TMD domésticas y 13 TMD industrial.
- ✓ Carga Bacteria vertida al río: 100 000 billones bacterias fecales/día
- ✓ Carga de parásitos intestinales: Doscientos mil millones/día

Grupo Técnico sobre las Aguas Servidas de Arequipa (2006) llegaron a las siguientes conclusiones: el mayor riesgo hacia la población se genera por la contaminación por aguas servidas medianamente tratadas y aguas servidas sin tratar. En las últimas décadas se observa un proceso de concentración y consolidación de centros urbanos, por un proceso migratorio rural-urbano. Dando lugar a asentamientos humanos no planificados (invasión) dentro del esquema de desarrollo urbano, generando mayor demanda de servicios de saneamiento básico, en especial de agua, desagüe y tratamiento de aguas servidas, superando la capacidad de atención de la infraestructura existente.

Teniendo en cuenta la concentración poblacional y la situación actual de la infraestructura de tratamiento de las aguas servidas, es prioritaria la atención y solución de los problemas en este rubro en la provincia de Arequipa, pero sin descuidar la atención de las otras provincias. El vertimiento de las aguas servidas tratadas ineficientemente tanto en Arequipa Metropolitana como en las provincias altas andinas y de la costa, ha incrementado los índices de las enfermedades gastrointestinales. Por último recomienda que: la implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas para la ciudad de Arequipa, para tratar las aguas servidas generadas, es necesario tomando en cuenta el informe ya mencionado. Desarrollo de módulos de tratamiento de aguas servidas o disposición de excretas para pequeñas poblaciones. Crear un comité multisectorial para el problema sanitario de las aguas servidas. Realizar una evaluación de la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Chilpina, a nivel técnico y ambiental y realizar un diagnóstico sobre la operación de las plantas de tratamiento construidas en la región Arequipa, a nivel provincial y distrital.

Mitchell (1991) indica en su manual de campo de proyectos de ríos, cuyo título es la calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Donde menciona que son muchos los factores que pueden afectar la calidad del agua de un sistema hídrico, es frecuente que las condiciones de estos fluctúen, por eso es importante realizar mediciones periódicas para evaluar las tendencias de calidad del agua. Utilizando el método de índice estándar, llamado el índice de calidad del agua (ICA), el cual es el más usado de todos los índices de calidad de agua existentes. Otros indicadores son evidentes cuando la contaminación de las aguas es de origen orgánico. Cuando existe mucho material orgánico presente en los arroyos, los microorganismos presentes, crean una demanda de oxígeno bioquímico, lo cual permite solamente la sobrevivencia de organismos tolerantes a bajas condiciones de oxígeno. La presencia de algas y otras plantas acuáticas, son también indicadoras de exceso de nutrientes en el agua, lo cual conlleva a la eutrofización provocando serios efectos en la vida acuática al privar de oxígeno y luz. Así, mismo, llego a los siguientes resultados: El ICA no resultó un indicador de salud acuática adecuado para esta microcuenca. Según este, el agua

de las diferentes fuentes superficiales es apta para el consumo humano, sin embargo, la presencia de coliformes fecales, turbidez, sólidos suspendidos, disueltos y totales, así como bajos valores de pH, especialmente en la Quebrada Agua Amarilla, provoca que el agua sea insegura para el consumo humano, por lo tanto, su empleo debe ser reservado, inclusive para riego. La influencia de la vegetación riparia en la calidad del agua mostró poseer una influencia significativa en la temperatura del agua. Cambios notables en la temperatura del agua fueron observados cuando el grado de cobertura forestal experimentó una reducción significativa en una franja de 150 m, a ambos lados del cauce.

Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Catalunya (2007) realizó la investigación que lleva como título: descripción de usos y presiones de la cuenca fluvial de Catalunya-España. Alcanzando realizar la caracterización, cuantificación y pronóstico de las necesidades de agua en el distrito de cuenca fluvial de Catalunya, con la condición de que debe servir de base a la planificación hidrológica en este ámbito. Mencionado que la demanda de agua es la cantidad necesaria para llevar a cabo una determinada actividad. Por otra parte el uso del agua es el agua realmente utilizada en esta actividad. A menudo la demanda y el uso del agua son términos coincidentes, mientras que el uso acostumbra a ajustarse a las necesidades. No obstante existen determinados casos, como los agrícolas, en que los caudales realmente captados pueden diferir de las necesidades reales expresadas en los puntos de captación, a causa de la propia variabilidad hidrológica, a requerimientos hídricos de ecosistemas que conviven con los cultivos o a carencias en la distribución y/o aplicación del agua, llegando a los resultados: los usos consuntivos predominantes en el DCFC son los usos urbanos (con un 52% sobre el total), seguidos de la demanda de los sectores agrícola (con un 32,4%), ganadería (1,5%), industria (13,2%) y los usos recreativos (0,7%). Como conclusiones indica que: La morfología de los márgenes de los ríos y de las zonas húmedas puede verse muy alterada por determinados usos del suelo, tanto urbanos como agrícolas y hortícolas. Las actividades extractivas, las plantaciones de freatófitos, la construcción de infraestructuras de retención de agua y los encauzamientos y canalizaciones utilizados para proteger los usos del suelo en zonas inundables comportan pérdidas de hábitat y alteran la dinámica natural de los cursos fluviales. Algunas

de estas infraestructuras, principalmente presas y azudes, pueden dificultar o incluso impedir la movilidad de algunas especies de fauna vinculadas al río, especialmente los peces. Con anterioridad se ha hablado de los usos del suelo dentro del espacio fluvial, pero hay que tener en cuenta también que los usos del suelo en el conjunto de cada cuenca son una de las principales fuentes de presión a las que están sometidas las masas de agua. El crecimiento urbano, el desarrollo industrial y la aparición del turismo tienen efectos directos sobre los sistemas acuáticos. La concentración de actividades generadoras de aguas residuales, el incremento en la demanda de los recursos hídricos, el incremento de la contaminación difusa, la ocupación del espacio fluvial y la disminución de la capacidad de recarga de acuíferos por impermeabilización de la cuenca son problemáticas que, aunque han sido tratadas por separado en apartados anteriores, comparten un origen común: el uso urbano del suelo. La introducción de especies invasoras de flora y fauna comporta habitualmente una simplificación de los ecosistemas, desplaza y elimina especies autóctonas y puede alterar profundamente los hábitats. Las masas de agua más alteradas por la presencia de especies invasoras son los embalses, pero también los ríos, los lagos, las zonas húmedas y, potencialmente, las aguas costeras. La capacidad invasora y los daños potenciales asociados a determinadas especies las convierte en especialmente problemáticas y obliga a diseñar estrategias específicas para evitar su proliferación por último llevo a; Del total de masas de agua en el DCFC, 316 (82,1%) se encuentran afectadas por una o más presiones de las descritas en este capítulo, mientras que en las 69 (17,9%) restantes no se han detectado presiones significativas que puedan comprometer su estado.

Estadísticas del Agua en México (2004) realizó la investigación con el título: usos fuera del cuerpo de agua o uso consuntivo en México. Alcanzando realizar el uso consuntivos en la agricultura, abastecimiento público e industria. Menciona que no se sabe con exactitud cuánta agua se utiliza en el país; sin embargo, se cuenta con el Registro Público de Derechos de Agua (Repda) en el cual se tienen los volúmenes concesionados o asignados a los usuarios de aguas nacionales. Se infiere que los usuarios utilizan aproximadamente el mismo volumen que tienen concesionado o asignado y se considera que la gran mayoría

de los usuarios ya se encuentran inscritos en el REPDA. Por lo que se llegó al resultado siguiente:

Cuadro 02: Volúmenes de agua concesionados para usos fuera del cuerpo de agua

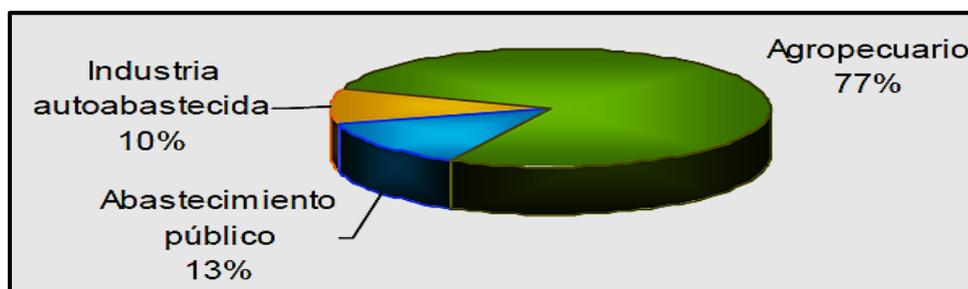
Uso	Origen		Volumen total	Porcentaje de extracción
	superficial	Subterráneo		
Agropecuario	38.3	17.8	56.1	77
Abastecimiento público (incluye industria conectada a la red)	3.3	6.3	9.6	13
Industria autoabastecida (incluye termoeléctricas)	5.3	1.6	6.9	10
Total Nacional	46.9	25.7	72.6	100

Fuente: Estadísticas del Agua en México (2004)

Notas: En el uso agropecuario se incluyen volúmenes de agua que se encuentran en proceso de regularización.

- a. Incluye los usos agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros.
- b. Incluye los usos público urbano y doméstico.
- c. Incluye los usos industria autoabastecida, agroindustria, servicios, comercio y termoeléctricas.

Figura 02: Volúmenes de agua concesionados para usos fuera del cuerpo de agua



Fuente: Estadísticas del Agua en México (2004)

Estadísticas del Agua en México (2004) llegaron a las siguientes conclusiones: Se estima que a diciembre de 2002 las industrias del país generaban un caudal de 171 m<sup>3</sup>/seg de aguas residuales, de este caudal el 15.3% (26.2 m<sup>3</sup>/s) recibió tratamiento. En las plantas de tratamiento industriales se removió aproximadamente el 17% de la carga orgánica generada por las industrias (medida en términos de demanda bioquímica de oxígeno o DBO5). En las redes de alcantarillado municipales del país se colectaba un caudal de 203 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales, de este caudal el 27.6% (56.1 m<sup>3</sup>/s) recibió tratamiento. En las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales se removió aproximadamente el 19% de la carga orgánica contenida en las aguas residuales colectadas por el alcantarillado (medida en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO5) y por ultimo cabe aclarar que los usos pecuario, acuacultura, múltiples y otros, sólo representan el 6.3% del volumen de agua empleado en este rubro.

Ministerio de Salud (2009) consumo la investigación con el título: estándares de calidad ambiental de agua en usos agropecuarios y bebida de animales. Logrando realizar la conservación de la calidad de las aguas continentales superficiales de manera que sean aptas para uso agrícola y de bebida de animales domésticos, maximizando los beneficios sociales, económicos, medioambientales y culturales. Teniendo los siguientes alcances: los estándares de calidad ambiental establecidos para este uso son de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional para aguas superficiales continentales dirigidas para uso agrícola y crianza de animales.

Ministerio de Salud (2009) tomaron como criterios los siguientes puntos:

- Los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua deben ser diseñados de acuerdo a la realidad tecnológica y económica del País y su aplicación depende en mayor o menor grado de la viabilidad social, económica, ambiental e institucional que se pretenda ejecutar al corto, mediano y largo plazo.
- El procedimiento para establecer las concentraciones aceptables de varios contaminantes es bastante complicado, debido al inadecuado

conocimiento que se tiene sobre los efectos de toxicidad de los contaminantes sobre la salud de la población, animales y las plantas.

- En relación a la fijación de las concentraciones de cada contaminante, cada país tiene su propia problemática, aunque todos estén de acuerdo en lograr estándares de calidad aceptable.

Ministerio de Salud (2009) logro obtener los siguientes resultados: La propuesta presenta la siguiente clasificación:

- Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto.
- Parámetros para bebida de animales.

Cada clasificación cuenta con una lista de parámetros que serán denominados Estándares de Calidad Ambiental, los cuales se sustentan en una ficha técnica.

Ministerio de Salud (2009) llego por último a las siguientes conclusiones:

- Los estándares de calidad ambiental para el uso 03 han sido establecidos en base a los guías de FAO, OMS y Canadiense y de normas de calidad del agua establecidos por Chile, Ecuador, Paraguay, Venezuela y Honduras.
- Los estándares de calidad ambiental para riego de vegetales y bebida de los animales, servirán como un instrumento de gestión ambiental para garantizar no solo alimentos de calidad para la población sino para la conservación de los recursos hídricos en áreas de producción agrícola.

## **2.2 . BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Origen de la Vida**

Auge (2002) indica que existen varias teorías sobre el origen de la vida en nuestro planeta, pero las más aceptadas refieren que la misma se produjo hace unos 3.500 millones de años por un proceso denominado abiogénesis, que significa la generación de seres vivientes a partir de sistemas inertes, mediante procesos inorgánicos. Luego de la aparición de la vida, los primeros organismos vivos del tipo unicelular (integrados por una sola célula) se desarrollaron en el agua. Sin agua no existiría la vida, porque las plantas y los cultivos se alimentan con los minerales que tiene el suelo, pero para poder asimilarlos deben estar disueltos. También el agua es uno de los componentes fundamentales de los seres vivos. Así, alrededor del 70% del peso de los bebés es agua, pasando al 60% en los jóvenes y adultos y al 50% en los ancianos. De la superficie total de la Tierra, algo más del 70% está ocupado por el agua que forma los océanos y mares.

Auge (2002) señala que el agua es una de las sustancias más nobles que existen en la naturaleza. Puede presentarse en los 3 estados de la materia (líquido, sólido y vapor) y mantenerse durante largo tiempo (años) conservando su calidad, si no es afectada por contaminación. El volumen total de agua en nuestro planeta no ha variado en los últimos 30 a 40 mil años, pero si ha sufrido un deterioro notorio en la calidad, debido al crecimiento de la población y de las actividades asociadas.

### **2.2.2. Concepto y Características del Agua**

Auge (2002) indica que el agua es una sustancia inodora, insípida e incolora que se puede presentar en tres estados físicos: sólido, líquido y gaseoso. La unidad de agua está formada por dos compuestos: hidrógeno y oxígeno; por eso se le conoce como  $H_2O$  y es químicamente neutra (pH 7). El agua hierve a  $100^{\circ}C$  a nivel del mar, pero en la altura su punto de ebullición disminuye. Se congela a  $0^{\circ}C$  a nivel mar; sin embargo en zonas de mayor altura, el agua se congela a menor temperatura. Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos por

disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias. Esto hace que las aguas dulces pueden presentar un elevado número de sustancias en su composición química natural, dependiendo de diversos factores tales como las características de los terrenos atravesados, las concentraciones de gases disueltos, etc. Entre los compuestos más comunes que se pueden encontrar en las aguas dulces están: como constituyentes mayoritarios los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos. Como constituyentes minoritarios los fosfatos y silicatos, metales como elementos traza y gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono. El agua de lluvia presenta los cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), los aniones  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y dióxido de carbono, oxígeno, ozono, nitrógeno, argón, etc.

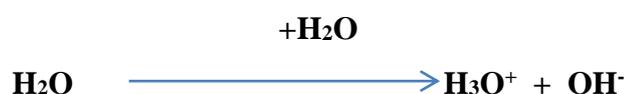
El agua es un elemento básico para mantener la vida del planeta tierra. Todo ser vivo necesita del agua para mantenerse, crecer y desarrollarse, la requerimos para beber, para nuestra higiene, la producción de alimentos, las actividades industriales, la generación de energía hidroeléctrica y otras actividades industriales. Cuando las personas no disponen de agua, en cantidad y calidad suficientes, están propensas a contraer enfermedades relacionadas con el agua. Por lo que debemos cuidarla como un verdadero tesoro. Por tanto, debemos tener en cuenta que el agua tiene un ciclo natural hidrológico (Auge 2002).

### **2.2.3. Propiedades del Agua e Importancia Biológica.**

Auge (2006) señala que el agua es un componente esencial de todo ser vivo, siendo el disolvente general biológico. Se trata de una biomolécula de naturaleza inorgánica que representa el medio en el que ocurren la mayoría de las reacciones celulares del metabolismo, siendo la sustancia más necesaria para la vida. Los organismos vivos son por ello

dependientes del agua para su existencia. Existe además una relación clara y directa entre el contenido de agua y la actividad fisiológica del organismo. Posee una importancia cuantitativa ya que viene a representar el 75 % del cuerpo de los seres vivos. Esta proporción varía de unas especies a otras y de unos tejidos a otros. La importancia del agua para las células vivas refleja sus propiedades físicas y químicas, propiedades que radican en su estructura molecular (Auge 2006), indica que las propiedades del agua son:

- ✓ **Elevado calor específico:** Al calentar el agua, parte de la energía se utiliza para romper puentes de hidrógeno y no tanto para aumentar su temperatura, lo que supone que incrementos o descensos importantes en la temperatura externa, únicamente producen pequeñas variaciones en el medio acuoso. Hace falta 1 Kcal. Para elevar 1 °C la temperatura de 1 litro. Esta propiedad hace posible que tenga función termorreguladora.
- ✓ **Elevado punto de ebullición:** Dado que los puentes hidrógeno deben romperse para pasar al estado gaseoso, su punto de ebullición es mucho más elevado que el de otros compuestos líquidos. Esta propiedad implica que es un líquido en la mayor parte de la superficie terrestre en la mayoría de las estaciones.
- ✓ **Alta constante dieléctrica:** Su naturaleza dipolar hace que sea un buen disolvente frente a gran cantidad de sustancias como, las sales minerales y compuestos orgánicos neutros con grupos funcionales hidrófilos.
- ✓ **Alta tensión superficial:** Es debida a la gran cohesión entre las moléculas.
- ✓ **Bajo grado de ionización:** sólo una molécula de cada 551.000 de agua se encuentra ionizada:



Esto explica que la concentración de iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  y de los iones  $\text{OH}^-$  sea muy baja, concretamente de  $10^{-7}$  por litro, ( $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ ). Dado los bajos niveles de estos iones, si al agua se le añade un ácido o una base, aunque sea en poca cantidad, estos niveles varían bruscamente. En los líquidos biológicos, sin embargo, y pese a estar constituidos por agua en su mayoría, la adición de ácidos o bases no varía apenas la concentración de iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  y  $\text{OH}^-$ . Esto es debido a que los líquidos biológicos contienen sales minerales y moléculas orgánicas disueltas que pueden ionizarse en mayor o menor grado actuando como disoluciones amortiguadoras. Este efecto se denomina efecto tampón (Auge 2006).

- ✓ **Elevada cohesión molecular:** El hecho de ser un fluido dentro de un amplio margen de temperatura permite al agua dar volumen a las células, turgencia a las plantas e incluso actuar como esqueleto hidrostático en algunos animales invertebrados. También explica las deformaciones que sufren determinadas estructuras celulares, como el citoplasma y la función mecánica amortiguadora que ejerce en las articulaciones de los animales vertebrados, constituyendo el líquido sinovial que evita el contacto entre los huesos (Auge 2006).
- ✓ **Elevada capacidad de disolvente:** Las moléculas de agua, debido a su carácter polar, tienden a disminuir las atracciones entre los iones de las sales y los compuestos iónicos, facilitando su disociación en forma de aniones y cationes y rodeándolos por dipolos de agua que impiden su unión. Esta tendencia del agua a oponerse a las atracciones electrostáticas viene determinada por su elevada constante dieléctrica. Por lo tanto, el agua es el principal disolvente biológico, permite el transporte en el interior de los seres vivos y su intercambio con el medio externo, facilitando el aporte de sustancias nutritivas y la eliminación de productos de desecho. Además, constituye el medio en el que se realizan la mayoría de las reacciones bioquímicas (Auge 2006).

#### 2.2.4. Ciclo Hidrológico

Auge (2002) muestra que las ideas de los filósofos griegos y romanos sobre el origen del agua superficial y la subterránea tuvieron vigencia hasta el siglo 17 y se basaban en que la lluvia no era suficiente para abastecer el caudal de los ríos y que el suelo carecía de la permeabilidad necesaria para permitir la infiltración. Por ello, el funcionamiento hidrológico, tal como se lo conoce en la actualidad, recién fue descubierto en el siglo 17, por dos investigadores franceses: Pierre Perrault y Edmè Mariotté y constituyen el punto de partida de la hidrología como ciencia. Perrault, midió la lluvia durante 3 años en la cuenca alta del Sena y el escurrimiento del río; concluyó que el volumen de agua precipitada era 6 veces mayor que la escurrida superficialmente. De esta forma se demostró la falacia de que las lluvias eran insuficientes para alimentar manantiales y ríos. Mariotté, llega a resultados similares en lo referente a la relación precipitación escurrimiento superficial y también define con precisión infiltración y circulación del agua subterránea. Posteriormente, Edmund Halley realizó mediciones de evaporación en el Mar Mediterráneo, demostrando que el volumen evaporado era suficiente para suplir la cantidad de agua que retorna a través de los ríos. La ecuación que expresa el funcionamiento del ciclo hidrológico es:

$$P = Evt + Es + I$$

Leyenda:

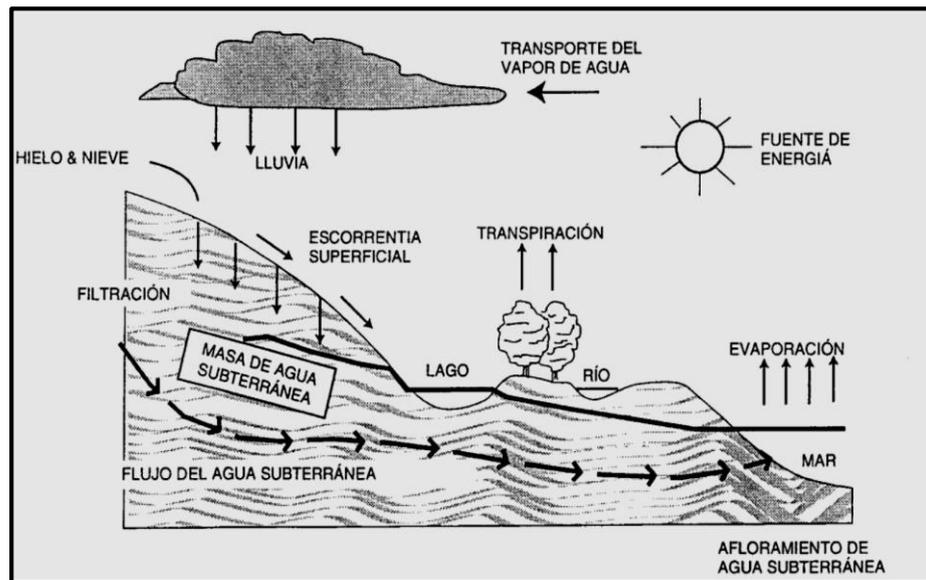
P: precipitación

Evt: evapotranspiración

Es: escorrentía

I: infiltración Precipitada.

Figura 03: ciclo del agua



Fuente: Auge (2002).

### 2.2.5. Distribución del Agua en el Planeta

Auge (2006) señala que la distribución del agua en nuestro planeta, se desprende un neto predominio de las aguas marinas (más del 97% del total) que evidentemente constituyen la reserva más importante para los usos corrientes del futuro (agua potable, riego, uso industrial). Lamentablemente, al presente, el costo de la desalación del agua de mar es muy elevado, por lo que sólo existen pocas plantas de tratamiento en el mundo, donde no hay otra alternativa para la provisión (Kuwait - Israel) o en sitios turísticos con alto poder económico (Islas Canarias). La mayor concentración de agua dulce (1,9%) se ubica en los casquetes polares en forma de hielo, lejos de los ámbitos poblados. De las aguas continentales, el volumen almacenado hasta unos 1.000 m de profundidad (0,5%) supera con amplitud al que instantáneamente pueden contener los ríos y los lagos del mundo (0,02%). Algunos ríos, sin embargo, tienen caudales sorprendentes, caso del Río de la Plata que con un módulo de 20.000 m<sup>3</sup>/s, sería hábil por sí solo para abastecer a la población mundial actual (6.000 millones), a razón de 290 L/día por habitante. De cualquier manera, el agua superficial está más expuesta a la contaminación y generalmente es mucho más cara, por el tratamiento que

necesita para su potabilización, que la subterránea. Por ello, en la mayoría de los países desarrollados, que se caracterizan por optimizar los usos de los recursos naturales, el empleo de agua subterránea para consumo humano, supera apreciablemente al del agua superficial.

Cuadro 03: distribución del agua en la tierra

Ubicación	Área km <sup>2</sup> .106	Volumen km <sup>3</sup> .106	%	Altura equivalent e (m)
Océanos y Mares.	362	1.352	97,6	2650
Casquetes Polares	17	26	1,9	50
Subterránea	131	7	0,5	14
Superficial	1,5	0.3	0,02	0.6
Del suelo	131	0.2	0,01	0.4
Atmosférico	510	0.02	0,001	0.04
Total	1152.5	1.383	100.03	2715

Fuente: Auge (2006).

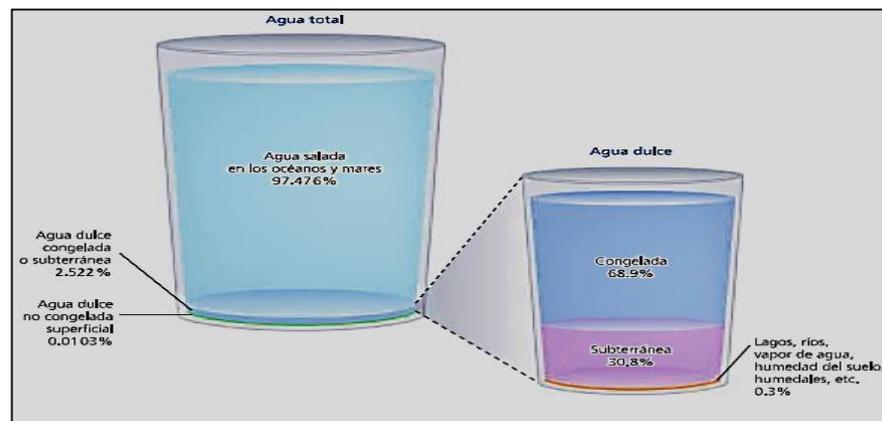
## 2.2.6. Situación Mundial del Agua

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad en el siglo XXI es el de tener acceso a suficiente agua limpia. El agua se está convirtiendo, en muchas regiones del mundo, en un factor limitante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y el mantenimiento de los ecosistemas naturales y su biodiversidad, e incluso para la estabilidad social y política. A pesar de que 70% de la superficie del planeta está compuesta por agua, 97.5% de ésta es salina (cerca de 1 400 millones de km<sup>3</sup>), contenida principalmente en los océanos, y sólo 2.5% es agua dulce (alrededor de 35 millones de km<sup>3</sup>). De ésta, 68.9% se encuentra congelada (en bancos de hielo, glaciares y nieves perpetuas) y en la humedad del suelo; 30.8% se almacena en aguas subterráneas, y poco menos de 0.3% es agua superficial localizada en lagos, lagunas, ríos y humedales (PNUMA 2004).

PNUMA (2004) señala que menos de 1% del agua dulce del mundo (cerca de 200 000 km<sup>3</sup> entre superficial y subterránea) está disponible

para el uso humano y el mantenimiento de los ecosistemas naturales. Los lagos más grandes del mundo son el Baikal en Asia (contiene 18% del agua que se acumula en los lagos), el Tangañica (16%) y el Nyasa o Malawi en África (10%) y el Superior en Canadá-Estados Unidos (10%). Los ríos más caudalosos (los que desplazan mayor volumen de agua por segundo) son el Amazonas, el Congo y el Misisipi. El sistema amazónico, en particular, ocupa el primer lugar mundial, tanto por la extensión de su cuenca, de algo más de 6 millones de km<sup>2</sup>, como por la magnitud de su descarga promedio, que es de 175 000 m<sup>3</sup>/segundo.

Figura 04: Distribución porcentual del agua en el planeta.



Fuente: PNUMA (2004)

La distribución natural del agua es muy desigual en las distintas regiones del planeta y según la época del año. En el continente americano se concentra 47% del agua mundial, seguido por Asia (32%), Europa (7%), África (9%) y Australia y Oceanía (6%) (PNUMA 2004).

Los diferentes biomas del planeta se distribuyen de acuerdo con la cantidad de agua en cada región, la temperatura, la humedad y los vientos. En las regiones cálidas, con altas temperaturas, se ubican los bosques tropicales húmedos, y en las menos lluviosas los secos o subhúmedos. En las zonas lluviosas frías están los bosques templados y en las zonas de temperaturas y precipitación intermedias los pastizales y sabanas, mientras que en las zonas de climas secos y de temperaturas más extremas se encuentran los desiertos (PNUMA 2004).

Para finales del año 2004 se estimó que la población mundial era de 6 377 millones de personas asentadas de manera desigual. Esto, sumado a la distribución natural del agua y el tamaño de la población, ocasiona que algunos países tengan agua naturalmente disponible en abundancia, mientras que otros padezcan una severa escasez. Entre los países de mayor disponibilidad natural se encuentra Canadá, con 99 700 m<sup>3</sup>/hab/año, mientras que India cuenta sólo con 2 300 m<sup>3</sup>/hab/año. En México, la disponibilidad natural de agua estimada para el año 2004 fue de 4 500 m<sup>3</sup>/hab/año (PNUMA 2004).

Los problemas actuales relacionados con el agua son muy severos en el mundo. En muchas regiones la disponibilidad natural es crítica, la calidad es inapropiada, los servicios son insuficientes, no alcanza la inversión económica para cubrir los rezagos y menos aún para atender la demanda creciente; las actividades productivas compiten por el agua, y el cambio climático incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las personas en un gran número de países. Otro indicador de la crisis del agua es el creciente número de conflictos que se originan por la competencia por el recurso entre habitantes de una misma ciudad, entre regiones de un país y entre países. Asimismo, la falta de capacidad de aplicación de la ley, debido a que a las autoridades les resulta cada vez más difícil aplicar medidas de administración del agua, agrava la crisis (PNUMA 2004).

### **2.2.7. El Agua como bien Económico Especial**

Méndez (2014) explica en esta parte, iniciamos el tratamiento específico de esta como un «bien» especial, generado por ciclos naturales, pero en el que también interviene la acción humana. En este capítulo planteamos cuatro grandes especificidades del agua que requieren particular atención para el análisis económico: i) beneficios múltiples, ii) características del agua como bien público y privado.

#### **2.2.7.1. Los Múltiples Usos y Beneficios del Agua**

Méndez (2014) menciona que el punto de partida para definir algún objeto material o inmaterial como un «bien económico» es que genere algún tipo de beneficio; es decir, que tenga utilidad o «valor de uso» para los seres humanos. El agua es un recurso natural generado en ciclos hidrológicos que dependen de factores climáticos y topográficos en determinado territorio. El ciclo hidrológico es muy importante porque permite que el recurso se reproduzca naturalmente. Dado un ciclo hidrológico en un territorio y con un cierto nivel tecnológico, los seres humanos reciben o generan beneficios del agua. En las condiciones actuales, algunos de los beneficios obtenidos por los seres humanos del agua se describen en la siguiente lista (no exhaustiva):

- Para consumo directo, agua potable, cocina, higiene personal.
- Para saneamiento, disposición de excretas.
- Para pesca.
- Para la agricultura (irrigación, ganadería, forestal).
- Para generar energía.
- Para transporte.
- Para uso industrial.
- Para minería.
- Como recipiente de desechos sólidos y líquidos.
- Para usos estéticos y recreacionales.
- Para servicios ambientales, ecológicos o ecosistémicos.
- No usarla (para preservación).

Méndez (2014) alude que la amplísima gama de beneficios para los seres humanos generados por el agua prácticamente abarcan todas las actividades económicas significativas de los sectores primarios y secundarios —agricultura, pesca, minería, energía, manufactura—, y parte del terciario —transporte—. Igualmente, el agua es usada para conservar la vida, la salud y la higiene de las personas, y también se la utiliza como recipiente de desechos generados por la actividad

humana. Asimismo, puede generar beneficios menos tangibles, como recreacionales, de prestación de servicios ambientales o ecosistémicos. Igualmente, se pueden generar beneficios de «no uso»; es decir, no usarla o explotarla cuando se quiere preservar la integridad de espacios ecológicos de importancia, valorados por la comunidad.

#### **2.2.7.2. El Agua como bien Público y Privado**

Méndez (2014) indica que la definición de bien público, se refiere a una condición en la cual no es posible excluir a las personas del consumo del bien. Además, no existe rivalidad en el consumo; es decir, el consumo de los individuos no reduce el stock del bien ni incrementa la «escasez» de este. Esta última particularidad es bastante especial y limita a los bienes estrictamente públicos, algunos de los cuales —como la «defensa nacional», el «alumbrado público» o el «aire respirable»— terminan siendo bastante especiales. A estos se les denomina bienes públicos puros, y queda claro que su provisión le corresponde al Estado o a la autoridad que cobra impuestos, porque si no no sería provisto por el sector privado. El agua puede caer en la categoría de bien público «puro» en algunas circunstancias especiales, pero esta parece ser más la excepción que la regla.

Méndez (2014) muestra que en el siguiente gráfico se presenta una clasificación de los distintos usos del agua en un «mapa» de bienes públicos y privados en el que las coordenadas se refieren al grado de «exclusión» y «rivalidad». Los usos más cercanos al origen superior izquierdo son bienes públicos puros, mientras que los ubicados más lejos, en la parte inferior derecha, se acercan a ser bienes estrictamente privados.

Figura 04: clasificación de los distintos usos del agua



Fuete: Méndez (2014)

Méndez (2014) dice que se puede observar que la mayor parte de los usos del agua caen, más bien, en la categoría de «bienes mixtos»; es decir, que si bien tienen limitada o baja exclusión, sus niveles de rivalidad son significativos, que es lo que genera la situación de «escasez compartida» descrita anteriormente. Cabe decir que, a mayor rivalidad, mayor conflicto. Cuando no es posible o deseable organizar un mercado para administrar la escasez —o rivalidad—, el manejo del conflicto formará parte de la administración de las decisiones de los responsables de la asignación del recurso.

En el diagrama ubicamos como bienes públicos «puros» el uso estético y recreacional en zonas en las que no es posible o no se quiere restringir el acceso a los visitantes. Muchas zonas con paisajes vinculados al agua pueden ubicarse en esta categoría. También se ubican cerca de ser un bien público puro las actividades que generan servicios ambientales o ecosistémicos de cuyos beneficios, una vez generados, no se puede excluir a los usuarios (Méndez 2014).

Méndez (2014) muestra que múltiples situaciones en las que actividades humanas que en parte generan estos servicios «aguas arriba» para el beneficio de usuarios «aguas abajo» caen en esta

categoría. También se ubican como bienes públicos las actividades de prevención y control relacionadas con el agua, como construcción de defensas ribereñas o infraestructura contra inundaciones. Una vez generada la infraestructura, no se puede excluir fácilmente a los usuarios de los beneficios generados, y el consumo es no rival. En la parte inferior izquierda del diagrama se ubican situaciones en las que sí es posible excluir a los usuarios del acceso a espacios donde el agua genera beneficios estéticos o recreacionales. Cuando hay manejo privado de estos espacios, se habla de bienes de club, pero también pueden ser administrados por autoridades o comunidades específicas que cobran un «peaje» o entrada al espacio determinado.

Méndez (2014) señala que en los usos que se ubican en las partes más hacia la derecha del diagrama ya se encuentra una mayor rivalidad y, por ende, constituyen típicos bienes económicos en los que se requieren mecanismos para administrar la escasez compartida. En la parte superior derecha está uno de los usos más complicados y conflictivos del agua: utilizar los cuerpos de agua para el vertimiento de desechos líquidos o sólidos. En muchos casos, el control sobre las fuentes de vertimiento es débil o inexistente, y entonces hay baja exclusión. No obstante, al arrojar desechos a los cuerpos de agua se producen efectos inmediatos en la calidad de esta; es decir, hay alta rivalidad. Este uso del agua es, por tanto, altamente conflictivo y materia de mayor regulación y búsqueda de mecanismos —como «el que contamina paga»— en varios países desarrollados y en desarrollo.

Méndez (2014) muestra que en la parte media de abajo se ubican algunas actividades económicas que hacen un uso «no consuntivo» del agua; es decir, no consumen totalmente el agua, sino que retornan una buena parte de esta. En el caso del uso para energía eléctrica, la mayor parte del recurso se retorna al curso de agua. Igualmente, en el caso de la pesca libre y el transporte, no se consume el agua, pero el uso de su curso genera impactos a veces no deseables en otros

usuarios o en el medio ambiente. Dependiendo de las condiciones tecnológicas en las que se desarrollan estas actividades, se pueden generar más o menos conflictos con otros usos, pero su menor grado de rivalidad las hace menos conflictivas que los usos ubicados más a la derecha.

En la parte media de la derecha se ubican las actividades productivas que presentan el mayor consumo de agua. En primer lugar, se encuentra la agricultura, especialmente la agricultura bajo riego. Los otros usos importantes de agua para fines productivos son la minería y la industria. En todos estos casos, existen altos niveles de conflicto con otros usos y al interior de cada uso. Estos son altamente rivales, es decir, extraen parte significativa del recurso. Igualmente, estas actividades suelen usar los cuerpos de agua para verter sus desechos; es decir, son actividades que usan el agua como vertedero, que, como se dijo, es una fuente de alta conflictividad intersectorial, pues genera impactos en la calidad del recurso que son difícilmente medible y controlable (Méndez 2014).

Méndez (2014) acata que estas actividades son muy propensas a generar conflictos porque se caracterizan por la baja o limitada exclusión y la alta rivalidad, que es una característica de «bienes mixtos» para los que es, además, difícil establecer y organizar mercados que asignen el recurso. La situación de baja o limitada exclusión genera restricciones que permiten que los usuarios sean excluidos del consumo; por ejemplo, si no pagan una tarifa. Si se quisiera organizar un mercado, se requeriría que el bien pueda ser negado al usuario o comprador que no pague el precio, algo muy difícil de lograr en sistemas con limitada exclusión como los sistemas de riego, o en los casos en los que la minería y la industria vierten desechos en algún cuerpo de agua. Problemas de medición y control de las acciones de los usuarios limitan la posibilidad de organizar un mercado que asigne el recurso escaso y administre de manera más automática la «escasez compartida».

Méndez (2014) considera que en la parte inferior derecha se ubican los usos que se acercan más a lo que se llama un «bien privado». Se trata del uso del agua para consumo humano, básicamente en las viviendas de las familias tanto en zonas urbanas como rurales, para el consumo doméstico y saneamiento básico. Este uso constituye un bien privado porque en las condiciones tecnológicas actuales, el servicio se puede prestar bajo modalidades que permiten cortar el servicio al usuario que no pague por este. En este caso, sí es posible organizar propiamente un mercado en el cual una empresa —por lo general un monopolio— les vende a los usuarios el servicio de agua y desagüe a cambio de que ellos paguen un precio. En este caso, se aplican en mayor medida los conceptos económicos desarrollados en la primera parte de este libro, aunque teniendo en cuenta la situación de monopolio del proveedor, que requiere regulación pública.

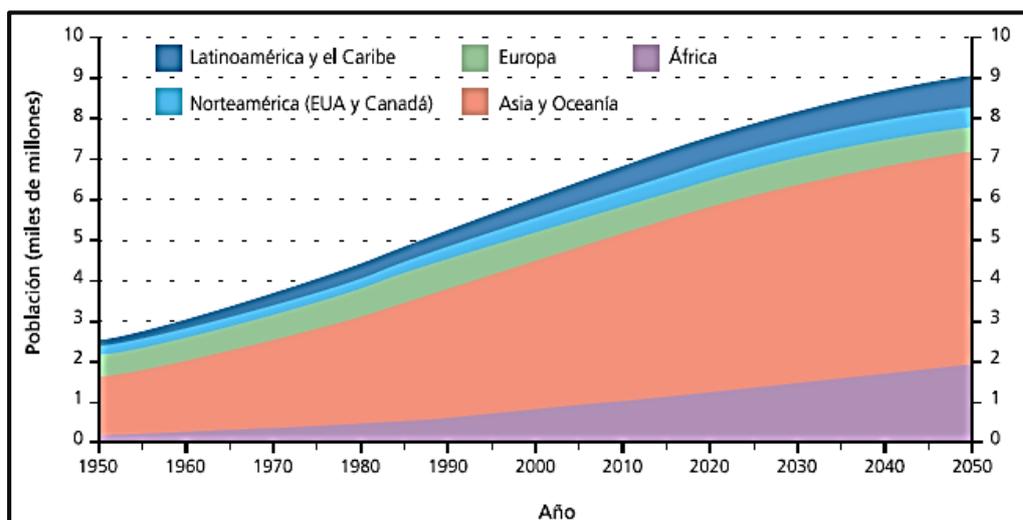
Por último, existe una dimensión de los beneficios del agua que se ubica fuera del cuadrante y que denominamos beneficios por el «no uso». En diversas circunstancias, una sociedad puede preferir no hacer uso económico de un espacio dentro del cual existe un sistema de agua importante. En este caso estamos ante un beneficio por no uso del agua como el que se genera en las áreas naturales protegidas, en las cuales se busca evitar la intervención económica humana para preservar importantes atributos de los ecosistemas protegidos (Méndez 2014).

#### **2.2.8. Los Retos del Futuro Sobre el Agua**

OMS (2000) considera que aun cuando se están llevando a cabo importantes esfuerzos por resolver los problemas y rezagos vinculados con el agua, éstos han sido insuficientes y las tendencias siguen empeorando. Aunque la tasa de fertilidad humana mundial ha venido disminuyendo, la población sigue creciendo y se estima que para mediados del siglo XXI se sumen a la actual otros 3 000 millones de

habitantes, lo cual arrojará cifras de casi 300 millones de personas, que demandarán agua y servicios de recolección de aguas negras y tratamiento. La producción de alimentos tendrá que duplicarse en los próximos 30 años, lo cual implicará inversiones cuantiosas. Se estima que para el año 2050, 60% de la población del mundo vivirá en condiciones de estrés hídrico. La cooperación internacional para revertir estos problemas y enfrentar los retos futuros ha crecido en los últimos años, particularmente en la década de los noventa. Si bien el tema del agua aún no cuenta con una convención sólida como el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático o el Convenio sobre la Diversidad Biológica, los acuerdos multilaterales existentes han permitido definir prioridades tanto para los sistemas de agua dulce como los marinos, y destacan la necesidad de abordarlos con un enfoque integral.

Figura 05: Tendencias de crecimiento de la población mundial al 2050



Fuente: OMS (2000)

OMS (2000) muestra que los indicadores de la crisis mundial del agua son:

- Que para el año 2025 se estará utilizando 40% del agua accesible global.

- El consumo de agua aumentó seis veces durante el siglo XX, lo cual agudizó la competencia entre países y regiones, y entre diferentes actividades.
- Cerca de 40% de la población vive en países con estrés hídrico entre moderado y severo.
- El consumo de agua per cápita en los países desarrollados (entre 500 y 800 litros/día) es ocho veces mayor que en los países en vías de desarrollo (entre 6 y 150 litros/día).
- La sexta parte de la población no tiene acceso al agua potable (1 100 millones) y casi 40% carece de saneamiento (2 400 millones).
- La contaminación del agua, cada vez mayor, incrementa la escasez.
- En los países en vías de desarrollo se estima que 90% de las aguas residuales se vierten a los ríos y corrientes sin ningún tipo de tratamiento previo.
- El agua contaminada causa 80% de las enfermedades en los países en vías de desarrollo; son la causa de muerte de 2.2 millones de personas al año, de las cuales la mitad son niños menores de cinco años, de 1 500 millones de personas enfermas de parasitosis intestinal y de 400 millones de casos de malaria al año.
- El 70% de la contaminación marina tiene su origen en la parte terrestre.
- El 70% del agua se utiliza para la agricultura y, de ésta, más de 50% se pierde por fugas y por mala tecnología.
- El sobreuso de plaguicidas ha degradado la calidad del agua en zonas agrícolas.
- Entre 50 y 60% de los humedales del mundo se han perdido, lo que ha alterado los ciclos hidrológicos y las funciones ecológicas.
- La invasión de especies no nativas ha provocado la eliminación de flora y fauna nativas en cuerpos de agua naturales.
- El cambio climático ha incrementado la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, tanto sequías como inundaciones. Se estima que en un futuro el cambio climático será responsable de 20% del incremento de la escasez global de agua.

- Existe un riesgo de desplazamiento de millones de personas que viven en las costas, deltas y en pequeñas islas, debido al aumento de los niveles del océano por el calentamiento climático.
- Los costos económicos causados por los desastres naturales se han ido incrementando exponencialmente. Entre 1986 y 1995 las pérdidas económicas se incrementaron ocho veces con relación a la década de los sesenta; 2 000 millones de personas se vieron afectadas en los años noventa.

Las principales estrategias que se impulsan en estos acuerdos están relacionadas con la necesidad de la cooperación regional para cuencas transfronterizas; la promoción de reformas legales y el establecimiento de políticas sobre el agua; la participación comunitaria; el desarrollo tecnológico; la definición de precios reales del servicio de provisión de agua; el fomento de la inversión para agua y saneamiento; la colaboración pública y privada; la protección de los ecosistemas acuáticos; el aumento de los esfuerzos para prevenir y remediar la contaminación en aguas costeras; la promoción de enfoques transectoriales, y el avance en la descentralización en el ámbito de las cuencas (OMS 2000).

FAO (2003) considera que las metas para el año 2015 son:

- Llevar a cabo reformas en las leyes de aguas nacionales en la mitad de los países para el año 2005 y en 90% de ellos para 2015.
- Aplicar el manejo integral en las cuencas en 90% de los países en el año 2015.
- Para el año 2015, reducir a la mitad el número de personas que no tiene acceso al agua potable y al saneamiento.
- Reducir en 20% el número de residentes urbanos que no disponen de tratamiento de aguas residuales.
- Desarrollar estrategias de colaboración para la protección de una tercera parte de los 64 mayores ecosistemas marinos y para las 276

cuencas transfronterizas mayores para el año 2010, con su aplicación en el año 2015.

OMS (2000) emite que a pesar de la importancia indudable de estos temas, el problema al que se enfrentan los acuerdos alcanzados en estos foros es la falta de instrumentos legislativos y económicos para implementarlos y hacerlos obligatorios. Se han convertido fundamentalmente en orientaciones y buenos deseos, y aunque algunos estén acordados con una temporalidad definida, su incumplimiento no genera ninguna repercusión política. La suma de estos esfuerzos en un tratado internacional podría resultar en un significativo avance, tal como ha ocurrido con el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Convención de Cambio Climático y el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Las últimas metas definidas por Naciones Unidas están en la Declaración del Milenio, la cual urge a todos los miembros a “detener la insostenible explotación de los recursos hídricos desarrollando estrategias de administración del agua a niveles locales, regionales y nacionales que promuevan tanto el acceso equitativo como el abastecimiento adecuado”. En 2002 las Metas del Milenio fueron ratificadas en el Plan de Acción surgido de la Cumbre de Desarrollo Sustentable de Johannesburgo y que, a juzgar por las tendencias actuales, no podrán cumplirse si no se producen cambios sustantivos y estructurales en las políticas nacionales.

FAO (2003) menciona que el foro global más importante para generar orientaciones a nivel mundial y para las agendas nacionales es el Foro Mundial del Agua que organiza el Consejo Mundial del Agua cada tres años. El Tercer Foro Mundial del Agua se realizó en Kyoto, Japón en 2003. Destaca dentro de los avances en este foro los relativos a los temas de financiamiento del agua, particularmente el reporte del grupo presidido por Michel Camdessus “Financing Water For All”. Algunas de las principales conclusiones y propuestas incluidas en dicho documento se resumen en:

- Los países pobres del mundo enfrentan una brecha creciente entre la inversión necesaria para la infraestructura del agua y sus recursos financieros disponibles. El sector agua requiere una reforma urgente para generar y atraer recursos que permitan su expansión adecuada, ya que los gobiernos centrales no han otorgado a dicho sector la prioridad necesaria.
- El financiamiento de los sistemas de abastecimiento de agua requiere una mejoría significativa en la recuperación de los costos correspondientes, incluyendo los de operación y mantenimiento al igual que los de capital, para sustentar las nuevas inversiones. Los entes encargados de proporcionar los servicios del sector deben ser financieramente autosuficientes.
- Las tarifas de los servicios de agua son el instrumento fundamental para la recuperación de los costos correspondientes. Asimismo, las estructuras tarifarias deben ser lo suficientemente flexibles como para integrar esquemas de subsidios cruzados, a fin de no gravar excesivamente a los núcleos de población de bajos ingresos.
- El soporte tarifario para financiar los costos de la provisión del servicio de agua debe acompañarse de un esfuerzo sustancial para mejorar la capacidad administrativa y técnica de los cuerpos que administran los recursos hídricos.
- Las fuentes de ingreso del sector agua comúnmente se denominan en moneda local, lo que hace preferible obtener financiamiento local. Para ello deberían desarrollarse los mercados locales de capital a fin de apuntalar las fuentes de financiamiento nacionales. Una buena parte del financiamiento debe enfocarse a los entes responsables de ejecutar las inversiones y por tanto deben generarse las condiciones para que sean sujetos de crédito.

### **2.2.9. Agua Segura**

Méndez (2014) menciona que el agua segura es el agua apta para el consumo humano, de buena calidad y que no genera enfermedades. Es

un agua que ha sido sometida a algún proceso de potabilización o purificación casera. Sin embargo, determinar que un agua es segura solo en función de su calidad no es suficiente, la definición debe incluir otros aspectos como:

$$\text{Agua segura} = \text{Cobertura} + \text{Cantidad} + \text{Calidad} + \text{Continuidad} + \text{Costo} + \text{Cultura hidrica}$$

Todos los aspectos anteriormente señalados definen el acceso al agua segura.

a. **Cobertura:** Significa que el agua debe llegar a todas las personas sin restricciones. Nadie debe quedar excluido del acceso al agua de buena calidad. No obstante, actualmente en el mundo 1.100 millones de personas carecen de instalaciones necesarias para abastecerse de agua y 2.400 millones no tienen acceso a sistemas de saneamiento. En América Latina y el Caribe, alrededor de 130 millones de personas carecen de conexiones domiciliarias de agua potable, 255 millones no tienen conexiones de alcantarillado y solamente 86 millones están conectadas a sistemas de saneamiento adecuados (Méndez 2014).

La cobertura total de agua potable es de 84,59%. De esta proporción, 92,98% corresponden al área urbana y 61,22% a la rural, lo que refleja una real desigualdad en el acceso. Los porcentajes de población sin servicio de agua potable son cinco veces más altos en las zonas rurales que en las urbanas.

En la relación entre pobreza y enfermedad, el agua y el saneamiento insuficiente constituyen a la vez la causa y el efecto: los que no disponen de un servicio de agua suficiente son generalmente los más pobres. Si se pudiera abastecer a esta población con un servicio básico de agua potable y saneamiento, la morbilidad por diarrea se reduciría en 17% anual (Méndez 2014).

- b. **Cantidad:** Se refiere a la necesidad de que las personas tengan acceso a una dotación de agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas: bebida, cocina, higiene personal, limpieza de la vivienda y lavado de ropa. El volumen total de agua en la Tierra es de aproximadamente 1.400 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales solo 2,5% alrededor de 35 millones de km<sup>3</sup> corresponden al agua dulce. La mayor parte del agua dulce se encuentra en forma de nieve o hielos perennes, ubicados en la región antártica y en Groenlandia, y en profundos acuíferos o conductos de aguas subterráneas. La población aumenta y el consumo también, pero la cantidad de agua disponible permanece prácticamente constante. Su escasez podría representar un serio obstáculo para el desarrollo a lo largo del presente milenio (Méndez 2014).
- c. **Calidad:** Con calidad del agua de consumo nos referimos a que el agua se encuentre libre de elementos que la contaminen y se conviertan en un vehículo para la transmisión de enfermedades. Por su importancia para la salud pública, la calidad del agua merece especial atención. Sin embargo y sobre todo en los países en desarrollo a este problema se le ha prestado poca atención en comparación con otros aspectos como la cobertura (Méndez 2014).

Entre las fuentes de contaminación pueden citarse las aguas residuales no tratadas, los efluentes químicos, las filtraciones y derrames de petróleo, el vertimiento de minas y productos químicos agrícolas provenientes de los campos de labranza que se escurren o se filtran en el terreno. Más de la mitad de los principales ríos del planeta están contaminados, por lo que degradan y contaminan los ecosistemas y amenazan la salud y el sustento de las personas que dependen de ellos. A pesar de los progresos hechos en los últimos años, en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe todavía se pueden observar problemas de calidad del agua, por lo general a consecuencia de deficiencias en la operación y mantenimiento de los servicios. Algunos de los factores que

contribuyen a deteriorar la calidad del agua son los siguientes: sistemas que funcionan de manera intermitente, plantas de tratamiento poco eficientes, ausencia de desinfección o existencia de problemas en este proceso, redes de distribución precarias, conexiones (Méndez 2014).

- d. **Continuidad**: Este término significa que el servicio de agua debe llegar en forma continua y permanente. Lo ideal es disponer de agua durante las 24 horas del día. La no continuidad o el suministro por horas, además de ocasionar inconvenientes debido a que obliga al almacenamiento intradomiciliario, afectan la calidad y puede generar problemas de contaminación en las redes de distribución (Méndez 2014).
  
- e. **Costo**: El agua es un bien social pero también económico, cuya obtención y distribución implica un costo. Este costo ha de incluir el tratamiento, el mantenimiento y la reparación de las instalaciones, así como los gastos administrativos que un buen servicio exige. Aunque cada vez hay más personas que entienden que el agua tiene un precio, todavía hay quienes se resisten a aceptar las tarifas y también persisten las discrepancias sobre cuánto deben pagar por este servicio los pobres (Méndez 2014).

Estos problemas son más profundos en los países en desarrollo, donde las tarifas suelen estar por debajo del costo de la prestación y no se cobra de manera uniforme. La baja recaudación impide expandir el servicio a áreas no atendidas y limita los gastos de mantenimiento, tratamiento y control de la calidad del agua. Como resultado, grandes sectores de la población deben recurrir a otros medios para abastecerse de agua, algunos consumen agua de fuentes contaminadas, otros captan el recurso mediante conexiones clandestinas, pero la mayoría la compra a pequeños proveedores que cobran altos precios por transportar el agua hasta los barrios pobres. Algunos estudios demuestran que esos precios pueden llegar a ser de

4 a 10 veces superiores a los que pagan las personas abastecidas por el servicio. Irónicamente, quienes no están conectados a la red pública, en su mayoría los más pobres, tienen que pagar costos más elevados por el agua. (Méndez 2014).

f. **Cultura hídrica:** es un conjunto de costumbres, valores, actitudes y hábitos que un individuo o una sociedad tienen con respecto a la importancia del agua para el desarrollo de todo ser vivo, la disponibilidad del recurso en su entorno y las acciones necesarias para obtenerla, tratarla, distribuirla, cuidarla y reutilizarla. Esta cultura implica el compromiso de valorar y preservar el recurso, utilizándolo con responsabilidad en todas las actividades, bajo un esquema de desarrollo sustentable (Méndez 2014).

Si queremos garantizar el agua para las próximas generaciones, debemos tomar en cuenta los valores que forman la cultura del agua; el respeto al ambiente y la solidaridad hacia los demás, porque el agua que se desperdicia es la que hace falta a otras personas; la responsabilidad de usar correctamente el recurso hídrico y pagar el precio justo por él; la sabiduría para emplear la tecnología adecuada y la voluntad de desarrollar una gestión eficiente. La cultura hídrica atañe a las actitudes y al comportamiento de la población en general, así como de las autoridades y de todos los actores sociales (Méndez 2014).

#### **2.2.10. La Contaminación del Agua**

Auge (2004) alude que los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, las basuras producidas por la actividad humana. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades

mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida. La degradación de las aguas viene de antiguo y en algunos lugares, como la desembocadura del Nilo, hay niveles altos de contaminación desde hace siglos; pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo. Primero fueron los ríos, las zonas portuarias de las grandes ciudades y las zonas industriales las que se convirtieron en sucias cloacas, cargadas de productos químicos, espumas y toda clase de contaminantes. Con la industrialización y el desarrollo económico este problema se ha ido trasladando a los países en vías de desarrollo, a la vez que en los países desarrollados se producían importantes mejoras.

#### **2.2.10.1. Contaminación Natural**

Auge (2004) considera que la contaminación natural es difusa y se debe al arrastre de partículas o de gases atmosféricos por las gotas de lluvia, a pólenes, esporas, hojas secas u otros residuos vegetales y a excrementos de peces o de aves acuáticas. La capacidad natural de autodepuración hace que sean eliminados en su mayor parte. La autodepuración es el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar de un modo natural en una masa de agua y que tienden a destruir todos los contaminantes incorporados a la misma. La contaminación producida por el hombre es puntual, ya que se origina en un foco emisor determinado y afectan a una zona concreta.

#### **2.2.10.2. Contaminación Antropogénica.**

Auge (2004) indica que la contaminación antropogénica se dividen en cuatro focos principales y son:

- **Industria:** Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante.
- **Vertidos urbanos:** La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.
- **Navegación:** Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.
- **Agricultura y ganadería:** Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas.

### 2.2.11. Los Contaminantes pueden ser Físicos, Químicos y Biológicos

Auge (2004) señala que se considera contaminante a cualquier sustancia química, ser vivo o forma de energía que aparezca en proporciones superiores a las consideradas normales.

Cuadro 04: la contaminación, fuentes y efectos

Contaminación	Fuente contaminante	Efectos
Virus, bacterias, protozoos, nematodos.	Aguas negras domésticas. Drenaje de granjas	Hepatitis, poliomeilitis (virus). Tifus, cólera, disentería (bacterias). Disentería (protozoo ameba). Esquistos omiasis (nematodos)
Materia orgánica en suspensión.	Aguas negras domésticas. Granjas e instalaciones agrícolas.	Agotamiento del oxígeno y muerte de los animales. Aguas putrefactas y

Productos químicos, inorgánicos, ácidos, sales que contienen metales pesados (mercurio, plomo y cadmio)	Residuos industriales. Escorrentía urbana.	malolientes.  Defectos congénitos (mercurio, plomo y cadmio). Se acumulan en los niveles superiores de las cadenas tróficas (peces).
Excesos de fertilizantes inorgánicos (fosfatos y nitratos solubles)	Escorrentía de campos cultivados.	Crecimiento excesivo de algas, eutrofización de ríos y lagos. Acumulación de materia orgánica muerta, cuya descomposición elimina el oxígeno disuelto y, por lo tanto, la vida animal.
Productos químicos orgánicos: petróleo, gasolina, aceites, plásticos, plaguicidas, solventes orgánicos, etc.	Residuos industriales. Escorrentía urbana y rural. Aguas domésticas.	Desde trastornos leves de la salud hasta diversos tipos de cáncer. También pueden producir alteraciones genéticas.
Sedimentos insolubles, lodos, etc.	Erosión del suelo. Residuos urbanos e industriales.	Enturbia el agua, impide la fotosíntesis, destruye los fondos, rellena los embalses y lagos.
Sustancias radioactivas.	Instalaciones nucleares.	Defectos genéticos, cáncer.
Calor	Refrigeración de industrias (especialmente centrales eléctricas).	Aumenta la temperatura y disminuye el oxígeno disuelto. Los seres vivos son más vulnerables a agentes tóxicos o patógenos.

---

Fuente: Auge (2004).

### 2.2.11.1. Contaminantes Biológicos

Los contaminantes biológicos se pueden clasificar según (Auge 2004) en:

- a. **Microorganismos patógenos:** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas.
  
- b. **Desechos orgánicos:** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

#### 2.2.11.2. Contaminantes Químicos.

Los contaminantes químicos según (Auge 2004) se clasifican en:

- a. **Sustancias químicas inorgánicas:** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.
  
- b. **Nutrientes vegetales inorgánicos:** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el

oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

**c. Compuestos orgánicos:** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

### 2.2.11.3. Contaminantes Físicos.

Los contaminantes físicos según (Auge 2004) se clasifican en:

**a. Sedimentos y materiales suspendidos:** muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

**b. Sustancias radiactivas:** Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando en los largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

**c. Contaminación térmica:** El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

### 2.2.12. Calidad del Agua

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2007) menciona que si bien en sus primeros orígenes el concepto de “Calidad de Aguas” estuvo asociado con la utilización del agua para el consumo humano, la expansión y el desarrollo de los asentamientos humanos ha diversificado y ampliado los usos y aplicaciones potenciales del agua hasta tal punto, que el significado de Calidad de Aguas ha debido ampliarse, para ajustarse a este nuevo espectro de posibilidades y significados. En la actualidad, es tan importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, como lo puede ser para el riego de cultivos, para el uso industrial en calderas, para la fabricación de productos farmacéuticos, para la expedición de licencias ambientales, para diseñar y ejecutar programas de monitoreo en las evaluaciones ambientales, para adecuarla a las múltiples aplicaciones analíticas de los laboratorios y para regular y optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2007) señala que en síntesis, una determinada fuente de aguas puede tener la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de un uso en particular y al mismo tiempo, no ser apta para otro. Puesto que no existe un tipo de agua que satisfaga los requerimientos de calidad para cualquier uso concebible ni tampoco “un criterio único de calidad para cualquier fin”, el concepto de Calidad de Aguas, se aplica siempre en relación con un uso o aplicación previamente establecida. Por lo tanto, la calidad del agua es un término variable en función del uso concreto que se vaya a hacer de ella.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2007) indica que para los usos más importantes y comunes del agua existen una serie de requisitos recogidos en normas específicas basados tradicionalmente en las concentraciones de diversos parámetros físico-químicos:

- a. **Físicos:** sabor y olor, color, turbidez, conductividad, T°.

- b. Químicos:** pH, O<sub>2</sub>, saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, amoniacosulfuros, hierro, manganeso, metales pesados, gases disueltos como dióxido de carbono, etc., DBO<sub>5</sub>, DQO.
  
- c. Biológicos:** bacterianos (presencia de bacterias coliformes, indicadoras de contaminación fecal y otras como Salmonellas, etc.); presencia de virus y comunidades de macroinvertebrados bentónicos: son indicadores de buena calidad del agua en función de las especies más o menos tolerantes a la contaminación que aparezcan.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2001) cita que si el agua reúne los requisitos fijados para cada uno de los parámetros mencionados en función de su uso es de buena calidad para ese proceso o consumo en concreto.

### **2.2.13. Parámetros que Determinan la Calidad del Agua.**

#### **2.2.13.1. La calidad del agua se define en función del uso a que va a ser destinada.**

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2003) señala que para medir la calidad del agua se emplean diversos parámetros e índices que permiten cuantificar el grado de alteración de sus características naturales. Se pueden distinguir parámetros fisicoquímicos y biológicos. Entre los parámetros que destacan son:

- a. Temperatura:** las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización

(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**b. pH:** el pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 7 son alcalinas). Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

Una vez aprendida la definición de lo que es ácido y alcalino (por su valor de pH), debemos entonces saber si la vida que llevamos es ácida o alcalina. Para llevar una buena salud, el equilibrio del pH lo es todo. No tan solo para nuestra salud a todos los niveles, sino para retrasar el envejecimiento y envejecer de otra manera. Este equilibrio del pH es en nuestros fluidos corporales: saliva, orina, sangre, líquido inter celular y extra celular. Otra cosa muy importante saber antes de continuar es que en un ambiente ácido hay menos oxígeno que en un ambiente alcalino; por ende, en un ambiente alcalino hay mucho más oxígeno. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

Según la FAO. (2003). “El cuerpo es alcalino por diseño, pero sus funciones son acidificantes.” Se refería a que todos los procesos metabólicos del cuerpo producen enormes cantidades de ácido, minuto a minuto, a pesar de que para poder funcionar apropiadamente, tanto las células y los tejidos, necesitan un entorno alcalino; y el cuerpo hará todo lo que esté en sus manos para mantener su diseño alcalino y mantener el equilibrio del pH. O sea, nuestras células saludables son alcalinas y cuando mueren se convierten en ácidas. Esa célula muerta pasa a ser un desecho ácido (“basura ácida”). También cada célula del organismo está hecha para recibir los nutrientes que contienen los alimentos y estas células, para

darnos energía y mantenernos vivos, los quemamos con oxígeno. Al quemar estos nutrientes (metabolizar) se generan también más desechos. Bien sea que se coman alimentos naturales exquisitos o alimentos comerciales, siempre se generarán los desechos. La mayoría de las células están sometidas al proceso metabólico y las células viejas se convierten igualmente en más desechos. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**c. Conductividad eléctrica:** la conductividad de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

Las sales minerales son los principales conductores eléctricos por contener iones (cationes y aniones). La importancia de las sales minerales para nuestra salud usualmente solemos dar un sabor extra a nuestras recetas de cocina, agregándole sal. Pero en realidad muy pocas personas conocen la existencia de diferentes tipos de sales minerales y sus diversas propiedades. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

Las sales minerales son aquellas sales en las que las moléculas de hidrógeno han sido sustituidas por otras de iones metálicos. Dentro de las más conocidas se encuentra la clásica sal de mesa, que es en realidad Cloruro de Sodio. Esta sal mineral es la más consumida pero en realidad no es aconsejable para nuestra dieta, por lo menos en forma diaria. Esto se debe a que tiene la capacidad de subir la presión sanguínea provocando hipertensión, uno de los trastornos que más azotan a la salud de la sociedad occidental. Sin embargo, aquellas personas que suelen sufrir de baja presión sanguínea, pueden recurrir a ella para evitar desmayos. En cualquier caso, se recomienda no

consumir más allá de 3 gramos diarios. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

Por otra parte, las sales minerales tienen también beneficios para la salud. Uno de los principales es que favorecen el correcto equilibrio con los azúcares asimilados por el organismo. Además, dada su capacidad de favorecer la retención de líquidos, las sales son recomendadas para evitar la deshidratación en momentos donde nos encontramos expuestos a altas temperaturas o en casos de gastroenterocolitis prolongadas que incluyan vómitos y diarrea. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

Otras de las funciones en las que las sales minerales son influyente directamente son las siguientes: Formación de dientes y huesos, actividad muscular, absorción celular de la glucosa, funcionamiento adecuado del metabolismo y funcionamiento del sistema inmunológico, entre otros. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

Existen también sales minerales menos conocidas las cuales tienen menos contraindicaciones. Una de ellas es el Cloruro de Potasio, el cual es recomendado para aquellas personas a quienes se les ha prohibido el consumo de la sal de mesa, ya que no tiene incidencia sobre la presión sanguínea. Como habrás visto, no es necesario quitar por completo la sal de tu dieta, sino controlar la cantidad consumida para así mantener una dieta equilibrada. Actualmente se puede determinar la forma en que ciertos elementos actúan en el cuerpo e influyen en la salud, pero aún quedan muchas cosas por descubrir en ese campo. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**d. Transparencia o turbidez.** Varía en función de la presencia de partículas sólidas o microorganismos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**e. Propiedades organolépticas** (color, sabor y olor), que dependen de la presencia de materia orgánica (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**f. La dureza:** se debe a la presencia de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y se mide como la concentración de  $\text{CaCO}_3$ . Las aguas duras suponen ciertos riesgos para la salud (aumenta la probabilidad de formación de cálculos renales) e incrementa el consumo de jabón y de energía en ciertos procesos industriales (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**g. Sólidos Totales Disueltos:** los Sólidos Totales Disueltos (STD) constituyen una medida de la parte de sólidos en una muestra de agua que pasa a través de un poro nominal de  $2,0 \mu\text{m}$  (o menos) en condiciones específicas. Esta medida proporciona otra indicación (como la conductividad) de la salinidad en las descargas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**h. Cloruros:** los cloruros son los principales aniones inorgánicos en el agua. A diferencia de los indicadores más generales de la salinidad (la conductividad y los STD), la concentración de cloruros es una medida específica de la salinidad de las descargas. El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado. Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

El cloruro se encuentra en muchos químicos y otras sustancias en el cuerpo. Es una parte importante de la sal que se encuentra en muchos alimentos y que se usa para cocinar. (FAO. 2003).

Funciones: el cloruro es necesario para mantener el equilibrio apropiado de los líquidos corporales y es una parte esencial de los jugos digestivos (gástricos), (FAO. 2003).

Fuentes alimenticias: el cloruro se encuentra en la sal de cocina o en la sal de mar como cloruro de sodio, al igual que en muchas verduras. Los alimentos con mayores cantidades de cloruro son, entre otros: las algas marinas, el centeno, los tomates, la lechuga, el apio y las aceitunas. El cloruro, junto con el potasio, también se encuentra en la mayoría de alimentos y generalmente es el ingrediente principal de los sustitutos de la sal. (FAO. 2003).

Efectos secundarios: una deficiencia marcada de cloruro puede ocurrir cuando el cuerpo pierde mucho líquido, lo cual puede deberse a sudoración excesiva, vómitos o diarrea. Los medicamentos como los diuréticos también pueden causar niveles bajos de cloruro. Demasiado cloruro de los alimentos salados puede: incrementar la presión arterial, causar una acumulación de líquidos en personas insuficiencia cardíaca congestiva, cirrosis o enfermedad renal. (FAO. 2003).

**i. Demanda Bioquímica de Oxígeno:** la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de materia orgánica para obtener  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua, especialmente de la materia orgánica biodegradable (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**j. Demanda Química de Oxígeno:** la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una medida del equivalente en oxígeno del

contenido de materia orgánica en una muestra que es oxidable utilizando un oxidante fuerte. Es diferente a la prueba de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), pues la DBO mide sólo la fracción orgánica oxidable biológicamente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**k. Oxígeno Disuelto:** este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática. La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc. afectan sus niveles. La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica provocada por aguas residuales (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**l. Coliformes fecales:** los coliformes son bacterias principalmente asociadas con los desechos humanos y animales. Los coliformes totales proporcionan una medida de la contaminación del agua proveniente de la contaminación fecal (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

Las bacterias coliformes fecales se encuentran en el sistema digestivo de la mayoría de los animales de sangre caliente y su presencia en este contexto, es relativamente benigna. Estos organismos contribuyen a la digestión de los alimentos, por lo que cantidades sustanciales de ellos se encuentran en el tracto intestinal y se expulsan en las heces. Los altos niveles de bacterias coliformes fecales en el agua no son peligrosos por sí mismas, sino que se utilizan como un indicador fiable para otros patógenos que se encuentran comúnmente en las aguas contaminadas con heces. Las mismas condiciones ambientales que fomentan los altos niveles de bacterias coliformes fecales, también son favorables para una amplia gama de organismos que causan enfermedades, las cuales pueden

tener un impacto significativo sobre el medio ambiente y la salud pública. (FAO. 2003).

Un alto nivel de bacterias coliformes fecales, por lo general indica la presencia en el agua de una gran cantidad de heces y otros materiales orgánicos sin tratar, que pueden tener un serio impacto en el ambiente. La materia orgánica que acoge a la bacteria se descompone aeróbicamente, lo que puede disminuir seriamente los niveles de oxígeno y causar la muerte de peces y otros ejemplares de la vida silvestre que dependen del oxígeno. Los esfuerzos de limpieza por lo general implican el uso de productos químicos agresivos tales como el cloro, que al desinfectar, mata al mismo tiempo una amplia gama de bacterias beneficiosas. La presencia de contaminantes fecales en el agua también contribuye al crecimiento de algas y malezas acuáticas, que también son capaces de reducir los niveles de oxígeno y de bloquear el flujo continuo de agua. (FAO. 2003).

Las bacterias coliformes fecales también pueden tener efectos graves en la salud pública. Los volúmenes de agua con altos niveles de esta bacteria pueden contener una amplia gama de parásitos, bacterias y virus causantes de enfermedades, las cuales pueden variar desde condiciones leves como las infecciones agudas del oído, hasta otras más graves que amenazan la vida tales como la fiebre tifoidea y la hepatitis. Los gusanos parásitos y los patógenos bacterianos tales como Salmonella, también se encuentran comúnmente en el agua que da positivo en la prueba que busca altos niveles de bacterias coliformes fecales.

**m. Nitratos:** el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es un compuesto de nitrógeno que con frecuencia está presente en las aguas residuales de las refinerías. También se encuentran niveles altos de amoníaco en aguas servidas. Las concentraciones altas de amoníaco en aguas superficiales son tóxicas para los peces y pueden ser oxidadas y consumir el oxígeno

disuelto del agua (nitrificación) (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**n. Sulfuro:** la medición del sulfuro total en el agua incluye H<sub>2</sub>S y HS<sup>-</sup> disueltos, así como sulfuros metálicos solubles en ácido que pueden estar presentes en la materia suspendida. Con frecuencia, los sulfuros están presentes en las aguas residuales de las refinerías. Pueden ser tóxicos para los peces y generar olores desagradables (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

**o. Calcio:** el calcio es una sal mineral muy importante, sobre todo para los niños en período de crecimiento y las mujeres. Es el mineral que se encuentra en mayor cantidad en el cuerpo. Es necesario para la formación del esqueleto y previene la osteoporosis (descalcificación). Sirve para la funcionalidad e integridad de los nervios y de los músculos, donde su principal influencia se desarrolla sobre la excitabilidad y sobre la liberación de los neurotransmisores. También actúa como regulador de los latidos cardíacos y mejora la coagulación de la sangre. Juega un papel importante en la digestión de los lípidos y de las proteínas. No puede ser asimilado si el cuerpo no tiene suficiente vitamina D. (FAO. 2003).

Los iones de Calcio ayudan a la coagulación de la sangre forma parte integrante de la estructura de huesos y dientes, es necesario para la correcta absorción de la vitamina B<sub>12</sub> en nuestro cuerpo, ayuda a regular el nivel de colesterol en sangre, previene los calambres en la musculatura corporal, debido a que el músculo utiliza el calcio para realizar sus movimientos y contracciones. Ayuda a regular el ritmo cardíaco, siempre en compañía del Magnesio. Previene el depósito de metales pesados en el organismo. Es parte activa para la conversión del Hierro. Es necesario para prevenir y combatir la osteoporosis, puede tener mucho que ver en el síndrome pre-menstrual. Ayuda a reducir los niveles de histamina, pudiendo de esta forma disminuir las

alergias. Participa en la correcta permeabilidad de las membranas. Adquiere fundamental importancia como regulador nervioso y neuromuscular. Participa en la absorción y secreción intestinal. Es importante para la liberación de hormonas. Es preventivo ante enfermedades como el cáncer. Contribuye a reducir la tensión arterial en personas con hipertensión arterial. Es activador de diferentes enzimas. Mantiene la permeabilidad de las membranas celulares. Es un coadyuvante de la actividad neuromuscular. Mantiene la piel sana y durante el embarazo reduce la incidencia de la preeclampsia (hipertensión gestacional o aumento de la presión arterial con edema y/o proteinuria, proteínas en orina, que ocurre después de la 20 semana de gestación). (FAO. 2003).

Estas pueden ser algunas de las consecuencias, cuando existe una carencia de calcio en el organismo: La aparición de Osteomalacia. La aparición del Raquitismo. La aparición de Osteoporosis. Mayor facilidad para las hemorragias de diferente índole. Predisposición a los calambres musculares. Predisposición a alteraciones cardíacas. Aparición del síndrome pre-menstrual. Deficiencia en la correcta asimilación del Hierro. Alteraciones en los niveles de colesterol. Alteraciones del sistema nervioso. Dolores en las articulaciones. Hormigueos y calambres musculares. Convulsiones y deterioro cerebral. Fragilidad en las uñas, uñas quebradizas. Alteraciones cutáneas. Dientes defectuosos. Entumecimiento de miembros superiores e inferiores. (FAO. 2003).

Donde encontrarlo: los productos lácteos son los que contienen mayor cantidad de calcio, pero se puede encontrar, asimismo, en las frutas y las verduras, sobre todo en la mandarina y la naranja, el albaricoque, la piña, la uva, el apio, el nabo, la col rizada, la espinaca, el hinojo y la verdolaga. (FAO. 2003).

**p. Magnesio:** Cada célula del cuerpo humano necesita magnesio para poder funcionar correctamente. El magnesio es particularmente

importante para la transmisión del estímulo nervioso, el funcionamiento de los músculos (el corazón también es un músculo), el metabolismo y en asociación con el calcio, para la formación del esqueleto. Más de la mitad se encuentra en los huesos; el resto se encuentra sobre todo en los líquidos intracelulares de los tejidos.

Debemos cuidar nuestros niveles de magnesio, puesto que sus beneficios para la salud son innegables, en general manteniéndolos estables lograrás reducir el riesgo de sufrir enfermedades cardíacas, contracturas musculares, diabetes e hipertensión arterial. (FAO. 2003).

El magnesio ayuda a la fijación de calcio y el fósforo en los huesos y dientes lo cual hace que los tengas sanos y fuertes. Al consumir magnesio en las cantidades recomendadas estarás previniendo la osteoporosis y las caries. El equilibrio entre el calcio y el magnesio es esencial para la vida. Al movilizar el calcio el magnesio es capaz de destruir los cálculos renales, así que tener los niveles adecuados hará que tengas en perfecto estado tus riñones. El magnesio favorece el equilibrio hormonal y es capaz de prevenir y disminuir los dolores menstruales. Depura nuestro organismo, al actuar como un laxante suave es capaz de arrastrar las toxinas presentes en nuestros intestinos favoreciendo su evacuación. También controla la proliferación de la flora intestinal. Nada como el magnesio para relajar el músculo cardíaco y prevenir arritmias, además de jugar un importante papel en muchas de las reacciones que ocurren en el corazón. El ion magnesio forma parte de la saliva, solución acuosa que tiene entre otras funciones la lubricación del alimento y el comienzo de su digestión. Este ion también se encuentra en componiendo los jugos gástricos y por otra parte el magnesio es capaz de controlar los ácidos estomacales, favorecer la digestión y actuar como un laxante suave. (FAO. 2003).

Una carencia de Mg produce mayor riesgo cardiovascular y de osteoporosis. Donde encontrarlo: en las hortalizas (sobre todo el

perejil y los pimientos), el pan, el queso, la carne, el pescado y la leche. (FAO. 2003).

**q. Hierro:** el hierro es un componente de la hemoglobina, la sustancia roja de la sangre que transporta el oxígeno hasta las células del cuerpo. El hierro estimula el sistema inmunitario y procura al cuerpo la energía para funcionar. La anemia aparece cuando la cantidad de hierro contenida en el cuerpo es insuficiente, ello se manifiesta por una fatiga psíquica e intelectual. Sólo una pequeña parte (5-10%) del hierro que tomamos con los alimentos es absorbido por el intestino. Una parte se almacena en el hígado, en la médula de los huesos, y en el bazo como hierro III, en la ferritina, y otra parte en la transferrina, la proteína de transporte, como hierro para la síntesis del heme proteico. (FAO. 2003).

Donde encontrarlo: en las frutas, (sobre todo en las bayas y las moras) y las verduras. También en la yema de huevo y la carne, el hígado, las legumbres, los crustáceos. (FAO. 2003).

El hierro es aquel nutriente imprescindible para que se libere oxígeno, o sea, energía, a través de todas las células del cuerpo y para eliminar el dióxido de carbono. El organismo lo absorbe de distintas maneras según sus necesidades, lo cual fortalece sus defensas y mantiene el cuerpo energizado y la mente fresca. Por tanto, es muy importante mantener una dieta que garantice las dosis diarias requeridas. (FAO. 2003).

Las deficiencias de hierro en el organismo se expresan en debilidad, dificultades respiratorias, palpitaciones, anemia, palidez y susceptibilidad a las infecciones. (FAO. 2003).

**r. Fósforo:** Junto con el calcio, es el responsable de un buen esqueleto óseo y de unos dientes fuertes. Refuerza las uñas y el cabello, combate la fatiga, regula la temperatura corporal y favorece

el crecimiento y la reconstitución de los tejidos corporales. El fósforo es el segundo mineral en abundancia en el cuerpo y se encuentra en todas las células vivas. Implicando el correcto funcionamiento tanto de músculos como de nervios, colaborando a menudo con el calcio. Está relacionado catalíticamente con las funciones paratiroides. Su campo de acción es la espasmofilia, la tetania, los problemas vasculares de tipo espasmódicos y determinadas formas de asma espasmódica. (FAO. 2003).

Donde encontrarlo: principalmente en las leguminosas, el pan integral, las nueces, los productos lácteos. También en las frutas (sobre todo en los kiwis) y en las verduras coles y de espinacas. (FAO. 2003).

**s. Potasio:** en combinación con la sal, el potasio permite al cuerpo mantener un buen grado de humedad. La necesidad de potasio en el cuerpo es directamente proporcional a la cantidad de sodio absorbido bajo forma de sal de cocina. Un buen equilibrio entre estos dos elementos regula los latidos del corazón y las contracciones musculares y favorece la eliminación de las toxinas, con lo cual se obtiene el visible resultado de tener una piel limpia y sana. (FAO. 2003).

Donde encontrarlo: en las frutas (en los kiwis, los plátanos y los albaricoques) y las verduras. También en las nueces. (FAO. 2003).

**t. Sodio:** el cuerpo humano está compuesto en un 70% de agua salada. Es evidente que la sal orgánica (sodio) es un elemento vital. Actúa en asociación con el potasio, pero la colaboración no es real y eficaz más que cuando los dos elementos están presentes de manera equilibrada. (FAO. 2003).

La sal orgánica no tiene nada que ver con la sal de cocina (cloruro sódico) que puede destruir rápidamente el frágil equilibrio natural

sodio-potasio y puede provocar trastornos renales y de vesícula, una tensión arterial muy elevada y afecciones cardíacas. (FAO. 2003).

Donde encontrarlo: la sal de cocina es la principal fuente de sodio. Asimismo, se halla presente en muchos alimentos. Por regla general, los alimentos de origen animal son más salados que los alimentos vegetales. (FAO. 2003).

**u. Sulfato:** el aumento de  $\text{SO}_2$ , además de favorecer la lluvia o neblina ácidas que dañan la vegetación y las actividades agrícolas, afectan la salud humana, en forma directa (por acidificación en las mucosas respiratorias) o contribuyen la formación de cristales de sulfato de amonio, nitrato de amonio y nitrito de amonio, que constituyen material particulado muy fino que a su vez contribuyen a desencadenar infartos extensos del miocardio y muertes por estos. (FAO. 2003).

Los óxidos de azufre son solubles en agua y al hidratarse dan lugar a la formación de ácidos sumamente agresivos. Aquéllos se hidratan con la humedad de las mucosas conjuntiva y respiratoria y constituyen un riesgo por producir irritación e inflamación aguda o crónica y suelen adsorberse en las partículas suspendidas, lo que da lugar a un riesgo mayor, puesto que su acción conjunta es sinérgica. (FAO. 2003).

La magnitud de la respuesta de un individuo asmático es típicamente la broncoconstricción, misma que es variable y diferente para cada persona. Aunque dicha respuesta es inducida por la exposición a cualquier concentración de bióxido de azufre, la realización de una actividad moderada a exposiciones entre 0.4 a 0.5 ppm o mayores, implica un riesgo importante para la salud de la persona; puede que sea necesario no sólo detener su actividad, sino incluso recibir atención médica. (FAO. 2003).

La combinación del bióxido de azufre con partículas suspendidas, en condiciones favorables para su acumulación y oxidación (la presencia de metales en las partículas favorece la reacción al catalizar la oxidación), ha sido la responsable de episodios poblacionales, así como del incremento de la morbilidad y la mortalidad en enfermos crónicos del corazón y de las vías respiratorias. (FAO. 2003).

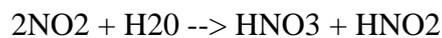
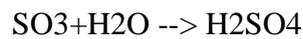
Los óxidos de azufre penetran en los pulmones y se convierten en un agente irritante al tracto respiratorio inferior, cuando se absorben en la superficie de las partículas respirables que se inhalan o al disolverse en las gotas de agua que penetran por la misma vía. Tanto la absorción como la conversión a sulfatos tiene lugar en la atmósfera. Los aerosoles sulfatados son agentes irritantes de tres a cuatro veces más potentes que el bióxido de azufre. Estas pequeñas partículas penetran hasta los pulmones, donde se depositan y si el bióxido de azufre no está ya en forma de sulfato, el ambiente húmedo de los pulmones proporciona las condiciones apropiadas para su oxidación. (FAO. 2003).

Los sulfatos constituyen un peligro serio para la salud, habiéndose demostrado que concentraciones muy bajas de ellos (de 8 a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ejercen efectos adversos sobre los asmáticos, los ancianos y otras personas susceptibles con problemas respiratorios crónicos. (FAO. 2003).

**u.1. La lluvia ácida:** la lluvia ácida presenta un pH menor (más ácido) que la lluvia normal o limpia. Constituye un serio problema ambiental ocasionado principalmente por la contaminación de hidrocarburos fósiles. Estos contaminantes son liberados al quemar carbón y aceite cuando se usan como combustible para producir calor, calefacción o movimiento (gasolina y diesel). El humo del cigarro es una fuente secundaria de esta contaminación, formada principalmente por dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ). Las erupciones volcánicas y los géiseres contribuyen con una

pequeña cantidad de estos contaminantes a la atmósfera. (FAO. 2003).

La lluvia ácida se forma generalmente en las nubes altas donde el SO<sub>2</sub> y los NO<sub>x</sub> reaccionan con el agua y el oxígeno, formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico. La radiación solar aumenta la velocidad de esta reacción. (FAO. 2003).



La lluvia, la nieve, la niebla y otras formas de precipitación arrastran estos contaminantes hacia las partes bajas de la atmósfera, depositándolos sobre las hojas de las plantas, los edificios, los monumentos y el suelo. A través del ciclo hidrológico, el agua se mueve en plantas y animales, ríos, lagos y océanos, evaporándose a la atmósfera y formando nubes que viajan empujadas por el viento, de tal suerte que si transportan contaminantes, éstos pueden alcanzar casi cualquier lugar sobre la superficie terrestre. Una lluvia "limpia" es imposible de despojar de partículas de polvo y polen y de un pH cercano al 5.6 (ligeramente ácido). Al adicionarse SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> el pH se torna dramáticamente ácido (por los ácidos sulfúrico y nítrico formados en la atmósfera). (FAO. 2003).

Las lluvias acidas afectan a las personas, es más inmediato el efecto de los contaminantes que producen esta lluvia y que llegan al organismo cuando éste los respira, afectando su salud. (FAO. 2003).

Los productos del hombre, monumentos y edificios, son más susceptibles a la acción de la lluvia ácida. Muchas ruinas han desaparecido o están en vías de hacerlo, a causa de este factor. En los bosques la situación es un tanto distinta. Aunque los científicos no se han puesto de acuerdo con respecto a los efectos inmediatos

concretos, todos estiman que la lluvia ácida no mata directamente a plantas y árboles, sino que actúa a través de ciertos mecanismos que los debilitan, haciéndolos más vulnerables a la acción del viento, el frío, la sequía, las enfermedades y los parásitos. La lluvia ácida afecta directamente las hojas de los vegetales, despojándolas de su cubierta cerosa y provocando pequeñas lesiones que alteran la acción fotosintética. Con ello, las plantas pierden hojas y así, la posibilidad de alimentarse adecuadamente. En ocasiones la lluvia ácida hace que penetren al vegetal ciertos elementos como el aluminio (éste bloquea la absorción de nutrientes en las raíces), que afectan directamente su desarrollo. (FAO. 2003).

**v. Bicarbonatos:** el bicarbonato de sodio es un elemento que se utiliza con frecuencia en la cocina, pero tiene otros usos que no son tan conocidos, varios de ellos para mejorar nuestra salud. (FAO. 2003).

También se puede utilizar para mejorar los cálculos renales de ácido úrico, acidosis, y como método de primeros auxilios para evitar ampollas y cicatrices después de una quemadura. Una mezcla de peróxido de hidrógeno y bicarbonato de sodio en porciones iguales aplicado sobre las manchas de la piel producidas por la edad suaviza sus efectos. Ayuda también a aliviar el picor y el dolor en casos de urticaria, picor, picaduras y mordeduras. Ayuda en problemas bucales. El ácido producido por las bacterias orales en realidad puede desgastar el esmalte de los dientes. Lavarte los dientes con bicarbonato de soda varias veces al día puede salvar el esmalte de tus dientes. Dermatitis del pañal: una pizca de bicarbonato de sodio en el agua de la bañera ayuda a reducir la irritación en la piel y proporciona un alivio rápido del bebé. Alivio sintomático de las infecciones urinarias: Una mezcla de bicarbonato y agua puede ayudar a calmar la sensación de ardor al orinar, ya que equilibra los ácidos producidos. Como verás, es muy recomendable tener siempre algo de bicarbonato de sodio a mano en nuestro hogar, ya que se trata

de una sustancia natural que prácticamente nunca produce efectos secundarios y que presenta infinidad de beneficios. (FAO. 2003).

### **¿Qué hace el bicarbonato de sodio?**

La principal función del bicarbonato de sodio es como neutralizadora de ácidos. En el cuerpo humano, neutraliza la acidez de ácido clorhídrico del estómago y por lo tanto es un potente antiácido. Los científicos a menudo lo utilizan en los laboratorios, debido a sus propiedades neutralizantes. Como limpiador. (FAO. 2003).

El bicarbonato de sodio también puede ser utilizado con el fin de desinfectar y desodorizar. Actúa como un potente desinfectante y acaba con los olores desagradables. Por este motivo se puede utilizar mezclado con agua para limpiar el suelo, el cuarto de baño, eliminar manchas resistentes, limpiar electrodomésticos en profundidad e incluso como detergente para fregar los platos. (FAO. 2003).

**w. Carbonatos:** los carbonatos más importantes son: el carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), la magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ), el carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), el bicarbonato sódico ( $\text{NaHCO}_3$ ) y la potasa ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Los carbonatos normales (que contienen el anión  $\text{CO}_3$ ) y los carbonatos ácidos o bicarbonatos (que contienen el anión  $\text{HCO}_3$ ) son los compuestos más importantes. Todos los bicarbonatos son solubles en agua; de los carbonatos normales, sólo son solubles las sales de alcalimetales. Los carbonatos anhidros se descomponen cuando se calientan, antes de alcanzar el punto de fusión. (FAO. 2003).

Las soluciones de carbonatos producen reacciones alcalinas debido a la considerable hidrólisis que tiene lugar. Los bicarbonatos, al calentarse, se convierten en carbonatos normales: los carbonatos normales se descomponen cuando entran en contacto con ácidos fuertes ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ), liberando  $\text{CO}_2$ . Los carbonatos de sodio se

presentan en las siguientes formas: sosa-carbonato sódico anhidro ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ); sosa cristalizada-bicarbonato sódico ( $\text{NaHCO}_3$ ) y carbonato sódico decahidrato ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$ ). Los carbonatos alcalinos pueden causar una intensa irritación de la piel, la conjuntiva y las vías respiratorias altas durante el curso de diferentes procesos industriales (manipulación y almacenamiento o procesado). Los trabajadores que cargan y descargan sacos que contienen carbonatos pueden presentar en brazos y piernas zonas de piel necróticas del tamaño de una cereza. En ocasiones, después de desprenderse las costras marrones-negruczas, se aprecian lesiones ulcerosas profundas. El contacto prolongado con soluciones de sosa puede causar eczema, dermatitis y ulceraciones. (FAO. 2003).

**x. Boro:** elemento químico tiene tres elementos de valencia y se comporta como no metal. Se clasifica como metaloide y es el único elemento no metálico con menos de cuatro electrones en la capa externa. El elemento libre se prepara en forma cristalina o amorfa. La forma cristalina es un sólido quebradizo, muy duro. Es de color negro azabache a gris plateado con brillo metálico. Una forma de boro cristalino es rojo brillante. La forma amorfa es menos densa que la cristalina y es un polvo que va del café castaño al negro. En los compuestos naturales, el boro se encuentra como una mezcla de dos isótopos estables, con pesos atómicos de 10 y 11. (FAO. 2003).

El boro y sus compuestos tienen muchas aplicaciones en diversos campos, aunque el boro elemental se emplea principalmente en la industria metalúrgica. Su gran reactividad a temperaturas altas, en particular con oxígeno y nitrógeno, lo hace útil como agente metalúrgico degasificante. Se utiliza para refinar el aluminio y facilitar el tratamiento térmico del hierro maleable. El boro incrementa de manera considerable la resistencia a alta temperatura, característica de las aleaciones de acero. Cuando las fibras de boro se utilizan en material portador o matriz de tipo epoxi (u otro plástico), la composición resultante es más fuerte y rígida que el acero y 25%

más ligera que el aluminio. El bórax,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , refinado es un ingrediente importante en ciertas variedades de detergentes, jabones, ablandadores de agua, almidones para planchado, adhesivos, preparaciones para baño, cosméticos. Talcos y papel encerado. Se utiliza también en retardantes a la flama, desinfectantes de frutas y madera, control de hierbas e insecticidas, así como en la manufactura de papel, cuero y plásticos. (FAO. 2003).

El boro constituye el 0.001% en la corteza terrestre. Nunca se ha encontrado libre. Está también presente en el agua de mar en unas cuantas partes por millón (ppm). La presencia de boro en cantidades muy pequeñas parece ser necesaria en casi todas las plantas, pero en grandes concentraciones es muy tóxico para la vegetación. En la naturaleza hay sólo un número limitado de localidades con concentraciones altas de boro o grandes depósitos de minerales; los más importantes parecen ser de origen volcánico. (FAO. 2003).

Las plantas absorben Boro del suelo y a través del consumo de plantas por los animales este termina en la cadena alimentaria. El Boro ha sido encontrado en los tejidos animales pero este no parece ser que se acumule. Cuando los animales absorben grandes cantidades de Boro en un periodo de tiempo corto a través de la comida o el agua los órganos reproductivos masculinos serán afectados. Cuando los animales son expuestos al Boro durante el embarazo sus descendientes pueden sufrir defectos de nacimiento y fallos en el desarrollo. Además, los animales sufren irritación de nariz cuando respiran Boro. (FAO. 2003).

Los humanos pueden ser expuestos al Boro a través de las frutas y vegetales, el agua, aire y el consumo de productos. Comer peces o carne no incrementará la concentración de Boro en nuestros cuerpos, el Boro no se acumula en los tejidos animales. La exposición al Boro a través del aire y del agua no es muy frecuente que ocurra, pero el

riesgo de exposición al polvo de Boro en el lugar de trabajo existe. (FAO. 2003).

Las exposiciones al Boro pueden también ocurrir al consumir productos como cosméticos y productos para lavar. Cuando los humanos consumen grandes cantidades de comida que contiene Boro, la concentración de Boro en sus cuerpos puede aumentar a niveles que causan problemas de salud. El Boro puede infectar el estómago, hígado, riñones y cerebro y puede eventualmente llevar a la muerte. Cuando la exposición es con pequeñas cantidades de Boro tiene lugar la irritación de la nariz, garganta y ojos.

**y. Metales:** Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio.

Estos metales (Ba, Cd, Cr, Pb y Hg) frecuentemente son contaminantes del petróleo crudo y algunas veces están presentes en pequeñas cantidades en las aguas residuales de la industria (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 2003).

- **El Bario** tiene efectos irreversibles para la salud y es tóxico para los animales. Se puede combinar con sulfatos para formar sulfato de bario insoluble.
- **El Cadmio** se acumula en tejidos blandos y puede interferir en el metabolismo. Es conocido que en sistemas acuáticos, el cadmio se acumula fácilmente en las ostras.
- **El Cromo** es cancerígeno para el sistema respiratorio y venenoso para los peces.
- **El plomo** se acumula en ostras y mariscos. Llega al ser humano a través de la cadena alimenticia y se acumula en los huesos. El plomo es un inhibidor de las enzimas e influye en el metabolismo celular.

- **El Mercurio** es altamente tóxico a niveles relativamente bajos y se acumula en los peces, es venenoso para los animales y llega al ser humano a través de la cadena alimenticia.

### 2.2.13.2. Selección de Parámetros

#### A. Aguas Continentales.

Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (2009) indica que la calidad de las aguas continentales presenta variaciones en función de los procesos morfológicos, hidrológicos, químicos y biológicos a los que se haya expuesto. Así como, su entorno físico, tales como: las precipitaciones, escorrentías, material solido transportado, el agua subterránea y la atmosfera en general. También las actividades antropogenica pueden afectar considerablemente la calidad de los cuerpos de agua natural, a través de los vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas, movimiento de tierras, erosión, uso de pesticidas y obras hidráulicas, etc.

Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (2009) indica que la selección de parámetros estará en función a los siguientes aspectos de evaluación:

- **Vigilancia de los cuerpos de agua para determinar el impacto que ocasionan las aguas residuales procedentes de las actividades económicas y poblacionales:**

Cuadro 05: parámetros según su actividad económica y población.

Actividades	Parámetros determinados en campo	Parámetros que se determinaran en laboratorio
	Categoría 3	Categoría 3
Poblacionales	pH, temperatura, Conductividad y Oxígeno disuelto	C. total, C. term., huevos de helmintos, DBO5, DQO, MEH, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, sulfuros y SAAM

Leyenda: pH, conductividad, Temperatura (T°C), oxígeno disuelto (OD), Coliformes termotolerantes (C. term.), coliformes totales (C. Total), huevos de helmintos, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Demanda Química de oxígeno (DQO), Aceites y Grasas (MEH), cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, sulfuros, detergentes (SAAM).

Fuente: Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (2009)

- **Parámetros para la Categoría 3; Riego de Vegetales Tallo Alto, Tallo Bajo y Bebida de Animales.**

Cuadro 06: riego de vegetales y bebidas de animales

CATEGORÍA 3/ CAMPO			
INDICADORES	Vegetales tallo bajo- tallo alto		Bebida de animales
Parámetros	unidad	valor	Valor
<b>Fisicoquímicos</b>			
Conductividad	uS/cm	<2 000	<=5000
Aceites y grasas	mg/L	1	1
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	1
Oxígeno disuelto	mg/L	>=4	>5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).	mg/L	15	<=5000
Demanda Química de Oxígeno (DQO).	mg/L	40	40
pH	Unidades de pH	6,5-8,5	6,5-8,5
Nitratos	mg/L	10	50
Nitritos	mg/L	0,06	1
Bicarbonatos	mg/L	370	-
Fosforo Total	mg/L	1	-
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cobalto	mg/L	0,05	1
Sodio	mg/L	200	-
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05
Sulfatos	mg/L	300	500
Cloruros	mg/L	100-700	-
Bario total	mg/L	0,7	-
Boro	mg/L	0,5-6	5

Cadmio	mg/L	0,005	0,01
Berilio	mg/L		0,1
Calcio	mg/L	200	-
Carbonatos	mg/L	5	-
Mercurio	mg/L	0,001	0,001
Cadmio	mg/L	0,005	0,001
Cromo	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	1	1
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	150	0,2
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,001
Níquel	mg/L	0,2	0,2
Plata	mg/L	0,05	0,05
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,05	0,05
Zinc	mg/L	2	24
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,05	0,1

#### BIOLÓGICOS

Coliformes	NMP/100 mL	1000-	1000
Termotolerantes		2000	
Coliformes totales	NMP/100 mL	5000	5000
Huevos de helmintos	Huevos/L	<1 - <1(1)	<1

FUENTE: D.S. 002 MINSA 2008

#### 2.2.14. Usos del Agua por Actividad en el Mundo.

Méndez (2014) describe que También resulta interesante indicar el consumo total de agua en el mundo y su evolución histórica, así como la distribución en relación al uso.

Cuadro 07: uso del agua en el mundo

Años	Consumo total	Agricultura		Industria		Agua municipal	
Año	Km <sup>3</sup> /año	Km <sup>3</sup> /a	%	Km <sup>3</sup> /a	%	Km <sup>3</sup> /a	%
1900	400	350	87.5	30	7.5	20	5
1950	1100	820	74.5	220	20	60	5.5
1975	3000	2200	73	650	22	150	5
2000	5000	3400	68	1250	25	350	7

Fuente: Méndez (2014).

Méndez (2014) menciona que los principales usos del agua, individual, colectivo, industrial y agrícola, pueden agruparse en tres categorías.

**A. Uso de Alto Grado para los Cuales se Requiere Agua Potable de Calidad:**

- Para beber, en casa, en la calle, en el trabajo y para cierto tipo de crianza de animales.
- Contacto con los alimentos: para la preparación de alimentos en la casa, higiene personal, lavado de ropa y platos.

**B. Usos específicos para los cuales quizás se requiere una calidad mínima, incluidos:**

- Uso recreativo y para baño.
- Tratamiento de belleza y salud en balnearios y algunos usos médicos tales como diálisis renal con criterios de calidad diferentes a los aplicados al agua potable.
- Algunos usos industriales (procesamiento de datos, preparaciones farmacéuticas, industria alimentaria, generación de vapor, etc.) que requieren un nivel de calidad de agua apropiado a l tecnología usada
- Usos agrícolas como riego, pulverización, cultivo de plantas acuáticas y crianza de peces moluscos y crustáceos que requieren agua de calidad específica.

**C. Otros usos:**

- Descarga de inodoros.
- Riego de parques y jardines, etc.
- Lavado de vehículos y calles.
- Generación de energía hidroeléctrica y agua para enfriamiento industrial.
- Hidrantes de incendio y sistemas automáticos de extinguidores.

Méndez (2014) indica que en los países de América Latina y el Caribe el consumo promedio de agua es de 200 litros por persona al día. Sin embargo, esta cifra solo se relaciona con la cantidad efectivamente usada

por el consumidor. La cantidad de agua extraída del ambiente natural para producir agua potable es mayor que la recibida por los consumidores y depende de las condiciones de funcionamiento de las redes, especialmente del nivel de fugas.

Figura 06: Uso y consumo del agua



Fuente: Méndez (2014).

### 2.2.15. Tipología de los Usos del Agua

Cisneros (2001) menciona que el agua es un recurso limitado en la naturaleza y ofrece una multiplicidad de usos que no siempre son compatibles entre sí. Algunos usos extraen el agua de su ciclo natural por periodos largos de tiempo, otro por un tiempo corto y otros simplemente no extraen el agua, aun cuando la usan, a este último grupo pertenece los usos no extractivos del agua. Sin embargo, para comprender mejor los usos no consuntivos del agua es necesario identificarlos dentro de la amplia gama que ofrece este recurso.

Cisneros (2001) menciona que los usos del agua pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- **Usos extractivos o consuntivos;** que son los que extraen o consumen el agua de su lugar de origen (ríos, lagos y aguas subterráneas).
- **Usos no extractivos, in situ o no consuntivos;** corresponden a los usos que ocurren en el ambiente natural de la fuente de agua sin extracción o consumo del recurso.

Cisneros (2001) señala que podría plantearse que existen además una categoría de usos no extractivos complementarios como los derivados de la representación visual o literaria del recurso, a través de libros, videos u otros que no significan una utilización in situ, pero que están vinculados al recurso agua.

#### 2.2.15.1. Usos Consuntivos

Cisneros (2001) indica que los usos consuntivos son aquellos que consumen o extraen el agua de su fuente de origen, por lo que, en general, este uso pueda ser medido cuantitativamente. Los usos consuntivos más frecuentes se pueden agrupar de la siguiente forma:

**a. Usos en industria:** el agua es uno de los recursos más importantes en la industria, ya que es usada como materia prima, enfriante, solvente, agente de transporte y como fuente de energía. En el caso de países como Estados Unidos y Canadá un 6% de agua extraída se destina a este uso (Cisneros 2001).

**b. Uso municipal:** se considera el uso público, comercial y residencial, incluyendo todos los usos domésticos del agua como beber y cocinar. En el caso de países como Estados Unidos y Canadá un 14% de agua extraíble se destina a este uso (Cisneros 2001).

**c. Agricultura:** dentro de este grupo se considera el agua para riego de cultivos y aguas que consume la ganadería. En la mayor parte del mundo, 70-80% de toda el agua consumida para actividades humanas

correspondientes al uso para la agricultura. En el caso de países como Estados Unidos y Canadá un 40% de agua extraíble se destina a este uso (Cisneros 2001).

**d. Minería:** el agua es utilizada para separar los minerales de rocas y limpiar los materiales de desechos. Aproximadamente un 1% se destina a este uso en países como Estados Unidos y Canadá (Cisneros 2001).

Cisneros (2001) señala que en países como ejemplo: Canadá y Estados Unidos, se encuentran de manera frecuente otro tipo de usos consuntivos que es: Generación de energías térmicas: dentro de este uso se incluyendo plantas de energía convencional y nuclear. El agua es uno de los recursos más importantes usados en gran escala en la producción de energía terminal. Parte del agua es convertida en vapor que permite que el generador produzca electricidad, sin embargo, la mayor parte del agua es usada en el enfriamiento del condensador. A este uso corresponde un 39% del agua consuntiva.

#### **2.2.15.2. Usos no Consuntivos**

Cisneros (2001) señala que a diferencia de los usos extractivos, los usos no consuntivos no pueden ser medidos cuantitativamente, porque el agua es usada, pero no es removida de su ambiente natural. Sin embargo, estos usos pueden ser descritos por ciertas características del agua o por los beneficios que proporciona al ecosistema.

Los distintos tipos de usos no consuntivos también se pueden clasificar de la siguiente manera:

**a. Generación de energías hidroeléctricas:** el agua en todo el mundo se ha constituido en una de las principales fuentes de energía. Desde el caudal de un río y desde un reservorio, el agua es utilizada para hacer girar las turbinas y de esta manera producir electricidad;

así el agua ni es realmente extraída ya que después de pasar por la turbina vuelve al caudal, aunque no en el mismo lugar donde se extraído (Cisneros 2001).

**b. Transporte:** históricamente el agua ha sido una alternativa para el transporte tanto para fines comerciales, como turísticos (Cisneros 2001).

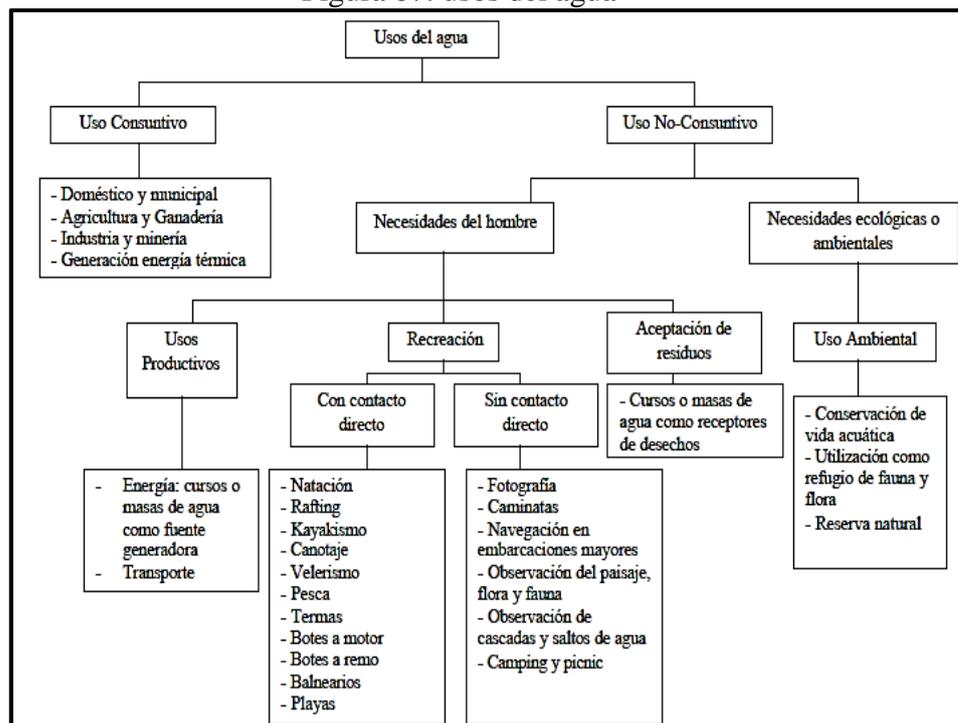
**c. Pesca:** en este uso se considera la extracción de peces con fines comerciales y recreacionales (Cisneros 2001).

**d. Vida silvestre:** el agua es un ecosistema donde habitan gran cantidad de especies silvestres, además de la vida acuática que existe en el mismo curso de agua (Cisneros 2001).

**e. Recreacional:** el agua ofrece amplias posibilidades de recreación al aire libre, desde la práctica de deportes (natación, canotaje, etc.) hasta posibilidades de esparcimiento como fotografía y caminatas entre otras (Cisneros 2001).

**f. Aceptación de residuos:** los lagos y ríos son usadas como receptores de desechos industriales y humanos. Aun cuando el agua es capaz de asimilar y diluir en gran parte los desechos, existen límites de absorción hasta para los cuerpos de agua más grandes. La capacidad del agua de absorber desechos dependen de varios factores tales como la naturaleza del contaminante, cuanto tiempo permanece el contaminante en el agua, la temperatura del agua y el caudal del agua (Cisneros 2001).

Figura 07: usos del agua



Fuente: Cisneros (2001)

Cisneros (2001) acata por otra parte, dentro de los usos reconocidos en la legislación de aguas de los distintos países de América del Sur, los principales usos no consumitivos son:

- Generación de energías hidroeléctricas.
- Pesca.
- Transporte.
- Recreación.

Cisneros (2001) dice que aunque no aparece reconocidos en la legislación, el uso del agua para vida silvestre (uso ambiental) y el uso del agua para aceptación de residuos, se hacen presentes en la vida cotidiana de estos países. Una forma amplia de dividir los usos no consumitivos es en aquellos que cubren las necesidades del hombre y aquellos que cubren necesidades ecológicas y ambientales.

- La necesidad del hombre incluyen recreación, generación de energía hidroeléctrica, transporte, aceptación de residuos, paisajismo (uso estético) y preservación de un recurso cultural.
- Las necesidades ecológicas o ambientales incluyen la preservación de vida acuática y vida silvestre, biodiversidad y preservación de humedales entre otros.

### **2.2.16. La Situación del Agua en el Perú**

Otto (2006) anuncia que el Perú cuenta con 106 cuencas hidrográficas por las que escurren 2'043.548,26 millones de metros cúbicos (MMC) al año. Asimismo, cuenta con 12.200 lagunas en la sierra y más de 1.007 ríos, con los que se alcanza una disponibilidad media de recursos hídricos de 2,458 MMC concentrados principalmente en la vertiente amazónica. Sin embargo, su disponibilidad en el territorio nacional es irregular, puesto que casi el 70% de todo el agua precipitada se produce entre los meses de diciembre y marzo, contrastando con épocas de extrema aridez en algunos meses. Además, muchas lagunas han sufrido el impacto de la contaminación por desechos mineros, agrícolas y urbanos, y el asentamiento de pueblos o centros recreativos en sus orillas. Nuestro país cuenta con tres vertientes hidrográficas: la del Atlántico (genera 97,7% de los recursos hídricos), la vertiente del Pacífico (1,8% de los recursos hídricos) y la vertiente del Titicaca (el restante 0,5%). Paradójicamente, la población está ubicada en su mayoría en la vertiente del Pacífico, generando un problema de estrés hídrico: situación donde existe una demanda mayor de agua que la cantidad disponible, o cuando el uso del agua se ve restringido por su baja calidad.

Otto (2006) indica que de hecho, el balance hídrico realizado en la vertiente del pacífico para proyectar los requerimientos de agua y la oferta de esta, indica que, si bien en agregado se cubre la demanda de agua, en más del 68% de las cuencas de la vertiente el balance es negativo. Por ejemplo, 9 de cada 10 peruanos vive en zonas áridas, semiáridas y sub húmedas; y 1 de cada 2 se asienta en la costa. De esta

manera, aunque el Perú cuenta con la mayor disponibilidad per cápita de agua dulce renovable en América Latina (74,546 MMC/persona al año), la distribución de los recursos hídricos es asimétrica. La concentración de núcleos urbanos y de las actividades productivas en las tres vertientes hidrográficas genera una situación donde la demanda por recursos hídricos es máxima en las zonas donde la disponibilidad y el abastecimiento de agua son más escasos.

### **2.2.17. Contexto del Acceso al Agua en el Perú**

Méndez (2014) señala que el territorio peruano tiene una extensión aproximada de 128,5 millones de hectáreas. Se caracteriza por una enorme diversidad climática y ecológica, pues posee más de 80 de los ecosistemas existentes en el planeta. El país se divide en tres regiones naturales de marcado contraste:

- La franja costera occidental desértica, con el 10% del territorio.
- La región andina o sierra, con el 31% del territorio.
- La selva oriental de montaña y amazónica, con el 59% del territorio nacional.

Méndez (2014) indica que la región de la costa, ubicada entre los 0 y 2000 metros de altitud, se caracteriza por la ausencia total de lluvias durante todo el año, y utiliza el agua de una media centena de ríos de régimen irregular y con un marcado carácter estacional. Por su parte, la sierra tiene precipitaciones estacionales de regular intensidad y la selva se caracteriza por periodos de intensas lluvias durante la mayor parte del año.

Méndez (2014) cita que el patrón histórico de ocupación territorial de la población —influenciado por la colonización española, que ponía énfasis en los puertos y ciudades de la zona costera— ha determinado que la mayor parte de la población peruana, el 61%, se ubique en la costa, especialmente en la costa norte y costa centro; en esta última se ubica la

capital, Lima, con el 30% de la población nacional. Le siguen en importancia la sierra, con 29%, y la selva, con 10% de la población total. La mayor demanda de agua, tanto para consumo directo como para actividades económicas, se ubica en la región occidental tanto de la costa como de la sierra, las cuales tienen una menor dotación relativa de agua. Por ejemplo, se estima que la dotación anual de agua por habitante en la vertiente occidental es de solo 2040 m<sup>3</sup>/hab-año, muy por debajo del promedio mundial de 8500 m<sup>3</sup>. En contraste, en la vertiente oriental, la dotación por habitante es de 232 949 m<sup>3</sup>/hab-año. Igualmente, de la dotación anual de agua de todo el país, la vertiente occidental tiene únicamente el 1,8%, mientras que la vertiente oriental selvática concentra el 98%.

Cuadro 08: Dotación de agua por vertientes en el Perú

	Superficie	Población		Disponibilidad de agua		Índice
	(1000 km <sup>2</sup> )	Miles	%	MMC anuales	%	m <sup>3</sup> /hab-año
Pacífico	279,7	18315276	65,0	37363	1,8	2040
Atlántico	958,5	8579112	30,0	1998752	97,7	232949
Lago Titicaca	47,0	1326376	5,0	10172	0,5	7669
total	1285,2	28220764	100,0	2046287	100,0	72510

Fuente: Méndez (2014)

Méndez (2014) indica que para las próximas dos décadas, la vertiente occidental (que abarca la costa y una parte de la sierra) presenta el mayor crecimiento poblacional proyectado, así como la mayor proyección de actividades económicas consumidoras de agua, como la agricultura, la industria, la minería y el consumo de agua potable y saneamiento. Las estimaciones actuales indican que con las tendencias existentes para el año 2025, si no se atienden a tiempo los crecientes problemas de gestión, el Perú podría enfrentar un serio problema de estrés hídrico o desbalance entre oferta y demanda.

### 2.2.17.1. Usos Extractivos del Agua

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) menciona que el total del volumen de agua para el uso extractivo o consuntivo es de 18.972 Hm<sup>3</sup> de los cuales 16.267 Hm<sup>3</sup> (85.7 %) corresponden al uso agrícola, 1.264 Hm<sup>3</sup> (6.7 %) uso potable, 1.155 Hm<sup>3</sup> (6.1 %) uso industrial, 207 Hm<sup>3</sup> (1.1 %) uso minero y 79 Hm<sup>3</sup> (0.4 %) al uso Pecuario. El volumen empleado a nivel nacional para uso poblacional es 1.264 Hm<sup>3</sup>, para 24 millones de habitantes. En la vertiente del Pacífico el mayor uso corresponde a la cuenca del río Rímac (620 Hm<sup>3</sup>) donde habita casi un tercio de la población nacional (14'482.892). En la vertiente del Atlántico los mayores usos se concentran en las cuencas del río Mantaro (39 Hm<sup>3</sup>) y en el Titicaca la cuenca de mayor uso es la del río Coata con 3,5 Hm<sup>3</sup>. En cuanto al uso pecuario el mayor consumo de agua corresponde a la vertiente Atlántica, donde se concentra el mayor volumen de vacunos, ovinos y auquénidos, no obstante que la vertiente del Pacífico concentra mayor volumen de especies la mayoría de las cuales son aves. El consumo total pecuario nacional se estima en 79,6 Hm<sup>3</sup>.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) indica que en el uso industrial el agua se emplea principalmente para refrigeración y producción de vapor y como insumo industrial. Las industrias predominantes son de productos alimenticios y afines; bebidas y afines; tabaco, textiles prendas de vestir, etc. La mayor concentración de industrias se encuentra, principalmente en la región Costa (se estima en 42,000 industrias en 1995) siendo la vertiente del Titicaca la de menor concentración. En el sector minero, el uso total de agua a nivel nacional es 207 Hm<sup>3</sup>, para 257 plantas que procesan 120'111.959 TM/día, de las cuales 164 se ubican en la vertiente del Pacífico. El índice de afectación por descargas de relaves preocupante en las cuencas de los ríos Mantaro, Acarí, Locumba, Cañete, Moche.

### **2.2.17.2. Usos no Extractivos del Agua**

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) dice que el uso no extractivo corresponde a la generación de energía hidroeléctrica. En los últimos tres quinquenios la incorporación de centrales hidroeléctricas permite la generación de 372 MW que comprometen 134,5 m<sup>3</sup>/s. El volumen de agua utilizado por 257 centrales hidroeléctricas es usado también para enfriamiento de 924 centrales térmicas con un volumen total que alcanza 11.138,6 Hm<sup>3</sup>. El mayor uso se concentra en la vertiente Atlántica (6.880 Hm<sup>3</sup>), luego en la vertiente del Pacífico (4.246 Hm<sup>3</sup>) y finalmente en la del Titicaca (12,6 Hm<sup>3</sup>).

### **2.2.18. Disponibilidad de Agua Superficial**

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) señala que el recurso hídrico es abundante en la vertiente Atlántica y escasa en las vertientes del Pacífico y del Titicaca. La disponibilidad de agua de fuentes superficiales a nivel nacional, se estima en 2'046.000 Hm<sup>3</sup>. En la Vertiente del Pacífico la disponibilidad de agua se estima en 36,660 Hm<sup>3</sup> que representa menos del 1.0 % del total. En la Vertiente del Atlántico la disponibilidad es de 3'769,000 Hm<sup>3</sup> que corresponde al 99 % del total., Mientras que en la Vertiente del Titicaca la disponibilidad es de 6,970 Hm<sup>3</sup>, equivalente a 0,02 % del total.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) dice que en la costa y en la sierra los ríos son de régimen temporal e irregular, con corto período de disponibilidad de agua (diciembre a abril) y prolongado período de estiaje (mayo a noviembre), En la costa se estima que se dispone de 2,530 m<sup>3</sup> de agua superficial por habitante muy por debajo del promedio mundial de 8,500 m<sup>3</sup> por habitante. En el caso de la vertiente del Atlántico, el recurso es abundante con una disponibilidad de 450,840 m<sup>3</sup> de agua superficial por habitante. Para regularizar las descargas de los ríos de la costa e incrementar la oferta para atender la

demanda creciente, desde 1950 se han construido embalses de agua superficial, con una capacidad anual de almacenamiento igual a 2,845 Mmc.

Cuadro 09: Extensión Población y Disponibilidad de Agua

vertiente	Extensión (km <sup>2</sup> )	Población (habitantes)	Aguas superficiales (Hm <sup>2</sup> )	(%)
Pacífico	279.689	14 482.892	36,660	0,96
Atlántico	956.751	8 360.260	3 769,135	98,86
Titicaca	48.775	1 154.127	6,970	0,02
total	1 285.215	23 997.279	3 812,765	99,84

Fuente: Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000)

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) menciona que la disponibilidad de reservas explotables de agua subterránea ha sido estimada en 2,739.3 MMC, mientras que el volumen explotado, mayoritariamente en la Vertiente del Pacífico es de 1,508 mmc por año. La mayoría de los ríos del país están contaminados por el vertimiento incontrolado de elementos y sustancias nocivas, proveniente de las descargas de usos minero metalúrgico, poblacional, industrial, agrícola y de la explotación de hidrocarburos. El último estudio sobre la calidad del agua superficial, elaborado en 1984, muestra que prácticamente en todos los ríos se sobrepasa los niveles permisibles de cadmio, zinc y cobre.

### 2.2.19. Problemática del Agua en el Perú

Otto (2006) señala que el nivel nacional lo que es más preocupante es que ese retroceso de la calidad del agua se aplica no solamente para los cursos de agua superficiales, sino también para las aguas subterráneas y atmosféricas. Todo lo anteriormente señalado nos lleva a pensar en la importancia de la vigilancia de la calidad del agua. La vigilancia de la calidad del agua potable puede definirse como «la continua y vigilante evaluación e inspección sanitarias de la inocuidad y aceptabilidad del

suministro de agua potable» lo que implica que cada elemento del sistema (fuente, tratamiento, almacenamiento y distribución) debe funcionar sin posibilidad de fallo. Un ejemplo sencillo pero gravitante en la salud de las personas, es la falta de vigilancia del agua por profesional idóneo de los tanques y cisternas de almacenamiento en las viviendas y edificaciones en general, es un tema que le ha venido preocupando mucho a los investigadores de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, y de manera muy especial a los Ingenieros Sanitarios. Los trabajos realizados confirman la presencia del *Helicobacter pylori* en tanques y cisternas ubicados no necesariamente en las zonas de bajos recursos económicos o que no cuentan con el servicio de agua potable y alcantarillado. Lo delicado de la presencia de este microorganismo es que las concentraciones normales de cloro que se utilizan para asegurar la potabilidad del agua no reducen o eliminan su presencia.

Otto (2006) acata que es preocupante para los investigadores de la Universidad Nacional de Ingeniería el manejo del recurso natural agua, especialmente cuando se involucra el transvase de cuencas y la presencia de sustancias químicas de origen natural, agrícola, industrial, metalúrgico y minero. Debe tenerse especial cuidado de componentes químicos inorgánicos, orgánicos y plaguicidas.

#### **2.2.20. Caracterización de la Calidad del Agua en el Perú**

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) indica que la norma nacional para los estándares de calidad del agua data de 1969 y ha agrupado todos los usos del agua (poblaciones, agropecuario, industrial, recreaciones, etc.) en cinco Clases (I, II, III, IV y V). Para el uso poblacional del agua las normas consideran sólo 23 parámetros, de los cuales nueve corresponden a elementos químicos de tipo orgánico. Para el uso agropecuario del agua las normas consideran 23 parámetros. El Ministerio de Salud ha establecido niveles de tratamiento para el uso de las aguas servidas en la agricultura, sin hacer

referencias a estándares de calidad. Por su parte el Ministerio de Energía y Minas ha fijado ocho estándares de calidad de agua residual para los usos de Unidades Minero-Metalúrgica, cuatro estándares para actividades de Hidrocarburos y tres para las actividades de Energía Eléctrica.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) muestra que muchos de los cursos de agua del país están contaminados por el vertimiento sin tratamiento de elementos y sustancias nocivas, proveniente de las descargas de usos minero-metalúrgicos, poblacionales, industriales, agrícolas y de la explotación de hidrocarburos. El último estudio sobre la calidad del agua superficial, data de 1981 a 1984 realizado por el Plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos Hidráulicos (PLANOR), y comprendió 35 ríos principales de la vertiente del Pacífico, 34 ríos de la vertiente del Atlántico, y 9 ríos de la vertiente del Titicaca.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) acata que los resultados de este estudio muestran que en la vertiente del Pacífico:

- Para fines de riego predominan las aguas C2S1 a las que corresponde salinidad moderada y poco sodicidad. Sin embargo en los ríos Chillón, Pisco, Río Grande, Acarí, Camaná-Majes, Vitor-Chilli y Caplina las aguas son C3S1 con salinidad alta y poco sodicidad; ya en los ríos Yauca, Tambo, Locumba, Sama y Caplina las aguas son tipo C4S2 alta salinidad alta y sodicidad media. Estas últimas dos clases aguas son peligrosas para el riego por su concentración de sales y sodio.
- El agua de veintidós (22) ríos sobrepasa los niveles permisibles de cadmio; en lo que se refiere al cobre casi los 35 ríos sobrepasan el nivel permisible para de la clase V (aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos); mientras que en los ríos Moche, Cañete, Pisco, Acarí, Yauca, Caravelí, Oconá, Camaná-Majes, Vitor-Chilli, Tambo,

Locumba, Sama Y Caplina, las aguas sobrepasan en exceso los niveles permisibles de casi todos los elementos analizados (Cd, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, As y Cianuro).

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) considera que los resultados del estudio para los ríos de la vertiente del Atlántico son los siguientes:

- En lo referente a fines de riego predomina la clasificación C1S1 que corresponde a salinidad y sodicidad bajas, con excepción del río Urubamba que presenta la clase C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> que corresponde a salinidad moderada y baja sodicidad.
- El agua de casi los 34 ríos sobrepasan los niveles permisibles de cobre y Zinc para la clase V (aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos) ,mientras que la concentración de nitratos de todos los ríos supera las Clases I, II y III.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) considera que los resultados de la vertiente del Titicaca son los siguientes:

- En lo referente al riego predomina la clasificación C2S1 que corresponde a salinidad moderada y poco sódica, aunque las aguas del río Maure corresponden a la Clase C3S2 salinidad alta y medio sódica, constituyendo ésta última clases aguas un peligro para el riego, por su concentración de sales y sodio
- El agua de los nueve ríos sobrepasa los niveles permisibles de cobre y Zinc para las aguas de la clase 5.

## **2.2.21. Usos y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos en EL Perú.**

### **2.2.21.1. Usos Extractivos**

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) menciona que el siguiente orden de prioridad en el uso de las aguas: abastecimiento poblacional, pecuario, agrícola, energético, industrial y minero.

Cuadro 10: Uso Consuntivo del Agua a Nivel Nacional

Vertiente	USO CONSUNTIVO (Hm <sup>3</sup> )					total uso consuntivo (Hm <sup>3</sup> )
	población	pecuario	agrícola	industrial	minero	
Pacífico	1.018	28	14.200	1.103	152	16.501
Atlántico	229	41	1.996	49	53	2.367
Titicaca	18	10	71	3	2	104
<b>Total</b>	<b>1.264</b>	<b>79</b>	<b>16.267</b>	<b>1.155</b>	<b>207</b>	<b>18.972</b>

Fuente: Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000)

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) indica que el total del volumen de agua para el uso extractivo o consuntivo es de 18.972 Hm<sup>3</sup> de los cuales 16.267 Hm<sup>3</sup> (85.7 %) corresponden al uso agrícola, 1.264 Hm<sup>3</sup> (6.7 %) al uso de las potable, 1.155 Hm<sup>3</sup> (6.1 %) al uso industrial, 207 Hm<sup>3</sup> (1.1 %) al uso minero y 79 Hm<sup>3</sup> (0.4 %) al uso Pecuario.

#### A. Uso agrícola.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) muestra que el uso consuntivo o extractivo está constituido principalmente por el consumo agrícola que alcanza 16.267 Hm<sup>3</sup>/año y que se concentra mayormente en la vertiente del Pacífico (86,97%), y luego en la vertiente Atlántica (12,47 %) y finalmente en la del Titicaca (0,5 %). Las cuencas con el uso agrícola más significativo son: en la vertiente del Pacífico (716.749 ha irrigadas), las de Chancay-Lambayeque (2.019

Hm<sup>3</sup>), Chira (1.474 Hm<sup>3</sup>), Chicama (1.384 Hm<sup>3</sup>); en la vertiente del Atlántico (345.289 ha irrigadas) la cuenca del Urubamba (321 Hm<sup>3</sup>) y en la del Titicaca (34.227 ha irrigadas) la cuenca del río Coata (27 Hm<sup>3</sup>).

Cuadro 11: Distritos de Riego, Áreas Irrigadas y Volumen de

Agua				
vertiente	cuenca hidrográfica (unidades)	distrito de riego (unidades)	área bajo riego (ha)	volumen de agua usada (hm <sup>3</sup> )
pacífico	53	32	742.153	10.084
atlántico	23	32	165.450	1.296
Titicaca	4	4	9.025	89
<b>total</b>	<b>80</b>	<b>68</b>	<b>916.628</b>	<b>11.469</b>

Fuente: Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000)

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) señala que la utilización inadecuada y excesiva de agroquímicos, (plaguicidas, herbicidas, fertilizantes inorgánicos, etc.); motiva arrastre de residuos tóxicos por efecto de lluvias o absorción en el suelo, hacia los canales de riego y cursos de agua superficial. Como resultado se presenta contaminación de las aguas superficiales por excesos en el agua, lo que se refleja particularmente en las áreas agrícolas degradadas de las cuencas de los ríos Rímac, Piura, Chancay-Lambayeque, Chillón, Mala, Cañete, Acarí, Vitor-Chili, etc.).

## B. Uso poblacional

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) señala que el volumen empleado a nivel nacional es 1.264 Hm<sup>3</sup>, para 24 millones de habitantes. En la vertiente del Pacífico el mayor uso se concentra en la cuenca del río Rímac (620 Hm<sup>3</sup>) donde se concentra casi un tercio de la población nacional (14'482.892), siguiéndole la cuenca del río Chira-Piura (47 Hm<sup>3</sup>),

Chancay-Lambayeque (46,9 Hm<sup>3</sup>) y Quilca-Chili (45,5 Hm<sup>3</sup>). En la vertiente del Atlántico los mayores usos se concentran en las cuencas del río Mantaro (39 Hm<sup>3</sup>) y Urubamba (34,5 Hm<sup>3</sup>); mientras que en la vertiente del Titicaca la cuenca de mayor uso es la del río Coata con 3,5 Hm<sup>3</sup>.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) acata que la demanda para uso poblacional es creciente, especialmente en la vertiente del Pacífico, adonde se orienta la mayor migración del interior del país. Un caso especial es el de la ciudad de Lima donde se asienta el 30% de la población nacional, cuya demanda llega a 30,8 m<sup>3</sup>/s, y cuya capacidad de producción es de 20,7 m<sup>3</sup>/s, lo que hace exista un déficit permanente, que llega a ser crítico, principalmente en el período de verano.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) señala que las descargas de aguas residuales del uso poblacional sin tratamiento de las ciudades y centros poblados, genera entre otros problemas excesos de carga orgánica, disminuyendo el oxígeno disponible. Según información del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), en el Perú se generan 22.0 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales correspondiente aproximadamente a 2,600 ciudades que tienen agencias de agua potable y alcantarillado. De este total, solo 60 ciudades realizan tratamiento parcial de sus aguas residuales antes de su disposición final. En mayoría de los casos, las aguas residuales sin tratar, se utilizan en actividades agrícolas; lo que genera problemas en el área de salud y contaminación de las aguas subterráneas.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) señala que las ciudades que descargan los mayores volúmenes de aguas residuales a los cursos de agua son Lima - Callao, con un promedio de 1 036,800 m<sup>3</sup>/día, que corresponde a

una carga orgánica de 87,500 T.M de DBO/año; Chiclayo, con un volumen de descarga de 25,920 m<sup>3</sup>/día y una carga orgánica estimada en 3,900 T.M de DBO/año; y Chimbote, con un volumen de descarga igual a 14,688 m<sup>3</sup>/día y una carga orgánica de 1,900 T.M de DBO/año.

### **C. Uso pecuario**

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) menciona que en el Perú las especies predominantes son, vacuno, ovino, caprino, porcino, equino, auquénido, aves y otras. El mayor consumo de agua corresponde a la vertiente Atlántica, donde se concentra el mayor volumen de vacunos, ovinos y auquénidos, no obstante que la vertiente del Pacífico concentra mayor volumen de especies la mayoría de las cuales son aves. El consumo total pecuario nacional se estima en 79,6 Hm<sup>3</sup>.

### **D. Uso industrial**

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) señala que su crecimiento es considerable en los últimos años y está considerado como el más importante en términos de contribución al PBI nacional. El agua se emplea principalmente para refrigeración y producción de vapor y como insumo industrial. En el Perú, las industrias predominantes son de productos alimenticios y afines; bebidas y afines; tabaco, textiles prendas de vestir, cuero y afines; madera, productos de madera y afines; papel, productos de papel, imprentas, editoriales y afines; sustancias químicas y productos químicos derivados del petróleo, carbón, caucho, plásticos y afines; productos minerales y no metálicos y afines; metálicas básicas y afines. El consumo total a nivel nacional es 1.155 Hm<sup>3</sup> para 15.199 industrias (extraoficialmente se considera que el total de industrias es tres veces mayor que las registradas oficialmente, al igual que el

consumo de agua). La mayor concentración de industrias se encuentra, principalmente en la región Costa (13,976) siendo la vertiente del Titicaca la de menor concentración.

#### **E. Uso minero.**

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) muestra que el agua es un insumo importante para el sector minero que genera el 12,59 % del PBI nacional. La mayor concentración de plantas de mineral se ubica en la vertiente del Pacífico, las mismas que procesan la mayor cantidad de mineral tratado. El uso total de agua a nivel nacional es 207 Hm<sup>3</sup>, para 257 plantas que procesan 120'111.959 TM/día, de las cuales 164 se ubican en la vertiente del Pacífico. El uso minero no se encuentra adecuadamente controlado por las autoridades, siendo el índice de afectación por descargas de relaves preocupante en las cuencas de los ríos Mantaro, Acarí, Locumba, Cañete, Moche. El sector minero-metalúrgico emplea un volumen anual de agua de 114.0 MMC, para fines de control de polvo, refrigeración, acarreo y evacuación de residuos, en forma de los denominados "relaves"; que en la mayoría de los casos son descargados en los cursos naturales de agua superficial. Las descargas de relaves mineros son variables a lo largo del año, por ejemplo el río Locumba recibe 51 MMC/año y el río Rímac 16 MMC/año.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) muestra que durante el proceso de prospección, exploración y explotación petrolífera, se generan situaciones que motivan el deterioro del recurso hídrico, incluyendo la tala y desbroce de vegetales que motiva la erosión intensiva de los suelos. Asimismo, en el proceso de extracción y desalado del petróleo, se generan subproductos líquidos altamente contaminantes, como las salmueras del petróleo crudo (2 a 3 barriles por cada barril de petróleo procesado), que contienen

sulfatos, bicarbonatos y cloruros, además de aguas aceitosas con residuos de petróleo, compuestos orgánicos y gases disueltos.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) muestra que en el año 1982, se arrojó un equivalente de 113, 369,200 barriles de salmueras hacia los ríos de la Selva Norte, de acuerdo a estimaciones consignadas en el "Perfil Ambiental del Perú", ONERN 1986, cuyos resultados se describen a continuación. La información sobre los efectos medioambientales originados por la contaminación del agua, es muy limitada. Sin embargo, los resultados puntuales revelan que es un problema relevante. Así por ejemplo en el departamento de Cajamarca están contaminados los suelos y cultivos en la campiña de Bambamarca, por efecto del escurrimiento superficial de las canchas de relaves pertenecientes a las minas de Hualgayoc.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) muestra que en el departamento de La Libertad, valle de Santa Catalina, las aguas del río Moche transportan un volumen total de descargas mineras igual a 2,168,368 MMC/año, afectando aproximadamente 500 ha, deterioradas por acumulación de bases de sodio y aluminio. En la cuenca del mismo río hay 3, 000 ha de praderas naturales en proceso de deterioro debido a la contaminación de los relaves, arrastrados por aguas de lluvia.

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) indica que en el departamento de Junín se tiene aproximadamente 21,800 ha de suelos agrícolas afectados por contaminación por aguas de riego del río Mantaro, las cuales contienen elevadas concentraciones de metales pesados: hierro, manganeso, zinc, plomo, y por aguas de drenaje de las minas y evacuación de aguas residuales de los procesos metalúrgicos,

principalmente de la Fundación de la Oroya. En la cuenca alta del río Mantaro, se tienen ubicadas plantas concentradoras en la zona de Pasco, Morococha, Yauli, Azulcocha y Tambo, los cuales descargan directamente a las lagunas de Quinlacocha y Huascacocha, y los ríos San Juan, Mantaro y Yauli, motivando concentraciones de metales en las aguas naturales, que superan los límites permisibles fijados en la Ley de Aguas (fierro, plomo y arsénico).

### 2.2.21.2. Usos no Extractivos

Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000) muestra que el uso no extractivo corresponde al uso del agua para la generación de energía hidroeléctrica. En los últimos tres quinquenios la incorporación de centrales hidroeléctricas permite la generación de 372 MW que comprometen 134,5 m<sup>3</sup>/s. El volumen de agua utilizado por 257 centrales hidroeléctricas es usado también para enfriamiento de 924 centrales térmicas con un volumen total que alcanza 11.138,6 Hm<sup>3</sup>. El mayor uso se concentra en la vertiente Atlántica (6.880 Hm<sup>3</sup>), luego en la vertiente del Pacífico (4.246 Hm<sup>3</sup>) y finalmente en la del Titicaca (12,6 Hm<sup>3</sup>).

Cuadro 12: Volúmenes de Agua del Uso No Extractivo

Vertiente	Uso no consuntivo (Hm <sup>3</sup> )	Volumen total consuntivo y no consuntivo (Hm <sup>3</sup> )
Pacífico	4.245	20.746
Atlántico	6.881	9.248
Titicaca	13	117
<b>Total</b>	<b>11.139</b>	<b>30.111</b>

Fuente: Informe Nacional del Perú sobre gestión de recursos hídricos (2000).

## 2.3 . DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- 1. Agua:** del latín *aqua*, el agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color), aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor).
- 2. Calidad de agua:** se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua.<sup>1</sup> Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.<sup>2</sup> Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.
- 3. Estándares de calidad ambiental:** son los niveles permisibles de contaminantes en el aire, agua, suelo y otros recursos. Los contaminantes son cualquier materia o energía cuya naturaleza, ubicación, o cantidad (concentración) en el aire, agua o suelo produce o puede producir efectos no deseados de la salud humana o a los límites de la utilidad del recurso para el uso presente o futuro.
- 4. Estrés hídrico:** Se habla de estrés hídrico cuando la demanda de agua es más importante que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad. El estrés hídrico provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, etc.) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina, etc.).
- 5. Aguas superficiales:** Aguas superficiales son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse en forma correntosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios, océanos y mares.
- 6. Agua potable:** se denomina agua potable o agua para el consumo del ser humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se

aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

- 7. Cuerpos de agua:** Un cuerpo de agua es una masa o extensión de agua, tal como un lago, mar u océano que cubre parte de la Tierra. Algunos cuerpos de agua son artificiales, como los estanques, aunque la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada o dulce.
- 8. Agua segura:** es el agua que no contiene bacterias peligrosas, metales tóxicos disueltos, o productos químicos dañinos a la salud, y es por lo tanto considerada segura para beber.
- 9. Servicios básicos:** los servicios, en un centro poblado, barrio o ciudad son las obras de infraestructuras necesarias para una vida saludable. Entre otros son reconocidos como servicios básicos: el sistema de abastecimiento de agua potable, el sistema de alcantarillado de aguas servidas, el sistema de desagüe de aguas pluviales, también conocido como sistema de drenaje de aguas pluviales, el sistema de vías, el sistema de alumbrado público, la red de distribución de energía eléctrica, el servicio de recolección de residuos sólidos, el servicio de Gas, el servicio de la seguridad pública, puestos de asistencia médica y establecimientos educativos.
- 10. Cloacas:** se denomina alcantarillado o también red de alcantarillado, red de saneamiento o red de drenaje al sistema de tuberías y construcciones usado para la recogida y transporte de las aguas residuales, industriales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.
- 11. Contaminación:** la contaminación es la introducción de sustancias en un medio que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso.<sup>1</sup> El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. El contaminante puede ser una sustancia química, energía (como sonido, calor, luz o radiactividad). Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio, y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana considerándose una forma de impacto ambiental.
- 12. Vertimientos:** conjunto de materiales de desecho que se vierten en algún lugar, especialmente los procedentes de instalaciones industriales o energéticas.
- 13. Patógenos:** en infectología, un patógeno es dolencia o afección, y la raíz griega, ‘generar’, ‘producir’, también llamado agente biológico patógeno, es todo agente

que puede producir enfermedad o daño a la biología de un huésped, sea humano, animal o vegetal.

- 14. Desechos orgánicos:** los desechos orgánicos son el conjunto de desechos biológicos (material orgánico) producidos por los seres humanos, ganado y otros seres vivos.
- 15. Desechos inorgánicos:** naturales, no vuelven a integrarse a la tierra, por centenas o miles de años. Entre ellos se encuentra el plástico, las toallitas higiénicas, los pañales, las bolsas plásticas, los envases de vidrio, las latas de aluminio, el polietileno, etc. Los llamados desechos inorgánicos pueden provenir de elementos orgánicos como el petróleo, o inorgánicos como la arena o los metales, su velocidad de degradación es lo que interesa en el momento de la clasificación.
- 16. Sistema hídrico:** los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida.
- 17. Evapotranspiración:** efecto o acción de las plantas, por el cual el líquido se evapora muy lentamente con temperaturas menores a la de ebullición, mediante los estomas de las hojas de las plantas. Este efecto aporta agua en forma de vapor a la atmósfera en el ciclo hidrológico.
- 18. Ecosistemas acuáticos:** los ecosistemas acuáticos son todos aquellos ecosistemas que tienen por biotopo algún cuerpo de agua, como pueden ser: mares, océanos, ríos, lagos, pantanos, arroyos y lagunas, entre otros. Los dos tipos más destacados son: los ecosistemas marinos y los ecosistemas de agua dulce. El monto, variaciones y regularidad de las aguas de un río son de gran importancia para las plantas, animales y personas que viven a lo largo de su curso. La fauna de los ríos es de anfibios, peces y una variedad de invertebrados acuáticos.
- 19. Aguas residuales:** las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas domésticas y urbanas, y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales). Su importancia es tal que requiere

sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

- 20. Aguas continentales:** las aguas continentales son cuerpos de agua permanentes que se encuentran sobre o debajo de la superficie de la Tierra,<sup>1</sup> alejados de las zonas costeras (excepto por las desembocaduras de los ríos y otras corrientes de agua). Además, son zonas cuyas propiedades y usos están dominados por los acontecimientos de condiciones de inundación, ya sean estos permanentes, estacionales o intermitentes.
- 21. Aguas domesticas:** se denomina agua potable o agua para el consumo del ser humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.
- 22. Recursos hídricos:** los recursos hídricos se constituyen en uno de los temas naturales renovables más importante para la raza humana. Tanto es así que las recientes investigaciones del Planeta Saturno se dirigen a buscar vestigios de agua en éste y en otros planetas y lunas, como indicador de la posible existencia de vida en ellos
- 23. Ecosistemas:** un ecosistema es un sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat. Los ecosistemas suelen formar una serie de cadenas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema.
- 24. Saneamiento:** 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, los residuos orgánicos tales como las excretas y residuos alimenticios, 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.

## CAPITULO III

### PRESENTACION DE RESULTADOS

#### 3.1 . CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS

##### 3.1.1. Observación Científica

Se realizó la visita a los centros poblados localizados en la ribera del río Marcahuasi (Asillo, San Isidro y Nuevo Horizonte).

En el centro poblado de Asillo es donde se forma este río, mediante tres afluentes (ojos de agua o manante). Se pudo observar vegetación abundante: bosques de eucaliptos, pissonay y arbustos. La actividad más común es la agricultura y en cantidad menor la crianza de animal mayor (vacuno) y menor (porcino, cuyes y avícola).

Figura 08: animales mayores (vacuno)



Figura 09: zonas con cobertura vegetal (eucaliptos)



Figura 10: cobertura vegetal (pissonaes)



Cabe mencionar que los pobladores en esta área habitan en un promedio mayor a doscientos (200) metros de la ribera, motivo por el cual la influencia antrópica es casi nulo en el río, ya que sus servicios de desagüe son a través de silos secos el de agua es entubado y represado de manantes. El río en esta zona solo es utilizado para la agricultura y para bebida de animales.

Figura 11: desvíos de agua del río



A un (1) kilómetro de la formación del río hay un armazón de concreto, represa y canales de irrigación elaborado por EMUSAP, que desvía agua del río con caudal considerado hacia el distrito de Tamburco.

Figura 12: canales de irrigación Tamburco



Figura 13: represamiento de agua del rio Marcahuasi.



Figura 14: canal de irrigación Tamburco.



Llegando al centro poblado de San Isidro, se pudo observar pobladores que habitan en la ribera del río que se dedican a la crianza y expensa de truchas, principalmente visitado por los ciudadanos abanquinos y turistas, los fines de semana y feriados, donde son los días más concurridos.

Figura 15: desviación de agua del rio Marcahuasi.



Para realizar esta actividad económica los pobladores desvían el agua del rio represándolo empíricamente con rocas y ramas para posteriormente entubarlos y dirigirlos a las pozas trucheras, que son entre 2 hasta 6 pozas construidas en diferentes pisos o graderías.

Figura 16: pozas para crianza de truchas.



Figura 17: aguas residuales vertidas al rio Marcahuasi.



En el centro poblado de San Isidro, se pudo observar que se dedican a la agricultura y crianza de animales menores (cerdos, gallinas y patos) y en cantidades muy bajas a la ganadería principalmente vacuno. El agua del

rio es utilizada para el regado de las plantas así como el abastecimiento para consumo diario de los animales. Cabe señalar que no cuentan con agua y desagüe, utilizando silos secos y agua entubada desviada desde el centro poblado de Asillo, todos los desechos líquidos son vertidos al rio directamente. Por último, por medio de recipientes (baldes, tazones o tinas) y uso de detergentes, extraen agua del rio para el lavado de automóviles (camionetas, autos y motocicletas).

Figura 18: silos secos a horillas del rio Marcahuasi



Figura 19: lavado de automóviles.



Entre el tramo del centro poblado San Isidro y Nuevo Horizonte, la demografía está incrementándose muy rápidamente, con viviendas de material concreto y adobe, esta actividad requiere de agua y la principal fuente es la del rio, extrayéndola en contenedores. También se visualizó algunas parcelas con cultivos y contados animales menores, que necesariamente requieren del rio.

Figura 20: puente desvió al centro poblado Asillo.



Figura 21: parcelas con cultivos regados con aguas del rio Marcahuasi.



Figura 22: aguas residuales vertidas al rio directamente.



Como anteriormente se mencionó no cuentan con desagüe, pero si con agua entubada, lamentablemente los desechos son vertidos al rio, cuya utilización posterior es para el lavado de ropa y regado de pequeñas huertas.

Figura 23: regado de aguas con agua del rio.



Figura 24: aguas residuales entubadas y vertidas al rio.



Por ultimo en el centro poblado Nuevo Horizonte, se observa que las viviendas son de material concreto armado en su mayoría, ya cuentan con agua y desagüe, pero estos líquidos contaminados son vertidos al rio. La utilización del rio es desviándola por canales para así regar algunos bosques de eucaliptos y pastos para el ganado.

Figura 25: aguas del rio contaminados en el punto 5 (nuevo horizonte).



Figura 26: utilización del agua del rio Marcahuasi para regado de parcelas.



### 3.1.2. Ficha de Recolección de Datos

#### 3.1.2.1.Resultado Análisis Físicoquímico

Variable: Calidad del agua- agua apta para categoría 3

Punto: 01

Dimensión: Parámetros físicoquímicos

Cuadro 14: resultados de los análisis físicoquímicos

<b>Parámetros físicoquímicos- punto 01</b>		
<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>pH</b>	Unidades de pH	7.40
<b>C.E.</b>	uS/cm	156.00
<b>Dureza</b>	Ppm	106.10
<b>Calcio</b>	Ppm	24.32
<b>Magnesio</b>	Ppm	10.30
<b>Sodio</b>	Ppm	11.40
<b>Potasio</b>	Ppm	3.60
<b>Cloruros</b>	Ppm	14.20
<b>Sulfatos</b>	Ppm	33.40
<b>Bicarbonatos</b>	Ppm	95.00
<b>Carbonatos</b>	Ppm	0
<b>Hierro</b>	Ppm	0.060
<b>Boro</b>	Ppm	0.024
<b>Sólidos disueltos</b>	Ppm	217.22

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

Variable: Calidad del agua- agua apta para categoría 3

Punto: 02

Dimensión: Parámetros físicoquímicos

Cuadro 15: resultados de los análisis fisicoquímicos

<b>Parámetros fisicoquímicos- punto 02</b>		
<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>pH</b>	Unidades de pH	7.55
<b>C.E.</b>	uS/cm	164.00
<b>Dureza</b>	Ppm	111.52
<b>Calcio</b>	Ppm	26.60
<b>Magnesio</b>	Ppm	10.17
<b>Sodio</b>	Ppm	15.20
<b>Potasio</b>	Ppm	3.80
<b>Cloruros</b>	Ppm	14.60
<b>Sulfatos</b>	Ppm	34.90
<b>Bicarbonatos</b>	Ppm	109.30
<b>Carbonatos</b>	Ppm	0
<b>Hierro</b>	Ppm	0.068
<b>Boro</b>	Ppm	0.024
<b>Solidos disueltos</b>	Ppm	239.57

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

Variable: Calidad del agua- agua apta para categoría 3

Punto: 03

Dimensión: Parámetros fisicoquímicos

Cuadro 16: resultados de los análisis fisicoquímicos

<b>Parámetros fisicoquímicos- punto 03</b>		
<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>pH</b>	Unidades de pH	7.60
<b>C.E.</b>	uS/cm	177.00
<b>Dureza</b>	Ppm	120.40
<b>Calcio</b>	Ppm	31.16
<b>Magnesio</b>	Ppm	9.52
<b>Sodio</b>	Ppm	17.10
<b>Potasio</b>	Ppm	3.80
<b>Cloruros</b>	Ppm	15.50
<b>Sulfatos</b>	Ppm	39.20
<b>Bicarbonatos</b>	Ppm	118.30
<b>Carbonatos</b>	Ppm	0
<b>Hierro</b>	Ppm	0.071
<b>Boro</b>	Ppm	0.030
<b>Solidos disueltos</b>	Ppm	259.88

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

Variable: Calidad del agua- agua apta para categoría 3

Punto: 04

Dimensión: Parámetros fisicoquímicos

Cuadro 17: resultados de los análisis fisicoquímicos

<b>Parámetros fisicoquímicos- punto 04</b>		
<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>	<b>valor</b>
<b>pH</b>	Unidades de pH	7.40
<b>C.E.</b>	uS/cm	189.00
<b>Dureza</b>	Ppm	128.50
<b>Calcio</b>	Ppm	32.70
<b>Magnesio</b>	Ppm	10.58
<b>Sodio</b>	Ppm	18.60
<b>Potasio</b>	Ppm	4.19
<b>Cloruros</b>	Ppm	16.20
<b>Sulfatos</b>	Ppm	41.60
<b>Bicarbonatos</b>	Ppm	128.70
<b>Carbonatos</b>	Ppm	0
<b>Hierro</b>	Ppm	0.084
<b>Boro</b>	Ppm	0.030
<b>Solidos disueltos</b>	Ppm	278.57

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

Variable: Calidad del agua- agua apta para categoría 3

Punto: 05

Dimensión: Parámetros fisicoquímicos.

Cuadro 18: resultados de los análisis fisicoquímicos

<b>Parámetros fisicoquímicos- punto 05</b>		
<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>pH</b>	Unidades de pH	7.70
<b>C.E.</b>	uS/cm	189.00
<b>Dureza</b>	Ppm	130.40
<b>Calcio</b>	Ppm	32.98
<b>Magnesio</b>	Ppm	10.81
<b>Sodio</b>	Ppm	18.00
<b>Potasio</b>	Ppm	4.40
<b>Cloruros</b>	Ppm	16.50
<b>Sulfatos</b>	Ppm	44.00
<b>Bicarbonatos</b>	Ppm	125.88
<b>Carbonatos</b>	Ppm	0
<b>Hierro</b>	Ppm	0.084
<b>Boro</b>	Ppm	0.036
<b>Solidos disueltos</b>	Ppm	278.17

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

### 3.1.2.2. Resultado Análisis Microbiológicos

Variable: Calidad del agua

Punto: 01

Dimensión: Parámetros bacteriológicos

Cuadro 19: resultados de los análisis bacteriológicos

<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	44.5 °C
<b>Termotolerantes</b>		210,0
<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	35°C
<b>totales</b>		>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015)

Variable: Calidad del agua

Punto: 02

Dimensión: Parámetros bacteriológicos

Cuadro 20: resultados de los análisis bacteriológicos

<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	44.5 °C
<b>Termotolerantes</b>		>1600
<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	35°C
<b>totales</b>		>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015)

Variable: Calidad del agua

Punto: 03

Dimensión: Parámetros bacteriológicos

Cuadro 21: resultados de los análisis bacteriológicos

<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	44.5 °C
<b>Termotolerantes</b>		28,0
<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	35°C
<b>totales</b>		>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015)

Variable: Calidad del agua

Punto: 04

Dimensión: Parámetros bacteriológicos

Cuadro 22: resultados de los análisis bacteriológicos

<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	44.5 °C
-------------------	------------	---------

<b>Termotolerantes</b>		>1600
<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	35°C
<b>totales</b>		>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015)

Variable: Calidad del agua

Punto: 05

Dimensión: Parámetros bacteriológicos

Cuadro 23: resultados de los análisis bacteriológicos

<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	44.5 °C
<b>Termotolerantes</b>		>1600
<b>Coliformes</b>	NMP/100 mL	35°C
<b>totales</b>		>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015)

### 3.2 . ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

#### 3.2.1 Variable Calidad del Agua

##### A. pH

**H<sub>0</sub>**:  $u_{pH} = 8.5$  (promedio de pH en agua de rio Marcahuasi es igual a 8.5 acido).

**H<sub>1</sub>**:  $u_{pH} < 8.5$  (promedio de pH en agua de rio Marcahuasi es menor a 8.5 acido).

Grafico 01: pruebas de normalidad del pH.

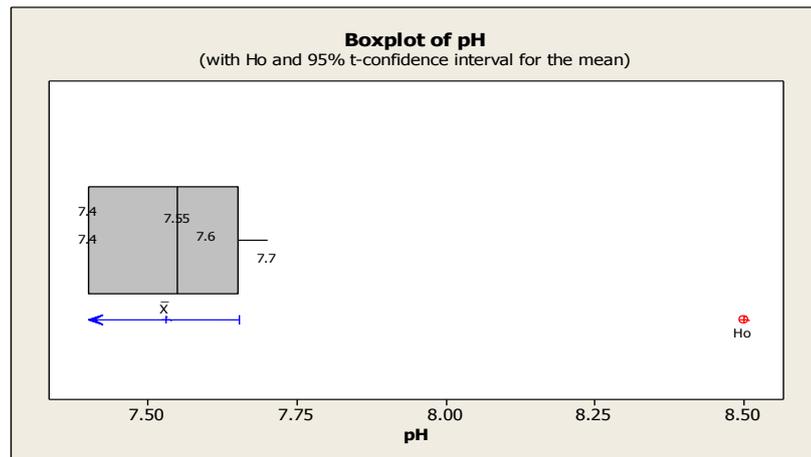
```

Test of mu = 8.5 vs < 8.5

          95%
          Upper
Variable  N   Mean  StDev  SE Mean  Bound    T    P
pH        5  7.53000  0.13038  0.05831  7.65431 -16.64  0.000

```

Grafico 02: resultado de MINITAB del pH.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo cual indica que el promedio de pH en agua del rio Marcahuasi es menor a 8.5 acido, y mayor a 6.5 alcalino, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM establece que la concentración o el grado de las unidades para el pH deben estar entre los valores de 6.5-8.5. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3 y 1.

## B. Conductividad Eléctrica

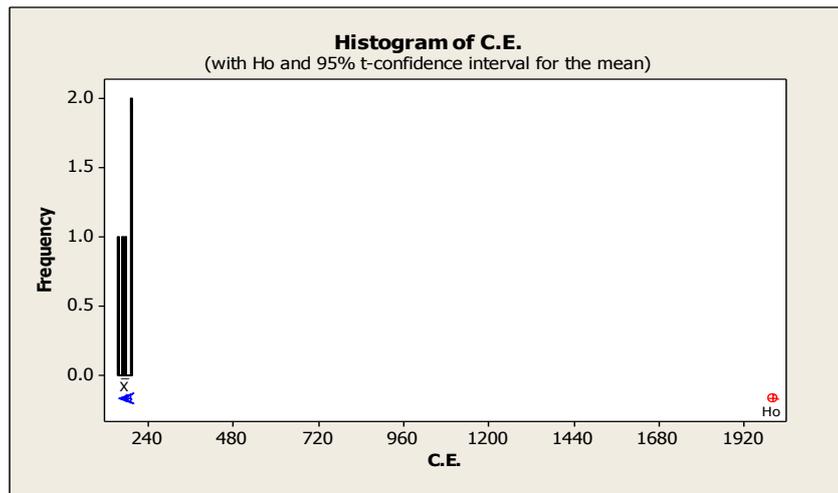
**$H_0$ :**  $\mu_{C.E} = 2000$  (promedio de C.E en agua de rio Marcahuasi es igual a 2000 uS/cm).

**$H_1$ :**  $\mu_{C.E} < 2000$  (promedio de C.E en agua de rio Marcahuasi es menor a 2000 uS/cm).

Grafica 03: pruebas de normalidad de C.E.

Test of $\mu = 2000$ vs $< 2000$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
C.E.	5	175.000	14.816	6.626	189.125	-275.44	0.000

Grafica 04: resultado de MINITAB de C.E.



El gráfico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo cual indica que el promedio de conductividad en agua del río Marcahuasi es menor a 2000 uS/cm , y mayor a 2000 uS/cm, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del río Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para la conductividad deben estar entre los valores de <2 000 para riego de vegetales y <=5000 para bebidas de animales. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3 y 1.

### C. Calcio

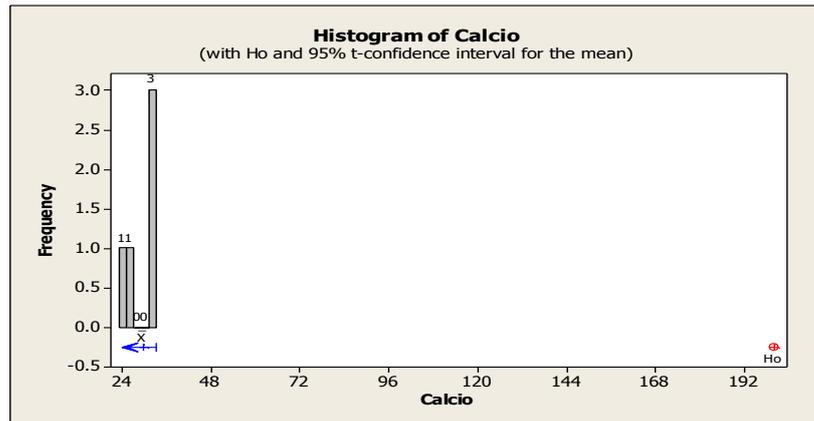
**$H_0$ :**  $\mu_{\text{Calcio}} = 200$  (promedio de calcio en agua de río Marcahuasi es igual a 200 mg/L).

**$H_1$ :**  $\mu_{\text{Calcio}} < 200$  (promedio de calcio en agua de río Marcahuasi es menor a 200 mg/L).

Grafico 05: prueba de normalidad de Ca.

Test of $\mu = 200$ vs $< 200$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Calcio	5	29.5520	3.8838	1.7369	33.2548	-98.13	0.000

Grafico 06: resultado de MINITAB de Ca.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo cual indica que el promedio de calcio en agua del rio Marcahuasi es menor a 200 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para el calcio deben estar entre los valores de  $< 200$  mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3.

#### D. Magnesio

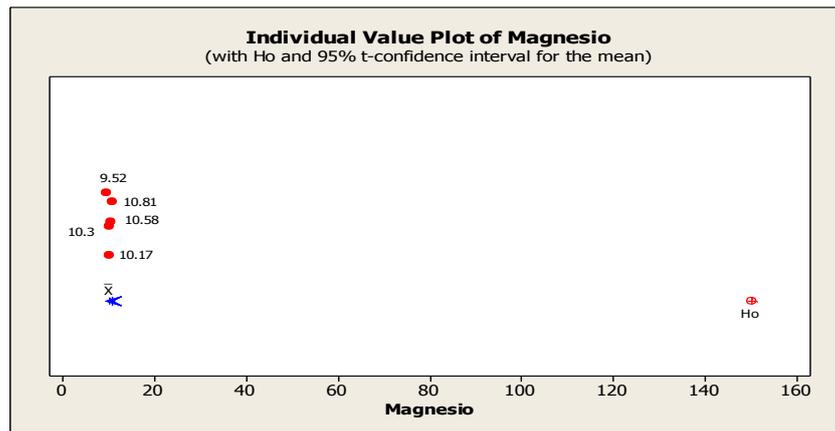
**$H_0$ :**  $\mu_{\text{Magnesio}} = 150$  (promedio de magnesio en agua de rio Marcahuasi es igual a 150 mg/L uS/cm).

**$H_1$ :**  $\mu_{\text{Magnesio}} < 150$  (promedio de magnesio en agua de rio Marcahuasi es menor a 150 mg/L).

Grafico 07: prueba de normalidad de Mg.

Test of mu = 150 vs < 150							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Magnesio	5	10.2760	0.4901	0.2192	10.7433	-637.44	0.000

Grafico 08: resultado de MINITB de Mg.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo cual indica que el promedio de magnesio en agua del rio Marcahuasi es menor a 150 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para el magnesio deben estar entre los valores de < 150 mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3.

### E. Sodio

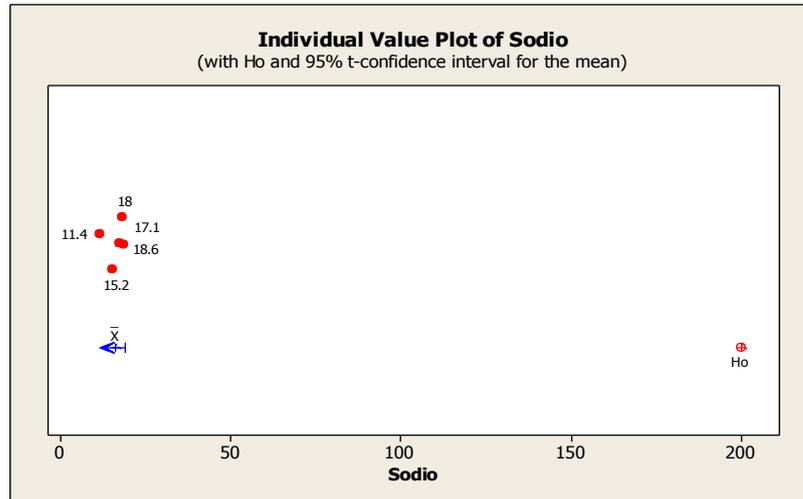
**$H_0$ :**  $u_{\text{sodio}} = 200$  (promedio de sodio en agua de rio Marcahuasi es igual a 200 mg/L).

**$H_1$ :**  $u_{\text{sodio}} < 200$  (promedio de sodio en agua de rio Marcahuasi es menor a 200 mg/L).

Grafica 09: prueba de normalidad de So.

Test of mu = 200 vs < 200							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Sodio	5	16.0600	2.9048	1.2991	18.8294	-141.59	0.000

Grafica 10: resultado de MINITAB de So.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de sodio en agua del rio Marcahuasi es menor a 200 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para el sodio deben estar entre los valores de < 2 00 mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3.

## F. Cloruros

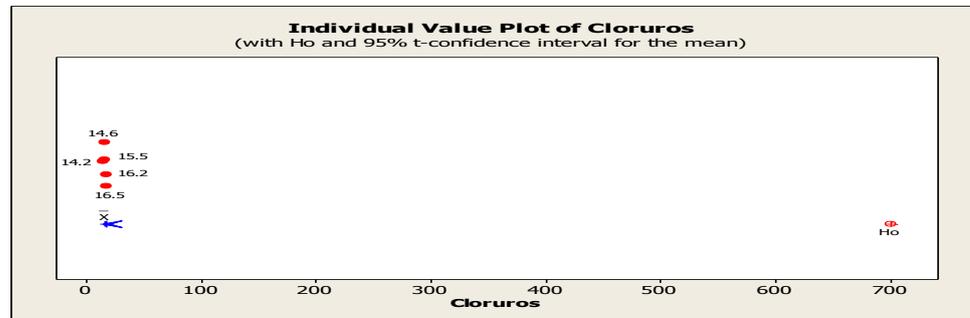
**Ho:**  $u_{\text{cloruros}} = 700$  (promedio de cloruros en agua de rio Marcahuasi es igual a 2000 mg/L).

**H1:**  $u_{\text{cloruros}} < 700$  (promedio de cloruros en agua de rio Marcahuasi es menor a 2000 mg/L).

Grafico 11: prueba de normalidad de cloruros.

Test of mu = 700 vs < 700							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Cloruros	5	15.4000	0.9925	0.4438	16.3462	-1542.42	0.000

Grafico 12: resultado de MINITAB de cloruros.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de cloruros en agua del rio Marcahuasi es menor a 700 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para los cloruros deben estar entre los valores de 100-700 mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3.

## G. Sulfatos

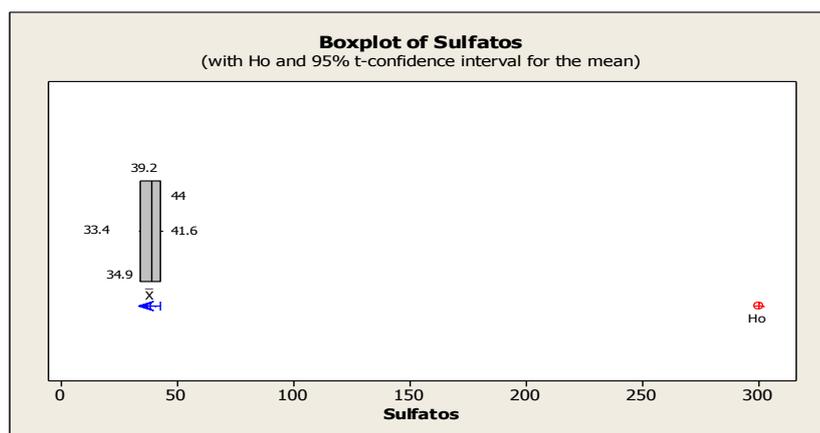
**Ho:**  $\mu_{\text{sulfatos}} = 300$  (promedio de sulfatos en agua de rio Marcahuasi es igual a 300 mg/L).

**H1:**  $\mu_{\text{sulfatos}} < 300$  (promedio de sulfatos en agua de rio Marcahuasi es menor a 300 mg/L).

Grafico 13: prueba de normalidad de sulfatos.

Test of mu = 300 vs < 300							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Sulfatos	5	38.6200	4.4511	1.9906	42.8636	-131.31	0.000

Grafico 14: resultado de MINITAB de sulfatos.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo cual indica que el promedio de sulfatos en agua del rio Marcahuasi es menor a 300 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM establece que la concentración o el grado de las unidades para los sulfatos deben estar entre los valores de <300 mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los estándares permitidos para la categoría 3.

## H. Bicarbonatos

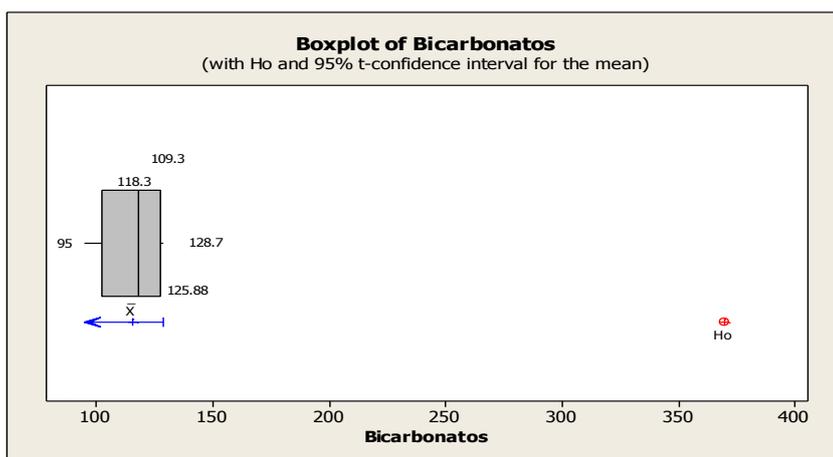
**H<sub>0</sub>:**  $\mu_{\text{bicarbonatos}} = 370$  (promedio de bicarbonatos en agua de rio Marcahuasi es igual a 370 mg/L).

**H<sub>1</sub>:**  $\mu_{\text{bicarbonatos}} < 370$  (promedio de bicarbonatos en agua de rio Marcahuasi es menor a 370 mg/L).

Grafico 15: prueba de normalidad de bicarbonatos.

Test of $\mu = 370$ vs $< 370$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Bicarbonatos	5	115.436	13.679	6.118	128.478	-41.61	0.000

Grafico 16: resultado de MINITAB de bicarbonato.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de bicarbonatos en agua del rio Marcahuasi es menor a 370 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM establece que la concentración o el grado de las unidades para el bicarbonatos deben estar entre los valores de <370 mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los estándares permitidos para la categoría 3.

## I. Carbonatos

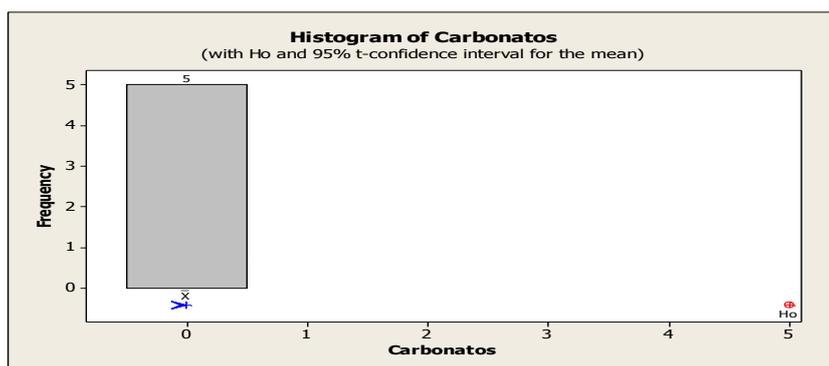
**Ho:**  $\mu_{\text{carbonatos}} = 5$  (promedio de carbonatos en agua de rio Marcahuasi es igual a 5 mg/L).

**H1:**  $\mu_{\text{carbonatos}} < 5$  (promedio de carbonatos en agua de rio Marcahuasi es menor a 5 mg/L).

Grafico 17: prueba de normalidad de carbonato.

Test of mu = 5 vs < 5							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Carbonatos	5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	*	*

Grafico 18: resultado de MINITAB de carbonato.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de carbonatos en agua del rio Marcahuasi es menor a 5 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para el carbonatos deben estar entre los valores de <5 mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3.

## J. Hierro

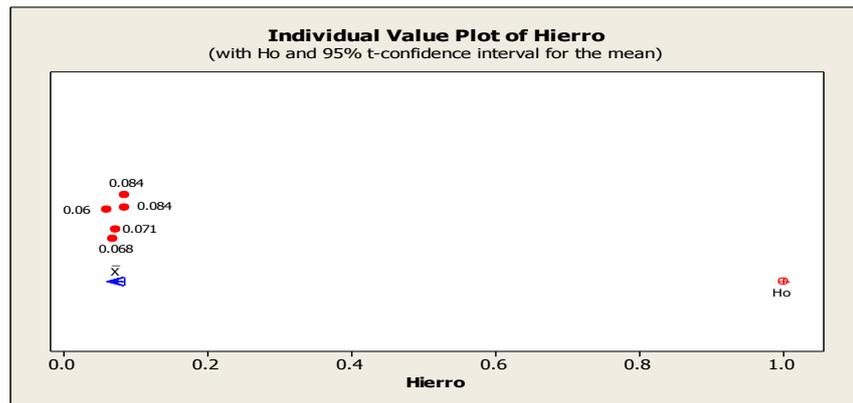
**Ho:**  $u_{\text{hierro}} = 1$  (promedio de hierro en agua de rio Marcahuasi es igual a 1 mg/L)

**H1:**  $u_{\text{hierro}} < 1$  (promedio de hierro en agua de rio Marcahuasi es menor a 1 mg/L).

Grafico 19: prueba de normalidad de Fe.

Test of $\mu = 1$ vs $< 1$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Hierro	5	0.073400	0.010479	0.004686	0.083390	-197.73	0.000

Grafico 20: resultado de MINITAB de Fe.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de hierro en agua del rio Marcahuasi es menor a 1 mg/L por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para el hierro deben estar entre los valores de < 1 mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3.

### K. Boro

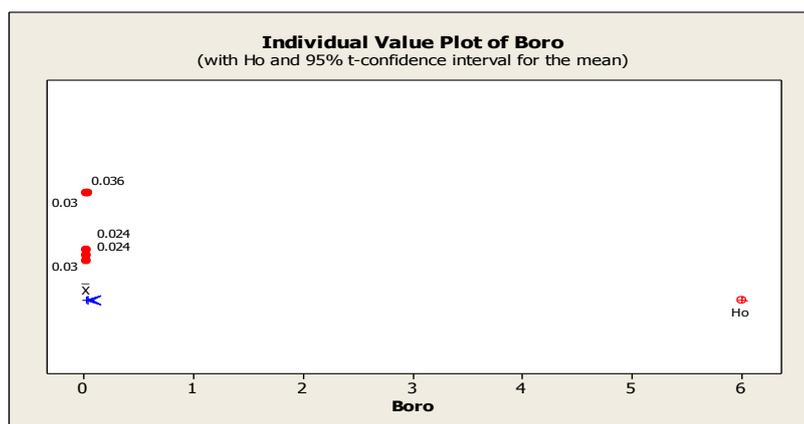
**Ho:**  $u_{\text{boro}} = 5$  (promedio de boro en agua de rio Marcahuasi es igual a 6 mg/L).

**H1:**  $u_{\text{boro}} < 5$  (promedio de boro en agua de rio Marcahuasi es menor a 6 mg/L).

Grafico 21: prueba de normalidad de B.

Test of mu = 6 vs < 6							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Boro	5	0.028800	0.005020	0.002245	0.033586	-2659.78	0.000

Grafico 22: resultado de MINITAB de B.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de boro en agua del rio Marcahuasi es menor a 6 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para el boro deben estar entre los valores de 0.5-6 mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3.

### L. Oxígeno Disuelto

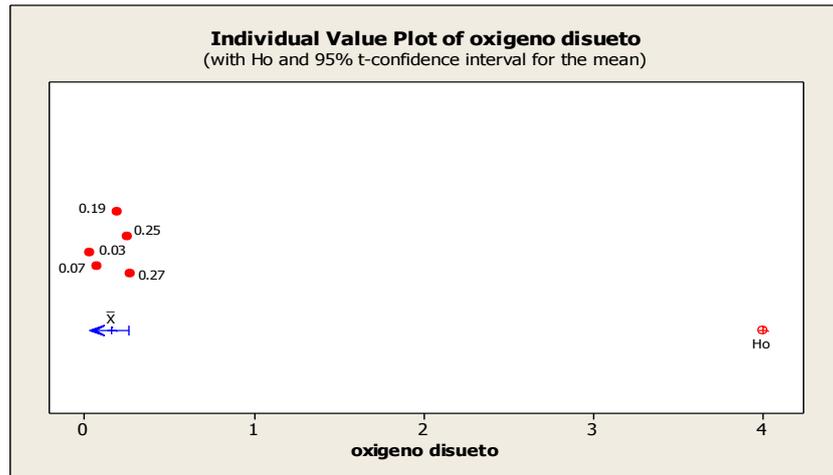
**Ho:**  $\mu$  oxígeno disuelto = 4 (promedio de oxígeno disuelto en agua de rio Marcahuasi es igual 4 mg/L).

**H1:**  $\mu$  oxígeno disuelto < 4 (promedio de oxígeno disuelto en agua de rio Marcahuasi es menor a 4 mg/L).

Grafica 23: prueba de normalidad de O.D.

Test of mu = 4 vs < 4							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
oxigeno disuelto	5	0.162000	0.107331	0.048000	0.264329	-79.96	0.000

Grafica 24: resultado de MINITAB de O.D.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de oxígeno disuelto en agua del rio Marcahuasi es menor a 4 mg/L, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para el oxígeno disuelto deben estar entre los valores de  $\geq 4$  mg/L. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3.

### M. Coliformes Termotolerantes

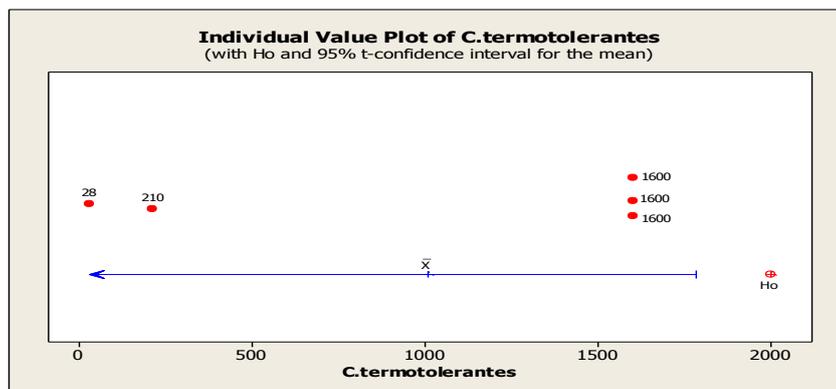
**Ho:**  $\mu$  coliformes termotolerantes = 2000 (promedio de coliformes termotolerantes en agua de rio Marcahuasi es igual a 2000 NMP/mL).

**H1:**  $\mu$  coliformes termotolerantes < 2000 (promedio de coliformes termotolerantes en agua de rio Marcahuasi es menor a 2000 NMP/mL).

Grafico 25: prueba de normalidad de C. Termotolerantes.

Test of mu = 2000 vs < 2000							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
C.termotolerante	5	1007.60	813.73	363.91	1783.40	-2.73	0.026

Grafico 26: resultado de MINITAB de C. Termotolerantes.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de coliformes termotolerantes en agua del rio Marcahuasi es menor a 2000 NMP/mL, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marcahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para el coliformes termotolerantes deben estar entre los valores de 1000-2000 NMP/mL. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3. Para la categoría 1 la concentración o el grado de las unidades para coliformes totales es de (45.5C) < 0 NMP/mL. Por lo que, este parámetro no está dentro de los estándares permitidos.

## N. Coliformes Totales

**Ho:**  $u_{\text{coliformes totales}} = 2000$  (promedio de C.E en agua de rio Marcahuasi es igual a 5000 NMP/mL).

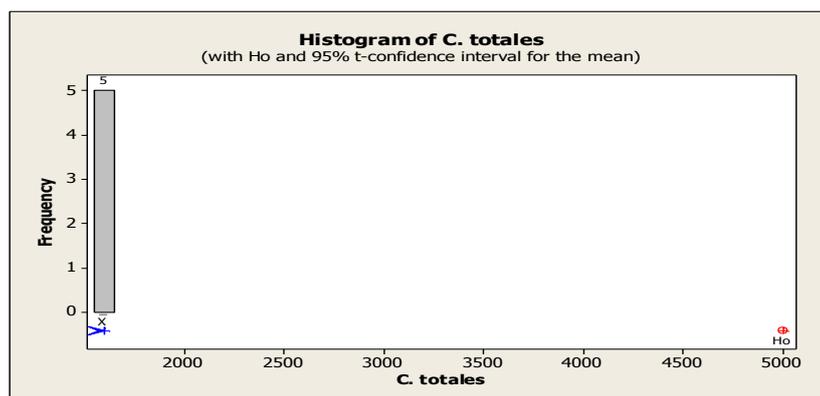
**H1:**  $u_{\text{coliformes totales}} < 2000$  (promedio de C.E en agua de rio

Marchahuasi es menor a 5000 NMP/mL).

Grafico 27: prueba de normalidad de C. Totales.

Test of $\mu = 5000$ vs $< 5000$							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
C. totales	5	1600.00	0.00	0.00	1600.00	*	*

Grafico 28: resultado de MINITAB de C. Totales.



El grafico muestra que el valor “p” es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho), lo cual indica que el promedio de coliformes totales en agua del rio Marchahuasi es menor a 5000 NMP/mL, por tanto los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de agua del rio Marchahuasi, según, los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, contenidos en el anexo 1, del decreto supremo 002-2008-MINAM estable que la concentración o el grado de las unidades para los coliformes totales deben estar entre los valores de <5000 NMP/mL. Por lo que, este parámetro está dentro de los entandares permitidos para la categoría 3. Para la categoría 1 la concentración o el grado de las unidades para coliformes totales es de (35-37°c) <50 NMP/mL. Por lo que, este parámetro no está dentro de los estándares permitidos.

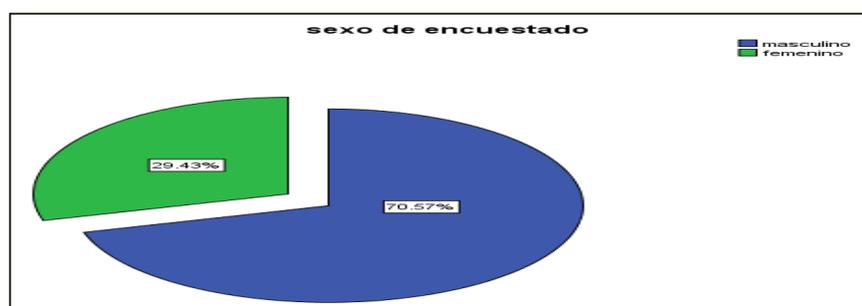
### 3.2.2 Variable Uso Consuntivo para la Agricultura y Municipal del Rio Marchahuasi.

Cuadro 24: sexo de encuestado de los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

sexo de encuestado				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos masculino	187	70.6	70.6	70.6
femenino	78	29.4	29.4	100.0
Total	265	100.0	100.0	

Del cuadro se observa que del 100% de los encuestados, 70.6% son masculinos y 29.4% son femeninos.

Figura 27: porcentaje de los pobladores encuestados según su sexo.



En la figura se puede apreciar detalladamente los porcentajes que resultaron. Tanto para sexo masculino y femenino 70.57% y 29.43% respectivamente.

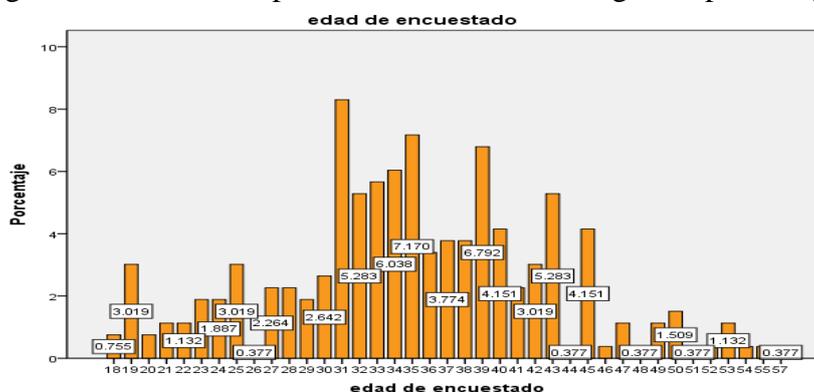
Cuadro 25: edad de encuestados de pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

edad de encuestado				
Válidos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
18	2	0.8	0.8	0.8
19	8	3.0	3.0	3.8
20	2	0.8	0.8	4.5
21	3	1.1	1.1	5.7
22	3	1.1	1.1	6.8
23	5	1.9	1.9	8.7
24	5	1.9	1.9	10.6
25	8	3.0	3.0	13.6
26	1	0.4	0.4	14.0
27	6	2.3	2.3	16.2
28	6	2.3	2.3	18.5
29	5	1.9	1.9	20.4
30	7	2.6	2.6	23.0

31	22	8.3	8.3	31.3
32	14	5.3	5.3	36.6
33	15	5.7	5.7	42.3
34	16	6.0	6.0	48.3
35	19	7.2	7.2	55.5
36	9	3.4	3.4	58.9
37	10	3.8	3.8	62.6
38	10	3.8	3.8	66.4
39	18	6.8	6.8	73.2
40	11	4.2	4.2	77.4
41	6	2.3	2.3	79.6
42	8	3.0	3.0	82.6
43	14	5.3	5.3	87.9
44	1	0.4	0.4	88.3
45	11	4.2	4.2	92.5
46	1	0.4	0.4	92.8
47	3	1.1	1.1	94.0
48	1	0.4	0.4	94.3
49	3	1.1	1.1	95.5
50	4	1.5	1.5	97.0
51	1	0.4	0.4	97.4
52	1	0.4	0.4	97.7
53	3	1.1	1.1	98.9
54	1	0.4	0.4	99.2
55	1	0.4	0.4	99.6
57	1	0.4	0.4	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro se puede observar que el total de encuestados son de 265 pobladores, de donde el mayor número de encuestados con 31 años de edad entre masculinos y femeninos es de 22 frecuencias y los de menor número con 1 de frecuencias son los con la edad de 26, 44, 46, 48, 51, 52, 54, 55 y 57 años. Dando como porcentaje validos del 100%.

Figura 28: edad de los pobladores encuestados según su porcentaje.



En la figura se puede observar la distribución de la edad de los pobladores en relación al porcentaje del total de encuestas realizadas a

los pobladores ribereños del río Marcahuasi. Donde los pobladores con 31 años son los con mayor ponderación.

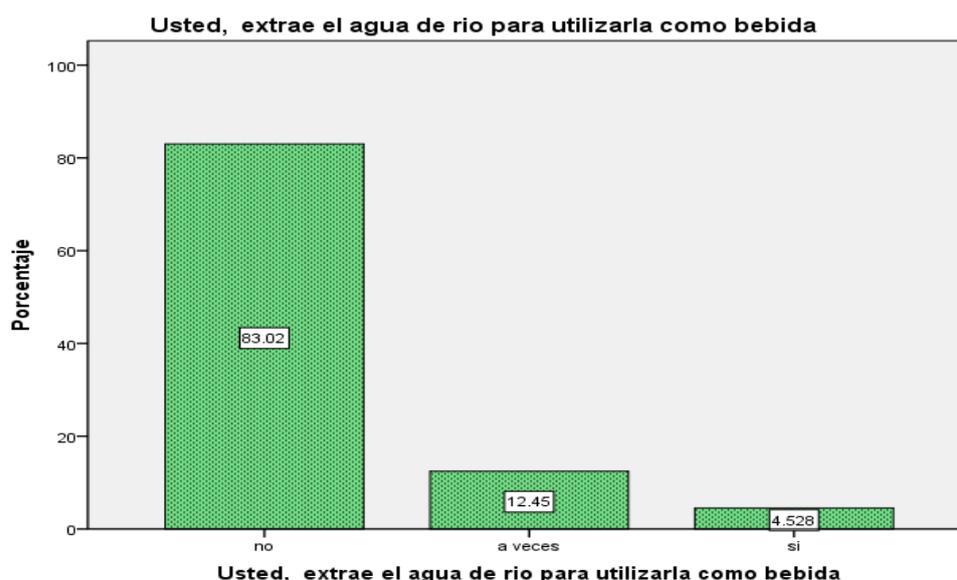
Cuadro 26: pregunta número uno (1) formulada a los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

**Usted, extrae el agua de río para utilizarla como bebida**

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
no	220	83.0	83.0	83.0
a veces	33	12.5	12.5	95.5
si	12	4.5	4.5	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro se visualiza que la pregunta número uno (1) que indica: Usted, extrae el agua de río para utilizarla como bebida, demuestra que, según las tres alternativas formuladas (no, a veces y sí) la alternativa “no” tuvo 220 frecuencias, la alternativa “a veces” 33 frecuencias y por último la alternativa “sí” 12 frecuencias del total de 265 encuestas. Por ende, la alternativa con mayor aceptación es la alternativa “no”

Figura 29: porcentaje de la pregunta uno (1), según sus alternativas.



La figura muestra que en la pregunta uno (1) que indica que: usted, extrae el agua de río para utilizarla como bebida, según las tres

alternativas (no, a veces y sí), la alternativa “no” es la con mayor frecuencia con un porcentaje de 83.02% en comparación de la alternativa “si” de 4.52%.

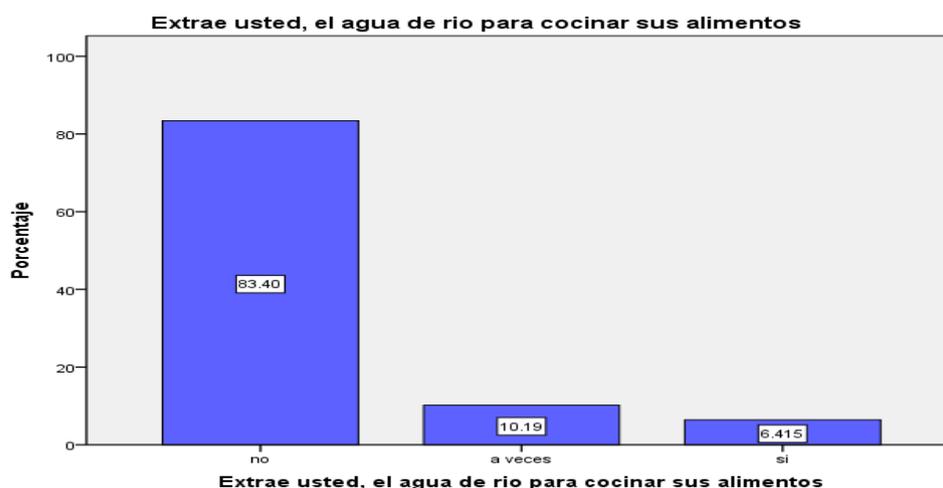
Cuadro 27: pregunta dos (2) formulada a los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

**Extrae usted, el agua de río para cocinar sus alimentos**

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
no	221	83.4	83.4	83.4
a veces	27	10.2	10.2	93.6
si	17	6.4	6.4	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro se visualiza que la pregunta número dos (2) que indica: extrae usted, el agua de río para cocinar sus alimentos, expresa que, según las tres alternativas formuladas (no, a veces y sí) la alternativa “no” tuvo 221 frecuencias, la alternativa “a veces” 27 frecuencias y por último la alternativa “si” 17 frecuencias del total de 265 encuestas. Por tanto, la alternativa con mayor aceptación es la alternativa “no”

Figura 30: porcentaje de la pregunta dos (2), según sus tres alternativas.



La figura muestra que en la pregunta dos (2) que indica que: extrae usted, el agua de río para cocinar sus alimentos, por tanto según las tres alternativas (no, a veces y sí), la alternativa “no” es la con mayor porcentaje de 83.40% en comparación de la alternativa “si” de 6.41%.

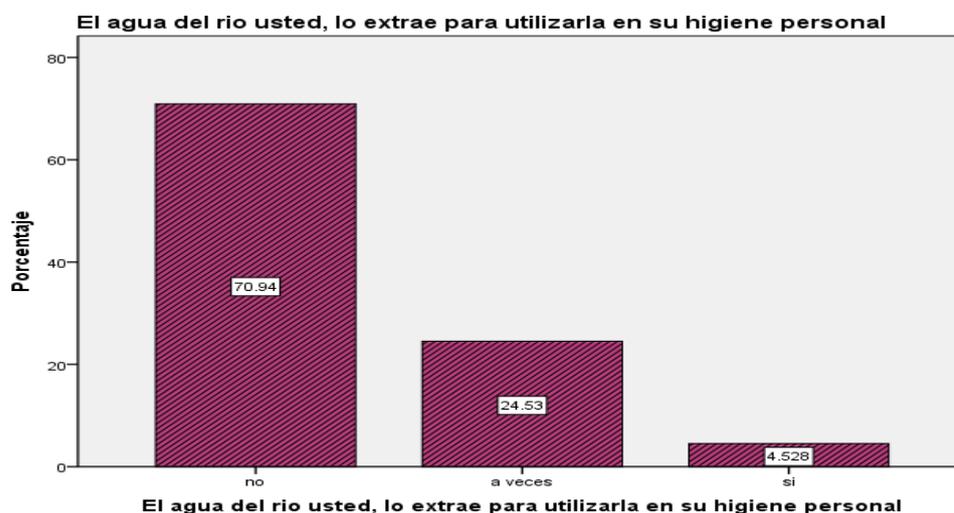
Cuadro 28: pregunta tres (3) formulada a los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

**El agua del río usted, lo extrae para utilizarla en su higiene personal**

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
no	188	70.9	70.9	70.9
a veces	65	24.5	24.5	95.5
si	12	4.5	4.5	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro enseña que la pregunta número tres (3) que indica: El agua del río usted, lo extrae para utilizarla en su higiene personal, expresa que, según las tres alternativas formuladas (no, a veces y sí) la alternativa “no” tuvo 188 frecuencias, la alternativa “a veces” 65 frecuencias y por último la alternativa “sí” 12 frecuencias del total de 265 encuestas. Por tanto, la alternativa con mayor aceptación es la alternativa “no”

Figura 31: porcentaje de la pregunta tres (3), según sus tres alternativas.



La figura muestra que en la pregunta tres (3) que indica que: El agua del río usted, lo extrae para utilizarla en su higiene personal, por tanto según las tres alternativas (no, a veces y sí), la alternativa “no” es la con mayor porcentaje de 70.94% en comparación de la alternativa “sí” de 4.52%.

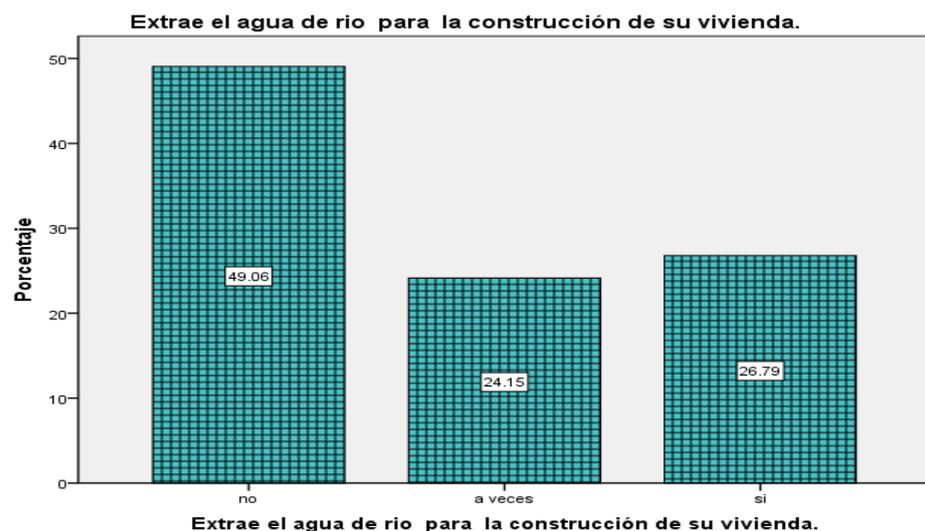
Cuadro 28: pregunta cuatro (4) formulada a los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

**Extrae el agua de río para la construcción de su vivienda.**

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
no	130	49.1	49.1	49.1
a veces	64	24.2	24.2	73.2
si	71	26.8	26.8	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro enseña que la pregunta número cuatro (4) que indica: Extrae usted, el agua de río para la construcción de su vivienda, según las tres alternativas formuladas (no, a veces y sí) la alternativa “no” tuvo 130 frecuencias, la alternativa “a veces” 64 frecuencias y por último la alternativa “sí” 71 frecuencias del total de 265 encuestas. Por tanto, al sumar la alternativa “a veces” y “sí” hacen un acumulado de 135 frecuencia superando la frecuencia de la alternativa “no”. Entonces en la pregunta cuatro (4) pondera un uso consuntivo del agua.

Figura 32: porcentaje de la pregunta cuatro, según sus tres alternativas.



La figura muestra que en la pregunta cuatro (4) que enuncia que: extrae el agua de río para la construcción de su vivienda, por tanto según las tres alternativas (no, a veces y sí), la alternativa “no” con 49.06% y el

acumulado de porcentajes de la alternativa “a veces” y “sí” hacen un total de 50.94% superando el porcentaje de la alternativa “no”.

Cuadro 29: pregunta cinco (5) formulada para los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

**Extrae usted el agua de río para utilizarla como: agua para el desagüe**

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
no	164	61.9	61.9	61.9
a veces	56	21.1	21.1	83.0
si	45	17.0	17.0	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro enseña que la pregunta número cinco (5) que indica: extrae usted el agua de río para utilizarlo para el desagüe, según las tres alternativas formuladas (no, a veces y sí) la alternativa “no” tuvo 164 frecuencias, la alternativa “a veces” 56 frecuencias y por último la alternativa “sí” 45 frecuencias del total de 265 encuestas. Por tanto, la alternativa “no” es la con mayor frecuencia.

Figura 33: porcentaje de la pregunta cinco (5), según sus tres alternativas.



La figura muestra que en la pregunta cinco (5) que formula que: extrae usted el agua de río para utilizarlo para el desagüe, por tanto según las tres alternativas (no, a veces y sí), la alternativa “no” con 61.89% siendo

la con mayor porcentaje en comparación a la alternativa “si” con 16.96%.

Cuadro 30: la pregunta seis (6) formulada para los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

**Extrae el agua de río para regar sus cultivos**

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
no	86	32.5	32.5	32.5
a veces	46	17.4	17.4	49.8
si	133	50.2	50.2	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro enseña que la pregunta número seis (6) que indica: extrae el agua de río para regar sus cultivos, según las tres alternativas formuladas (no, a veces y sí) la alternativa “no” tuvo 86 frecuencias, la alternativa “a veces” 46 frecuencias y por último la alternativa “si” 133 frecuencias del total de 265 encuestas. Por tanto, la alternativa “si” es la con mayor frecuencia. Entonces en la pregunta seis (6) es admitida el uso consuntivo del agua.

Figura 34: porcentaje de la pregunta seis (6), según sus tres alternativas.



La figura muestra que en la pregunta seis (6) que formula que: extrae el agua de río para regar sus cultivos, por tanto según las tres alternativas (no, a veces y sí), la alternativa “si” con 50.19% siendo la con mayor porcentaje en comparación a la alternativa “no” con 32.45%.

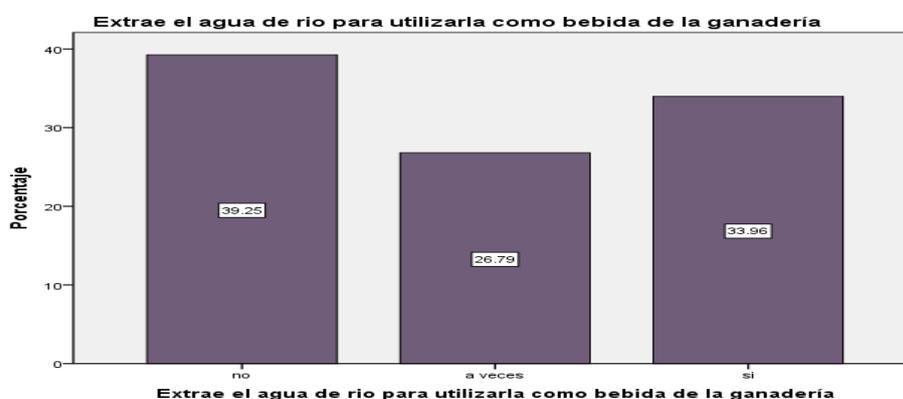
Cuadro 31: la pregunta siete (7) formulada para los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

**Extrae el agua de río para utilizarla como bebida de la ganadería**

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
no	104	39.2	39.2	39.2
a veces	71	26.8	26.8	66.0
si	90	34.0	34.0	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro enseña que la pregunta número siete (7) que indica: extrae el agua de río para utilizarla como bebida para la ganadería, según las tres alternativas formuladas (no, a veces y sí) la alternativa “no” tuvo 104 frecuencias, la alternativa “a veces” 71 frecuencias y por último la alternativa “sí” 90 frecuencias del total de 265 encuestas. Por tanto, la suma de las alternativas “a veces” y “sí” hacen un total de 161 frecuencias superando a la frecuencia de la alternativa “no”. Entonces en la pregunta siete confirman el uso consuntivo del agua.

Figura 35: porcentaje de la pregunta siete (7), según sus tres alternativas.



La figura muestra que en la pregunta siete (7) que formula que: extrae el agua de río para utilizarla como bebida de la ganadería, según las tres alternativas (no, a veces y sí), la alternativa “sí” con 33.96% y la alternativa “a veces” con 26.79% acumulan un porcentaje de 60.75% en comparación a la alternativa “no” que de porcentaje tiene 39.25%. Entonces en la pregunta siete se confirman el uso consuntivo del agua.

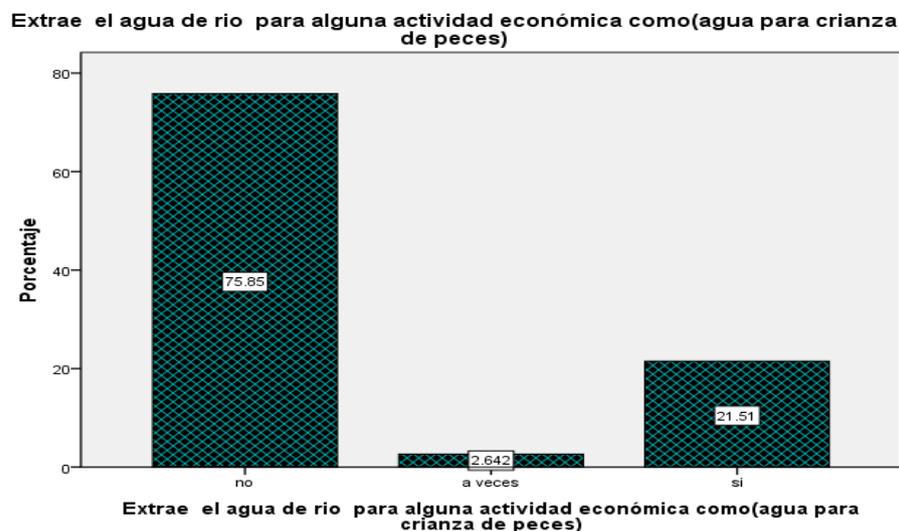
Cuadro 32: la pregunta ocho (8) formulada para los pobladores ribereños del río Marcahuasi de la ciudad de Abancay.

**Extrae el agua de río para alguna actividad económica como (agua para crianza de peces)**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos				
no	201	75.8	75.8	75.8
a veces	7	2.6	2.6	78.5
si	57	21.5	21.5	100.0
Total	265	100.0	100.0	

En el cuadro muestra que la pregunta número ocho (8) que indica que: extrae el agua de río para alguna actividad económica como (agua para crianza de peces), según las tres alternativas formuladas (no, a veces y sí) la alternativa “no” tuvo 201 frecuencias, la alternativa “a veces” 7 frecuencias y por último la alternativa “si” 57 frecuencias del total de 265 encuestas. Por tanto, la alternativa “no” es la alternativa más significativa.

Figura 36: porcentaje de la pregunta ocho (8), según sus tres alternativas.



La figura muestra que en la pregunta ocho (8) que formula que: extrae el agua de río para alguna actividad económica como (agua para crianza de peces), según las tres alternativas (no, a veces y sí), la alternativa “no” con 75.85% a comparación de la alternativa “a veces” con 2.642%.

## CAPITULO IV

### PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

#### 4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua no califica en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay.

Cuadro 33: cuadro resumido de la calidad del agua del río Marcahuasi según sus parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

	PARÁMETROS																		
	pH	C.E.	Dureza	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	Carbonatos	Hierro	Boro	Sólidos disueltos	temperatura	sólidos totales	oxígeno disuelto	C. termotolerantes	C. totales
<b>punto 1</b>	7.4	156	106.1	24.32	10.3	11.4	3.6	14.2	33.4	95	0	0.06	0.024	217.22	17.6	78.2	0.03	210	>1600
<b>Calificación</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC
<b>punto 2</b>	7.55	164	111.52	26.6	10.17	15.2	3.8	14.6	34.9	109.3	0	0.068	0.024	239.57	16.5	137	0.07	>1600	>1600
<b>Calificación</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC

<b>punto 3</b>	7.6	177	120.4	31.16	9.52	17.1	3.8	15.5	39.2	118.3	0	0.071	0.03	259.88	14.1	81.3	0.19	28	>1600	
<b>Calificación</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC	
<b>punto 4</b>	7.4	189	128.5	32.7	10.58	18.6	4.19	16.2	41.6	128.7	0	0.084	0.03	278.57	14.2	95.5	0.25	>1600	>1600	
<b>Calificación</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC	
<b>punto 5</b>	7.7	189	130.4	32.98	10.81	18	4.4	16.5	44	125.88	0	0.084	0.036	278.17	14.6	107	0.27	>1600	>1600	
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC	
<b>Categoría 3: riego de plantas</b>	6.5-8.5	<2000		200	150	200		100-700	300	370	5	1	0.5-6					>=4	1000-2000	5000
<b>Categoría 3: bebida de animales</b>	6.5-8.5	<=5000			150							1	5					>5	1000	5000
<b>Categoría 1: A1</b>	6.5-8.5	1500	500						250			0.3	0.5					>=6	(45.5C) 0	(35-37 C) 50

En este cuadro se observa los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del río Marcahuasi. Comparados según tres categorías de calidad de agua del decreto supremo N° 002-2008-ECA-MINAM; donde: la letra “C” (califica), es para los que califican o están dentro de los estándares permitidos y las letras “NC” (no califica), es para los parámetros que no califican, por ende, no están dentro de los estándares de calidad ambiental para las aguas superficiales.

Cuadro 34: cuadro estándares de calidad del agua por categorías para el rio Marcahuasi.

CALIFICACIÓN C.3: RIEGO DE PLANTAS	CALIFICACIÓN C.3: BEBIDA DE ANIMALES	CALIFICACIÓN C.1- A1.
C	C	NC
C	C	NC
C	C	NC
C	C	NC
C	C	NC

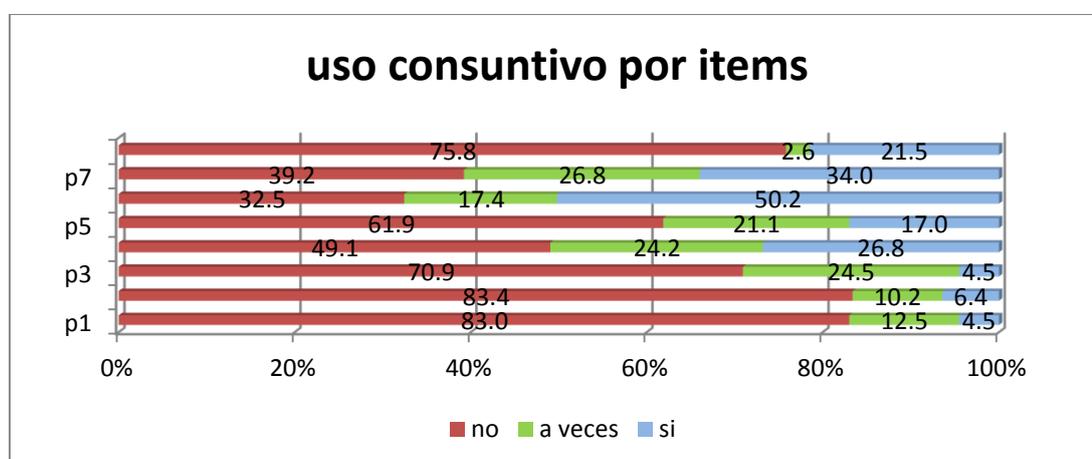
Dónde:

C= califican

NC= no califican

Por tanto se puede interpretar que para la categoría tres (3), según los parámetros tomados pH, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, hierro, boro y oxígeno disuelto del rio Marcahuasi califican por estar dentro de los estándares de calidad de agua permitidos. Pero los parámetros bacteriológicos: coliformes termotolerantes y totales, no califican para la categoría tres (3) según se muestra en el cuadro n° 34. Para la categoría uno (1)-A1, los parámetros fisicoquímicos si califican. Inconveniente para los parámetros bacteriológicos, no califican.

Figura 37: porcentajes del uso consuntivo por pregunta.

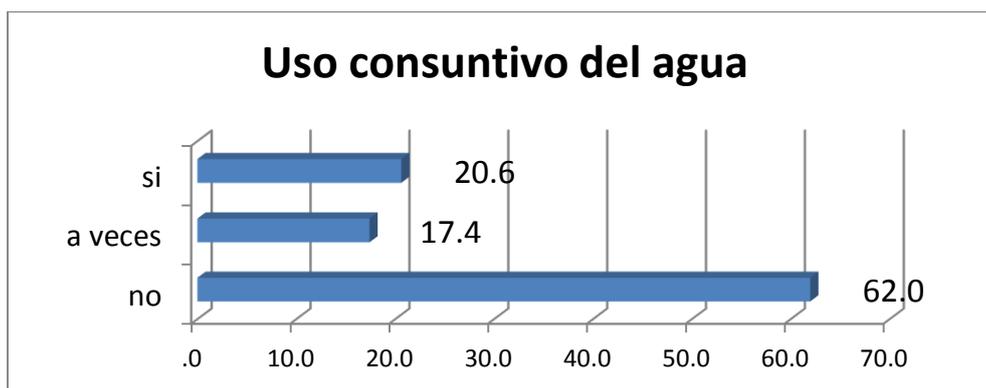


En el gráfico se observa con detalle los porcentajes que corresponden al uso consultivo por pregunta este es “sí”, “a veces” y “no”. En cada una de las ocho (8) preguntas realizadas a los habitantes ribereños del río Marcahuasi de Abancay. En la pregunta ocho (8) que indica: frecuentemente extrae el agua de río para alguna actividad económica como (agua para crianza de peces), corresponde un 75.8% a la respuesta “no”, 2.6% a la respuesta “a veces” y 21.5% a la respuesta “sí”. Por tanto en la pregunta ocho (8) la respuesta es “no”. En la pregunta siete (7) que indica: Extrae usted el agua de río para utilizarla como bebida para la ganadería, corresponde un 39.2% a la respuesta “no”, 26.8% a la respuesta “a veces” y 34% a la respuesta “sí”. Por ende a la pregunta siete (7) la respuesta es “no”. En la pregunta seis (6) que indica: Extrae usted el agua de río para regar sus cultivos, corresponde un 32.5% a la respuesta “no”, 17.4% a la respuesta “a veces” y 50.2% a la respuesta “sí”. Por ende a la pregunta seis (6) la respuesta es “sí”.

En la pregunta cinco (5) que indica: Extrae usted el agua de río para utilizarla como agua para desagüe, corresponde un 61.9% a la respuesta “no”, 21.1% a la respuesta “a veces” y 17% a la respuesta “sí”. Por ende a la pregunta cinco (5) la respuesta es “no”. En la pregunta cuatro (4) que indica: extrae el agua de río para la construcción de su vivienda, corresponde un 49.1% a la respuesta “no”, 24.2% a la respuesta “a veces” y 26.8% a la respuesta “sí”. Por ende a la pregunta cuatro (4) la respuesta es “no”. En la pregunta tres (3) que indica: el agua del río usted, lo extrae para utilizarla en su higiene personal, corresponde un 70.9% a la respuesta “no”, 24.5% a la respuesta “a veces” y 4.5% a la respuesta “sí”.

Por ende a la pregunta tres (3) la respuesta es “no”. En la pregunta dos (2) que indica: extrae usted, el agua de río para cocinar sus alimentos., corresponde un 83.4% a la respuesta “no”, 10.2% a la respuesta “a veces” y 6.4% a la respuesta “sí”. Por ende a la pregunta dos (2) la respuesta es “no”. En la pregunta uno (1) que indica: usted, extrae el agua de río para utilizarla como bebida, corresponde un 83% a la respuesta “no”, 12.5% a la respuesta “a veces” y 4.5% a la respuesta “sí”. Por ende a la pregunta uno (1) la respuesta es “no”.

Figura 38: porcentajes del uso consuntivo del por alternativas.



En el gráfico se puede apreciar detalladamente los porcentajes en cuanto al uso consuntivo del río Marcahuasi de Abancay, en la encuesta aplicada se han considerado un total de ocho (8) preguntas referidas a este proceso, en torno a las cuales se ha podido determinar si este es “si”, “a veces” y “no”. De modo que considerando eso, se tienen los siguientes resultados: el 20% de pobladores afirman usar el agua para cultivo y ganadería, el 62% de pobladores no usa el agua para sus demás actividades y solo un 17.4% de pobladores a veces usa para algunas de las actividades diarias.

Cuadro 35: Prueba chi cuadrada uso consuntivo de agua.

Prueba chi cuadrado	
Chi cuadrada	37.086
Gl.	2
Sig.	0.00

Como el valor de “sig.” Es 0.00 menor a 0.05 nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) por lo tanto podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que el porcentaje de pobladores que hacen uso consuntivo del agua es diferente; lo que implica que estadísticamente es significativo que el hecho que los pobladores sólo usen el agua para las actividades de cultivo y ganadería; en su mayoría no usan el agua para alimentación, higiene diaria, construcción de vivienda y uso en desagüe. También se pudo observar que por la topografía (quebrada) y el caudal del río con  $0.02179 \text{ m}^2 \times \text{min}$ , hace que extraer el agua del río para las actividades diarias ya mencionadas sean complicadas, por no decir nulas. Por lo que solo es usada por los pobladores que viven a

horillas del río Marcahuasi. Esta agua es utilizada mediante sequías y en algunos casos represando agua empíricamente para posteriormente dirigirlas a sus domicilios mediante tuberías. Y aún más importante mencionar que los pobladores que cuentan con áreas de esparcimiento y piscigranjas, utilizan el agua del río como fuente principal para la crianzas de sus peces.

Según el porcentaje del total de las encuestas mostradas indican que el agua para uso consuntivo (crianza de peces) resulto negativa con un 75.8%, es debido a que los pobladores con esta actividad solo es de nueve (9) familias del total, por lo que los resultados para la pregunta ocho (8) es no, motivo que a la población encuestada restante no se dedica a esa actividad.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIONES DE RESULTADOS**

#### **CONCLUSIONES**

Culminada la investigación y habiendo realizado el análisis respectivo sobre la evaluación de la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay, califican para el uso para la agricultura y no para el uso municipal, puesto que efectuado el análisis de los resultados obtenidos se puede determinar que los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos están dentro de los estándares permitidos de calidad del agua para la categoría 3 emitidos por el ministerio del ambiente mediante el decreto supremo N°-002-2008-MINAM.
- El uso del río Marcahuasi para la agricultura en los centros poblados de Asillo y San Isidro, se limita al regado de parcelas agrícolas, crianza de truchas arcoíris y como bebida para los animales. Ya que la topografía permite que por gravedad sea posible realizar estas actividades. Como ejemplo: para el regado de las parcelas es suficiente desviar el agua del río por canales y así regarlos por inundación, para la crianza de las truchas del mismo modo desviar el agua, represarlo en pozas y en graderías con nivel para así oxigenar y tener agua fluida y para la bebida de los animales del mismo modo. Para los pobladores de nuevo horizonte, el agua del río es utilizado para el regado de árboles frutales y pequeñas parcelas con hortalizas y flores.
- Para el uso municipal de los centros poblados de Asillo y San Isidro cuentan con fuente de agua de manantes que provienen desde el centro poblado

de Asillo mediante tuberías de metal. Una vez utilizada estas aguas entubadas son vertidas directamente al río sin ningún tipo de tratamiento convencional o no convencional. Cabe mencionar que para el desagüe solo cuentan con silos secos. Para el centro poblado Nuevo Horizonte cuenta con agua y desagüe, pero como no contamos con una planta de tratamiento para aguas residuales, estas aguas residuales son vertidas al río.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda urgentemente la construcción de una planta de tratamiento para aguas residuales, mediante el cual se pueda prevenir, mitigar y controlar los impactos negativos que se producen debido al problema ambiental y social que representa el inadecuado manejo de las aguas residuales municipales y los posibles daños que producirían al usar estas aguas como fuente principal para la crianza de animales y regado de plantas.
- Es necesario mantener un programa permanente de monitoreo donde se incluyan parámetros fisicoquímicos y biológicos que sirvan como base para conocer aún más los cambios en la calidad del agua a partir de esta investigación presente.
- Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, quedan a disposición de las autoridades competentes para los fines que vean por conveniente, como también de aquellas personas interesadas en realizar trabajos semejantes; del mismo modo quedan a futuras modificaciones y mejoras, según las necesidades que se presenten con el transcurso del tiempo.
- Aunado a las recomendaciones anteriores, deberá generarse e instrumentarse un programa de saneamiento rural básico en las áreas de influencia.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Auge, M. (2002). Ascenso del agua freática en el Conurbano: Consejo Superior Profesional de Geología. (1a. ed.). Buenos Aires: Mesa Redonda.
2. García, G. (2002). Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Enfermería Comunitaria I. Salud Pública. (3a. ed.). Barcelona: Masón.
3. Mitchell, M. (1991). Manual de campo de Proyecto del Río: Guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. (2a. ed.). New México, USA: 200p.
4. Mitchell, M. (1991). Manual de campo de Proyecto del Río: Guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. (2a. ed.). New México, USA: 200p.
5. Gómez, R. (1994). Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana: Contaminación ambiental en la Amazonia Peruana. Informe Técnico de Avance. Perú. Iquitos.
6. Kuroiwa, J. M. (2012). Diagnóstico del agua en las Américas: Red interamericana de academias de ciencias foro consultivo científicas y tecnológicas, Recursos hídricos en el Perú. (1a. ed.). Perú.
7. Auge, M. (2004). Hidrogeología Ambiental: Serie Contribuciones Técnicas. Ordenamiento Territorial. SEGEMAR. (3a. ed.). Buenos Aires.

8. Auge, M. (2006). Maestría en Gestión del Agua: Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua. Facultad de Veterinaria. (4a. ed.). Buenos Aires.
9. Cisnero, J. (2001). La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Colegio de Ingenieros Ambientales de México. (1a. ed.). México: Limusa.
10. Lic. Ocola, J. J. (2011). Protección del agua vigilancia y control de vertimientos–PAVER: Área de Gestión de la Calidad del Agua. Lima, Perú.
11. Zegarra M, E. (2014). Economía del agua: conceptos y aplicaciones para una mejor gestión. Grupo de Análisis para el Desarrollo. GRADE. (2a. ed.). Lima, Perú. Arteta E.I.R.L.
12. Fernández, C. (2004). Encuentros sobre el agua. Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura. UNESCO. (1a. ed.). México: Elkar, s.Coop.
13. Emanuel, C. & Ecurra, J. (2000). Informe nacional sobre la gestión del agua en el Perú: gestión de recursos hídricos. Lima.
14. Odiaga, F. B. (2014). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA: Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Hecho en el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-05991. (1a. ed.). Lima, Perú.
15. Plan nacional de acciones ambientales. Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa municipal de servicio de agua potable y alcantarillado de Abancay EMUSAP.

- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS. GRT. Abancay, Perú. (2004).
- 16.** Ing. Rosasco Gs. O. Academia Nacional de Medicina. Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería: contaminación y problemática del agua en el Perú. Lima, Perú. (2006).
- 17.** Grupo Técnico sobre las Aguas Servidas de Arequipa: Informe del Grupo Técnico sobre las Aguas Servidas de Arequipa. Secretaria técnica, SEDAPAR-CONAM. Comisión Ambiental Regional Arequipa. Arequipa. (2006).
- 18.** Pontificia Universidad Católica del Perú, facultad de ciencias e ingeniería. urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Bachiller; Arce Jáuregui, L. E. Lima, Perú. (2013).
- 19.** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA: monitoreo para la calidad del agua. México. (2004).
- 20.** Organización mundial de la salud, OMS: Informe Mundial sobre la Situación del Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento. Organización de las Naciones Unidas, Nueva York. (2000).
- 21.** Estadísticas del Agua en México. Usos del agua: Usos fuera del cuerpo de agua o uso consuntivo en México. Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua, SGAA. CNA. México. (2004).

22. Guía técnica, agua y salud: Movilicemos a la Organización Vecinal, OPS, CEPIS; Ministerio de salud. Fondo internacional de emergencia de las naciones unidas para la infancia, UNICEF. Lima, Perú. (2009).
23. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI. dirección general de hidrología y recursos hídricos: monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú. Lima, Perú. (2007).
24. Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Catalunya: descripción de usos y presiones de la cuenca fluvial de Catalunya-España. España. (2007)
25. autoridad nacional del agua, ANA: protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos lima. Lima, Perú (2009).
26. Domínguez F. O. jefe servicio nacional de sanidad agraria: Normas legales. Decreto Supremo. N.D.S. 002-2008 MINAN. Requisitos para publicación de normas legales y sentencias. estándares nacionales de calidad ambientales para agua. Diario oficial El peruano lima, jueves 31 de julio de 2008.
27. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Racionalización del agua en el mundo. Recuperado el 10 de mayo, de [http: www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/wfc2.htm](http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/wfc2.htm).

# ANEXOS

## 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Título: calidad del agua en función al uso consuntivo de los pobladores de la ribera del rio Marcahuasi del distrito de Abancay 2015?

Pregunta general	Objetivo general	Hipótesis general	Operación de la variable				Técnicas e instrumentos	Diseño metodológico
			variables	dimensiones	indicadores	índice		
¿Cómo es la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del rio Marcahuasi del distrito de Abancay 2015?	Conocer la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del rio Marcahuasi del distrito de	La calidad del agua no califica en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del rio Marcahuasi del distrito de Abancay 2015.	Calidad del agua.	Fisicoquímicos	pH	Unidades de pH	Encuestas  Observación científica  Ficha de recolección de datos	La metodología será por diseño transversal descriptivo.
					Conductividad eléctrica	uS/cm		
					Calcio	Ppm		
					Magnesio	Ppm		
					Sodio	Ppm		
					Potasio	Ppm		
					Cloruros	Ppm		
					Sulfatos	Ppm		
					Bicarbonatos	Ppm		
					Carbonatos	Ppm		
					Hierro	Ppm		
					Boro	Ppm		
Oxígeno disuelto	ppm							

	Abancay 2015.				Solidos disueltos	Ppm	Gráficos estadísticos  Tablas de distribución de frecuencia		
					Dureza	Ppm			
					Temperatura	Grados centígrados			
				Biológicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml			
					Coliformes totales	NMP/100ml			
				Uso consuntivo del agua	Uso municipal	Domestico			Número de personas
						Publico			Número de personas
						Residencial			Número de personas
						Comercial			Número de personas
				Uso para la agricultura	Riego de cultivos	Número de personas			
					Agua para consumo de ganadería	Número de personas			

# ANEXOS

## 2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

### 2.1. ENCUESTA



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL**

**FICHA DE ENCUESTA**

**junio 2015**

**VARIABLE:** Uso consuntivo del agua

**DIMENSION:** uso municipal (público, residencial y comercial)

**FECHA:** .....

**SEXO:** (M)      (F)

**EDAD:** .....

1. Usted, extrae el agua de río para utilizarla como bebida:
  - a. Si
  - b. No
  - c. A veces
  
2. Extrae usted, el agua de río para cocinar sus alimentos.
  - a. Si
  - b. No
  - c. A veces
  
3. El agua del río usted, lo extrae para utilizarla en su higiene personal.
  - a. Si
  - b. No

- c. A veces
- 4. Extrae el agua de río para la construcción de su vivienda.
  - a. Si
  - b. No
  - c. A veces
- 5. Extrae usted el agua de río para utilizarla como: agua para desagüe y agua para lavado de utensilios de la cocina.
  - a. Si
  - b. No
  - c. A veces

**VARIABLE:** uso consuntivo del agua

**DIMENSION:** uso para la agricultura

- 1. Extrae el agua de río para regar sus cultivos:
  - a. Si
  - b. No
  - c. A veces
- 2. Extrae el agua de río para utilizarla como bebida de la ganadería:
  - a. Si
  - b. No
  - c. A veces
- 3. Frecuentemente extrae el agua de río para alguna actividad económica como (agua para crianza de peces) :
  - a. Si
  - b. No
  - c. A veces

## 2.2. FICHA DE RECOLECCIÓN DATOS FISICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

**VARIABLE:** Calidad del agua

**DIMENSION:** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

INDICADORES	CATEGORÍA 3/ CAMPO		
	Vegetales tallo bajo- tallo alto		Bebidas de animales
	unidad	valor	valor
<b>Físicos</b>			
<b>Conductividad</b>	uS/cm	<2 000	<=5000
<b>Color</b>			
<b>Olor</b>			
<b>Sabor</b>			
<b>Turbidez</b>			
<b>Sólidos Totales Suspendidos</b>			
<b>QUIMICOS</b>			
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/L	>=4	>5
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).</b>	mg/L	15	<=5000
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO).</b>	mg/L	40	40
<b>Contenido total de carbono</b>			
<b>pH</b>	Unidades de pH	6,5-8,5	6,5-8,5
<b>Nitratos</b>	mg/L	10	50

<b>Nitritos</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,06</b>	<b>1</b>	
<b>Fosforo Total</b>	<b>mg/L</b>	<b>1</b>		
<b>Cianuro Wad</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	
<b>Cianuro Libre</b>				
<b>Sulfuros</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	
<b>Bario total</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,7</b>		
<b>Mercurio</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	
<b>Cadmio</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,005</b>	<b>0,001</b>	
<b>Cromo</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,1</b>	<b>1</b>	
<b>Plomo</b>	<b>mg/L</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	
<b>Microbiológicos</b>				
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	<b>NMP/100 mL</b>	<b>1000-2000</b>	<b>1000</b>	
<b>Coliformes totales</b>	<b>NMP/100 mL</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	

**FUENTE: D.S. 002 MINSA 2008**

# ANEXOS



## Resolución Directoral

Lima, 11 de SETIEMBRE del 2007

Vista la propuesta de la Dirección de Ecología y Protección del Ambiente relacionada al **PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD SANITARIA DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES** para su aprobación;

### CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al artículo 22° de la Ley General de Aguas - Decreto Ley N° 17752, así como a los artículos 68°, 69° y 78° del reglamento de la referida ley, aprobado por Decreto Supremo N° 261-69-AP, la Dirección General de Salud Ambiental, como Autoridad Sanitaria, es competente entre otros, para la preservación y vigilancia de la calidad de los recursos hídricos del país, la cual se ejecuta a través del **PROGRAMA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS** a cargo de la Dirección de Ecología y Protección del Ambiente- DEPA, el mismo que se desarrolla dentro del marco normativo para el desarrollo equilibrado y sostenible, a fin de proteger la salud humana y el ambiente;

Que, para la ejecución del mencionado protocolo, se requiere aprobar un instrumento técnico de gestión que permita implementar los procedimientos, metodologías y parámetros de medición en campo, parámetros determinados en laboratorio: físicos, iones principales, metales y parámetros de agentes microbiológicos y sustancias orgánicas, que deben cumplir aquellas instituciones públicas y privadas que implementen acciones de vigilancia de las aguas del país, en función a la actividades antropogénicas y fuentes contaminantes, que servirán para comparar con los valores límites establecidos en el artículo 82° del reglamento de la Ley General de Aguas y de acuerdo a la clasificación de los recursos hídricos estipulada en el artículo 81° del mencionado reglamento;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 105° de la Ley General de Salud - Ley N° 26842, corresponde a la Autoridad de Salud dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas, disposición concordante con el artículo 50° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-SA, que establece entre otras funciones, que corresponde a la Dirección de Ecología y Protección del Ambiente- DEPA, la vigilancia sanitaria de los recursos agua, aire y suelo para identificar los riesgos a la salud humana, y supervisar el cumplimiento de las normas y reglamentos sanitarios, en los aspectos de ecología y protección del ambiente en



coordinación con las Direcciones de Salud, los órganos del Sector Salud y otros Sectores relacionados a esta actividad;

Estando a lo propuesto y de conformidad con la Ley N°27657- Ley del Ministerio de Salud y su reglamento aprobados por Decreto Supremo N° 013-2002-SA, Decreto Ley N° 17752 , Ley N° 26842 y Decreto Supremo N° 023-2005-SA;

**SE RESUELVE:**

1° **APROBAR** el **PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD SANITARIA DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES** y sus **ANEXOS I, II, III y IV** que contiene los **Parámetros Establecidos** en el Monitoreo, la **Ubicación de Puntos de Muestreo y Registros de Campo**, la **Medición de Caudales**, la **Frecuencia de Monitoreo y Pautas del Muestreo**, **Preservación, Conservación y Envío de las Muestras al Laboratorio de Análisis**, que forman parte de la presente Resolución Directoral.

2° El presente Protocolo será de cumplimiento para todas aquellas personas jurídicas que implementen la vigilancia de la calidad sanitaria de las aguas en el territorio nacional, como requisito para la validez de sus observaciones ante la Autoridad Sanitaria.



3° La Autoridad Sanitaria podrá revisar periódicamente el Protocolo de Monitoreo, de oficio o a solicitud de otras instituciones, a fin de aplicar nuevos criterios basados en estudios de investigación.



4° Disponer la publicación del Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales en el Diario Oficial "El Peruano" y en la Página Web de la Dirección General de Salud Ambiental ([www.digesa.minsa.gob.pe](http://www.digesa.minsa.gob.pe)).

Regístrese y comuníquese



MINISTERIO DE SALUD  
Dirección General de Salud Ambiental  
"DIGESA"  
Dra. FABIOLENA CAJURRO VILLARAN  
Directora General

# Anexo

Otros metodos rapidos para la calidad del  
agua

#### **4.3 Métodos Rápidos Para Determinar la Calidad del Agua.**

En casos de desastres o fenómenos naturales en los cuales se producen interrupciones del suministro de agua debido a fallas en los sistemas de tratamiento y/o rupturas en las tuberías de distribución o en casos de epidemias de enfermedades de origen hídrico, es de suma importancia la consecución de resultados rápidos y efectivos en la determinación de la calidad sanitaria del agua, para garantizar la salud de la población afectada. En tales situaciones de emergencia, es posible contar con una serie de métodos de laboratorio, que de manera cualitativa, puedan cumplir con esta finalidad.

Estos métodos están basados en la detección de organismos del grupo coliforme mediante técnicas convencionales modificadas y en la detección de colifagos o bacteriófagos que infectan y se multiplican en las bacterias del grupo coliforme. (Pimentel, 1991). A continuación se describen los métodos más usados:

##### **a) Presencia o Ausencia (P-A) Análisis de Coliformes:**

Este método es una modificación simplificada del método de tubos múltiples de fermentación, obteniéndose los resultados en menos de 48 horas, además de que permite efectuar grandes cantidades de análisis por unidad de tiempo. Consiste en inocular una porción de 100 ml de muestra en una botella con medio de cultivo a base de caldo P-A (Caldo Lactosado, Caldo Lauril Triptosa, Púrpura de Bromocresol y agua destilada) y después de mezclar por medio de agitación, se incuba a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  durante 25 y 48 horas. En estos periodos de tiempo se observa con el fin de detectar un viraje en el color, indicativo de una reacción ácida (coloración amarilla), debido a la fermentación de la lactosa. Luego se procede a observar la producción de gas, que se manifiesta en la formación de espuma en la superficie del medio de cultivo, cuando se agita levemente el frasco contentivo de la muestra. La presencia de gas, requerirá la realización de la prueba de confirmación en el Caldo Bilis verde Brillante (BGLB), para lo cual se inocular en este medio de cultivo y se procede a su incubación bajo las condiciones de tiempo y temperatura antes mencionadas. La producción de gas a las 48 horas confirmará la presencia de organismos coliformes en la muestra bajo estudio.

##### **b) Análisis Directo de Coliformes Fecales en 24 Horas (A-1)**

Este método se basa en la selección de los organismos coliformes, por medio de elevadas temperaturas, en coliformes totales y coliformes fecales. El procedimiento consiste en inocular 10 ml de muestra en tubos con medio de cultivo a base de caldo A-1 (Lactosa, Triptona, Cloruro de Sodio, Salicín, Triton X-100 y agua destilada), de igual manera como se efectúa para los exámenes de rutina, luego se incuban por 3 horas a temperatura de  $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , y se transfieren posteriormente al baño de maría a  $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  e incuban por un período adicional de 21 horas. La producción de gas en cualquier tubo indica la presencia de organismos coliformes en la muestra de agua; así mismo se puede determinar el NMP de coliformes fecales utilizando la combinación de tubos positivos y negativos, como se efectúa en las pruebas de rutina.

##### **c) Análisis de Coliformes Fecales por el Método de las Siete Horas.**

Este método es similar al de la membrana filtrante, pero con la utilización de un medio de cultivo diferente y una temperatura de incubación más elevada que permite la obtención de resultados en un tiempo de 7 horas. El medio de cultivo utilizado es el Agar FC M-7 h, el cual está integrado por las siguientes sustancias: Proteosa Peptona N°3 o Polipeptona, extracto de

levadura, lactosa, d-Manitol, cloruro de sodio, sodio lauril sulfato, desoxicolato de sodio, púrpura de Bromo-cresol, rojo fenol, agar y agua destilada.

El procesamiento consiste en filtrar un volumen apropiado de la muestra a través de una membrana filtrante, colocar la membrana sobre la superficie del medio de cultivo e incubar por 7 horas a una temperatura de 41,5°C. Si hay la presencia de colonias de coliformes fecales aparecerá una coloración amarillenta en el medio, como resultado de la fermentación de la lactosa.

d) Determinación de Colifagos:

Debido a la estrecha relación existente entre los organismos del grupo coliforme y la presencia de colifagos en el agua, estos últimos se han venido utilizando como indicadores de la calidad sanitaria del agua potable. Además de que los colifagos son más resistentes a la acción desinfectante del cloro, la cual los coloca en situación ventajosa como indicadores de contaminación fecal, con respecto a los organismos coliformes. Actualmente existen dos métodos para la detección de bacteriófagos:

-Metodología según el Standard Methods: En la aplicación de este método se utiliza la Escherichia coli como huésped y los siguientes medios de cultivo; 1) Agar Tripticasa soya (TSA), el cual se prepara con Triptona, Soytone o Peptona de la soya, cloruro de sodio, agar y agua destilada. 2) Caldo Triticasa soya (TSB) el cual se prepara con Triptona, Soytone o Peptona de la soya, dextrosa, cloruro de sodio, fosfato ácido de potasio y agua destilada. 3) Agar Tripticasa soya modificado (MTSA), que se prepara con el medio de TSA, nitrato de amonio, nitrato de estrontium y agar. 4) Glicerina y 5) 2,3,5-Trifenil tetrazolium cloro (TPTZ).

El procedimiento consiste en añadir el organismo huésped a un volumen apropiado de la muestra a analizar, luego se procede a mezclar bien con los medios de cultivos antes señalados y se vierte en placas de Petri para su incubación a 35°C por 4 o 6 horas. Al final de este periodo se cuentan las placas formadas y se estima el número de coliformes totales y fecales en la muestra, aplicando las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} &\text{coliformes totales} \\ &\log y = 0,627 (\log X) + 1,864. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{coliformes fecales} \\ &\log y_1 = 0,805 (\log X) + 0,895. \end{aligned}$$

donde:

$$\begin{aligned} y &= \text{coliformes totales}/100\text{ml.} \\ y_1 &= \text{coliformes fecales}/100\text{ml.} \\ X &= \text{colifagos}/100\text{ml.} \end{aligned}$$

-Metodología según Atlantic Research Cooperation: Para la aplicación de este método se utiliza el mismo huésped (Escherichia Coli) que en el caso anterior y los siguientes medios de cultivo: 1) caldo nutritivo y cloruro de sodio. 2) Agar semisólido y 3) Agar en placas.

El procedimiento consiste en mezclar el organismo huésped en un volumen apropiado de la muestra a analizar, y los medios de cultivos antes mencionados, luego se vierten en placas de

Petri para su incubación a 37°C durante 4 a 6 horas. Al final de este período se cuentan las placas formadas y se estima el número de coliformes totales y fecales presentes en la muestra, aplicando las fórmulas presentadas en el método anterior (Standard Methods).

e) Otros métodos rápidos:

Existen otros métodos que permiten determinar rápidamente la calidad sanitaria del agua, pero que requieren del uso de técnicas y personal altamente especializados, estos son:

Quimioluminiscencia: Que se basa en la detección y registro, por medio de circuitos de luz visible que se producen cuando reaccionan el peróxido de hidrógeno, luminol y microorganismos.

Inmunofluorescencia: Se basa en que las bacterias en el agua pueden ser detectadas por su reacción con anticuerpos y después se visualizan por medio de tinciones.

Técnicas enzimáticas: Se basan en que las bacterias y virus pueden ser detectados indirectamente por la presencia de ciertas enzimas que son comunes entre los organismos patógenos, las cuales pueden ser detectadas por medio del luminol.

Sonda genética: Se basa en la detección de pequeñas cantidades de material genético de organismos específicos.

# ANEXOS

## DIPOSITIVAS DE LA EXPOSICIÓN

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

LA CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN AL USO CONSUNTIVO PARA LA AGRICULTURA Y MUNICIPAL DE LOS POBLADORES DE LA RIVERA DEL RIO MARCAHUASI DEL DISTRITO DE ABANCAY 2015

Bach: DAVID ARNOLD BARRIENTOS PUMA

1

INTRODUCCIÓN

crítica

Calidad

Cambio climático

Uso del agua

2

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

3

DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Transporte

consuntivo

Calidad

En relación al contexto desarrollado, surgen las siguiente interrogante: ¿Cómo es la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la rívera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015?

4

### DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

**Temporal**

**Espacial**

5

### PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

**Problema General**

¿Cómo es la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la rivera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015?

6

### OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

**Objetivo General**

Conocer la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la rivera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015

7

### FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La calidad del agua no califica en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la rivera del río Marcahuasi del distrito de Abancay

**Hipótesis General**

8

### VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

**Variable Independiente**      **Variable Dependiente**

9

### OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**DIMENSIÓN**      **INDICADOR**      **ÍNDICE**

**VARIABLE**

10

**MATRIZ DE CONSISTENCIA: CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN AL USO CONSUNTIVO DE LOS POBLADORES DE LA RIVERA DEL RIO MARCAHUASI DEL DISTRITO DE ABANCAY 2015?**

Pregunta general	Objetivo general	Hipótesis general	Operación de la variable				Técnicas e instrumentos	Diseño metodológico
			variables	dimensiones	indicadores	índice		
¿Cómo es la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015?	Conocer la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015.	La calidad del agua no cambia en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015.	Calidad del agua	Fisicoquímicos	pH	Unidades de pH	Encuestas	La metodología será por diseño transversal descriptivo.
					Conductividad eléctrica	µS/cm		
					Calcio	ppm		
					Magnesio	ppm		
					Sodio	ppm		
					Fósforo	ppm		
					Cloruro	ppm		
					Sulfato	ppm		
					Dicromatos	ppm		
					Carbonatos	ppm		
					Hierro	ppm		
Boro	ppm							
Oxígeno disuelto	ppm	Ficha de recolección de datos						

11

**MATRIZ DE CONSISTENCIA: CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN AL USO CONSUNTIVO DE LOS POBLADORES DE LA RIVERA DEL RIO MARCAHUASI DEL DISTRITO DE ABANCAY 2015?**

Pregunta general	Objetivo general	Hipótesis general	variables	dimensiones	indicadores	índice	Técnicas e instrumentos	Diseño metodológico
¿Cómo es la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015?	Conocer la calidad del agua en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015.	La calidad del agua no cambia en función al uso consuntivo para la agricultura y municipal de los pobladores de la ribera del río Marcahuasi del distrito de Abancay 2015.	Calidad del agua	Fisicoquímicos	pH	Unidades de pH	Encuestas	La metodología será por diseño transversal descriptivo.
					Conductividad eléctrica	µS/cm		
					Calcio	ppm		
					Magnesio	ppm		
					Sodio	ppm		
					Fósforo	ppm		
					Cloruro	ppm		
					Sulfato	ppm		
					Dicromatos	ppm		
					Carbonatos	ppm		
					Hierro	ppm		
Boro	ppm							
Oxígeno disuelto	ppm	Ficha de recolección de datos						

12



13



14



15



16



### ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- Grupo Técnico sobre las Aguas Servidas de Arequipa (2006) realizó la investigación con el título: Informe Técnico sobre la calidad del agua en Arequipa en los ríos Chili y Sabandía.
- Mitchell (1991) indica en su manual de campo de proyectos de ríos, cuyo título es la calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras.
- Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Catalunya (2007) realizó la investigación que lleva como título: descripción de usos y presiones de la cuenca fluvial de Catalunya-España.
- Estadísticas del Agua en México (2004) realizó la investigación con el título: usos fuera del cuerpo de agua o uso consuntivo en México.
- Ministerio de Salud (2009) consumo la investigación con el título: estándares de calidad ambiental de agua en usos agropecuarios y bebida de animales.

19

### BASES TEÓRICAS

20

### DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- Agua
- Servicios básicos
- Saneariento
- Calidad de agua
- Cloacas
- Ecosistemas
- ECA
- Contaminación
- Aguas domesticas
- Estrés hídrico
- Desechos orgánicos
- Recursos hídricos
- Aguas superficiales
- Desechos inorgánicos
- Agua potable
- Vertimientos
- Aguas residuales
- Cuerpos de agua
- Ecosistemas acuáticos
- Sistema hídrico
- Agua segura
- Patógenos
- Aguas continentales
- Evapotranspiración

21

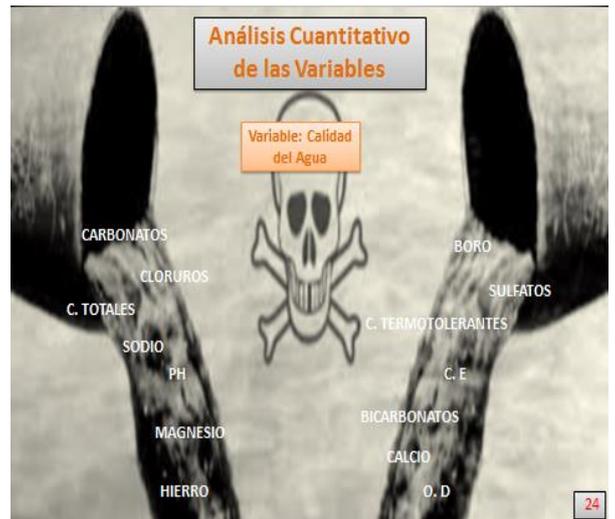
## CAPITULO III

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

22



23



24

### Resultado Análisis Físicoquímico

Cuadro 14: resultados de los análisis físicoquímicos

Parámetros físicoquímicos- punto 01		
Indicadores	Unidad	valor
pH	Unidades de pH	7.40
C.E.	uS/cm	156.00
Dureza	Ppm	106.10
Calcio	Ppm	24.32
Magnesio	Ppm	10.30
Sodio	Ppm	11.40
Potasio	Ppm	3.60
Cloruros	Ppm	14.20
Sulfatos	Ppm	33.40
Bicarbonatos	Ppm	93.00
Carbonatos	Ppm	0
Hierro	Ppm	0.060
Boro	Ppm	0.024
Sólidos disueltos	Ppm	217.22

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

Cuadro 15: resultados de los análisis físicoquímicos

Parámetros físicoquímicos- punto 02		
Indicadores	Unidad	valor
pH	Unidades de pH	7.55
C.E.	uS/cm	164.00
Dureza	Ppm	111.52
Calcio	Ppm	26.60
Magnesio	Ppm	10.17
Sodio	Ppm	15.20
Potasio	Ppm	3.80
Cloruros	Ppm	14.60
Sulfatos	Ppm	34.90
Bicarbonatos	Ppm	109.30
Carbonatos	Ppm	0
Hierro	Ppm	0.068
Boro	Ppm	0.024
Sólidos disueltos	Ppm	239.37

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

Cuadro 16: resultados de los análisis físicoquímicos

Parámetros físicoquímicos- punto 03		
Indicadores	Unidad	valor
pH	Unidades de pH	7.60
C.E.	uS/cm	177.00
Dureza	Ppm	120.40
Calcio	Ppm	31.16
Magnesio	Ppm	9.52
Sodio	Ppm	17.10
Potasio	Ppm	3.80
Cloruros	Ppm	15.30
Sulfatos	Ppm	39.20
Bicarbonatos	Ppm	118.30
Carbonatos	Ppm	0
Hierro	Ppm	0.071
Boro	Ppm	0.030
Sólidos disueltos	Ppm	229.88

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

25

### Resultado Análisis Físicoquímico

Cuadro 17: resultados de los análisis físicoquímicos

Parámetros físicoquímicos- punto 04		
Indicadores	Unidad	valor
pH	Unidades de pH	7.40
C.E.	uS/cm	189.00
Dureza	Ppm	128.50
Calcio	Ppm	32.70
Magnesio	Ppm	10.58
Sodio	Ppm	18.60
Potasio	Ppm	4.19
Cloruros	Ppm	16.20
Sulfatos	Ppm	41.60
Bicarbonatos	Ppm	128.70
Carbonatos	Ppm	0
Hierro	Ppm	0.084
Boro	Ppm	0.030
Sólidos disueltos	Ppm	278.57

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

Cuadro 18: resultados de los análisis físicoquímicos

Parámetros físicoquímicos- punto 05		
Indicadores	Unidad	valor
pH	Unidades de pH	7.70
C.E.	uS/cm	189.00
Dureza	Ppm	130.40
Calcio	Ppm	32.88
Magnesio	Ppm	10.81
Sodio	Ppm	18.00
Potasio	Ppm	4.40
Cloruros	Ppm	16.30
Sulfatos	Ppm	44.00
Bicarbonatos	Ppm	123.88
Carbonatos	Ppm	0
Hierro	Ppm	0.084
Boro	Ppm	0.036
Sólidos disueltos	Ppm	278.17

Fuente: departamento académico de química-UNSAAC (2015).

26

### Resultado Análisis Microbiológicos

Cuadro 19: punto 1 resultados de los análisis bacteriológicos

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	44.5 °C	230,0
Coliformes totales	NMP/100 mL	35°C	>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015).

Cuadro 20: punto 2 resultados de los análisis bacteriológicos

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	44.5 °C	>1600
Coliformes totales	NMP/100 mL	35°C	>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015).

Cuadro 21: punto 3 resultados de los análisis bacteriológicos

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	44.5 °C	28,0
Coliformes totales	NMP/100 mL	35°C	>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015).

27

### Resultado Análisis Microbiológicos

Cuadro 22: punto 4 resultados de los análisis bacteriológicos

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	44.5 °C	>1600
Coliformes totales	NMP/100 mL	35°C	>1600

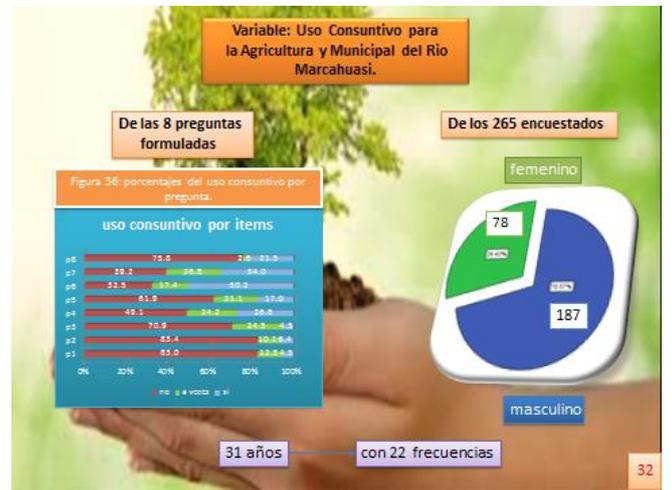
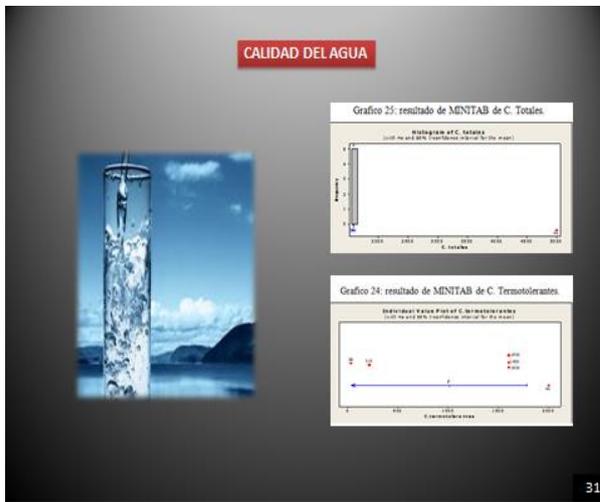
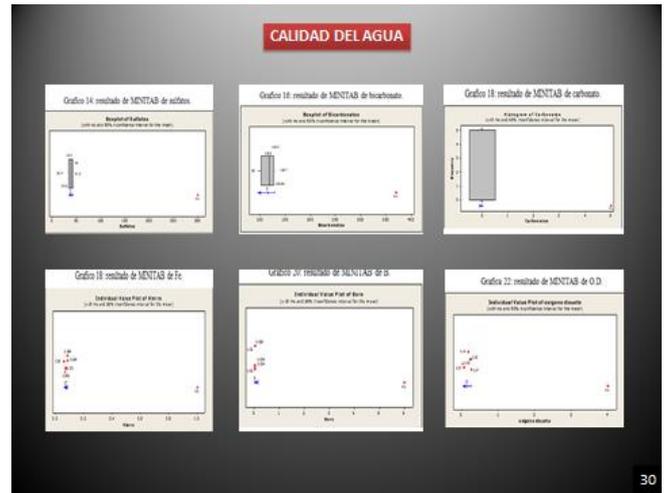
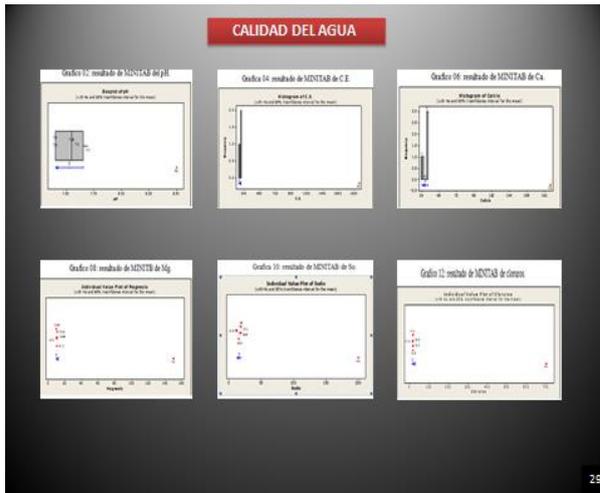
Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015).

Cuadro 23: punto 5 resultados de los análisis bacteriológicos

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	44.5 °C	>1600
Coliformes totales	NMP/100 mL	35°C	>1600

Fuente: dirección regional de salud Apurímac (2015).

28



## CAPITULO IV

### PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

33

### PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Cuadro 33: cuadro resumido de la calidad del agua del rio Marcahuasi según sus parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

	pH	C.E.	Dureza	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	Carbonatos	Hierro	Cromo	Solidos disueltos	temperatura	solidos totales	oxígeno disuelto	C. termotolerantes	C. Totales
punto 1	7.4	128	128.1	24.52	10.3	11.4	5.6	14.2	52.4	95	0	0.06	0.024	217.22	17.6	78.2	0.05	210	>1600
Calificación	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC
punto 2	7.55	164	111.82	26.6	10.17	15.2	2.8	14.6	54.9	109.5	0	0.085	0.024	239.57	16.5	137	0.07	>1600	>1600
Calificación	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC

34

Cuadro 33: cuadro resumido de la calidad del agua del río Marcahuasi según sus parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

	pH	C.E.	Dureza	Ca bic	Magnesio	Sodio	Potasio	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	Carbonatos	Hierro	Boro	Soluble dióxido de silicio	Temperatura	Soluble total de oxígeno disuelto	C. termotolerantes	C. Totales
punto 3	7.6	277	4	31.36	9.92	37.3	3.6	35.9	59.2	118.5	0	0.071	0.63	239.86	14.2	21.3	9	<1600
Calificación	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC
punto 4	7.4	169	5	22.7	10.86	16.6	4.35	16.2	11.6	128.7	0	0.036	0.02	278.57	14.2	21.5	9	<1600
Calificación	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC
punto 5	7.7	169	4	22.96	10.81	16	4.4	16.5	44	123.5	0	0.036	0.036	278.17	14.6	10.7	7	<1600
Calificación	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	NC

PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Cuadro 34: cuadro estándares de calidad del agua por categorías para el río Marcahuasi.

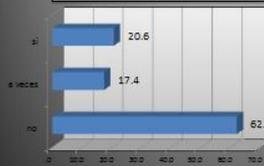
PUNTOS	CAUFICAD	CAUFICAD	CAUFICAD
	ÓN C.3: RIEGO DE PLANTAS	ÓN C.3: BEBIDA DE ANIMALES	ÓN C.1-A1.
P-1	C	C	NC
P-2	C	C	NC
P-3	C	C	NC
P-4	C	C	NC
P-5	C	C	NC

Por tanto se puede interpretar que para la categoría tres (3), según los parámetros tomados pH, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, hierro, boro y oxígeno disuelto del río Marcahuasi califican por estar dentro de los estándares de calidad de agua permitidos. Pero los parámetros bacteriológicos: coliformes temotolerantes y totales, no califican para la categoría tres (3) según se muestra en el cuadro n° 34. Para la categoría uno (1)-A1, los parámetros fisicoquímicos sí califican. Inconveniente para los parámetros bacteriológicos, no califican.

Dónde:  
C= califican  
NC= no califican

PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Figura 37: porcentajes del uso consuntivo del por alternativas.



Cuadro 35: Prueba chi cuadrada uso consuntivo de agua

PRUEBA CHI CUADRADO	
Chi cuadrada	57.086
df	2
sig.	0.00



CAPITULO V



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES



RECOMENDACIONES

Se recomienda urgentemente la construcción de una planta de tratamiento para aguas residuales.

Es necesario mantener un programa permanente de monitoreo donde se incluyan parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, quedan a disposición de las autoridades competentes para los fines que vean por conveniente, como también de aquellas personas interesadas en realizar trabajos semejantes; del mismo modo quedan a futuras modificaciones y mejoras, según las necesidades que se presenten con el transcurso del tiempo.

Aunado a las recomendaciones anteriores, deberá generarse e instrumentarse un programa de saneamiento rural básico en las áreas de influencia.

### FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Auge, M. (2002). Ascenso del agua freática en el Conurbano: Consejo Superior Profesional de Geología. (1a. ed.). Buenos Aires: Mesa Redonda.
2. García, G. (2002). Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Enfermería Comunitaria I Salud Pública. (3a. ed.). Barcelona: Masón.
3. Mitchell, M. (1991). Manual de campo de Proyecto del Río: Guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. (2a. ed.). New México, USA: 200p.
4. Mitchell, M. (1991). Manual de campo de Proyecto del Río: Guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. (2a. ed.). New México, USA: 200p.
5. Gómez, R. (1994). Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana: Contaminación ambiental en la Amazonia Peruana. Informe Técnico de Avance. Perú. Iquitos.
6. Kuroiwa, J. M. (2012). Diagnóstico del agua en las Américas: Red interamericana de academias de ciencias foro consultivo científicas y tecnológicas, Recursos hídricos en el Perú. (1a. ed.). Perú.
7. Auge, M. (2004). Hidrogeología Ambiental: Serie Contribuciones Técnicas. Ordenamiento Territorial. SEGEMAR. (3a. ed.). Buenos Aires.
8. Auge, M. (2006). Maestría en Gestión del Agua: Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua. Facultad de Veterinaria. (4a. ed.). Buenos Aires.
9. Cisneros, J. (2001). La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Colegio de Ingenieros Ambientales de México. (1a. ed.). México: Limusa.
10. Lic. Ocola, J. J. (2011). Protección del agua vigilancia y control de vertimientos-PAVER: Área de Gestión de la Calidad del Agua. Lima, Perú.

41

### FUENTES DE INFORMACIÓN

11. Zagarra M. E. (2014). Economía del agua: conceptos y aplicaciones para una mejor gestión. Grupo de Análisis para el Desarrollo. GRADE. (2a. ed.). Lima, Perú, Artega E.I.R.L.
12. Fernández, C. (2004). Encuentros sobre el agua. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO. (1a. ed.). México: Etkar, s.Coop.
13. Emanuel, C. & Escurre, J. (2000). Informe nacional sobre la gestión del agua en el Perú: gestión de recursos hídricos. Lima.
14. Odiaga, F. B. (2014). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA: Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Hecho en el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-05991. (1a. ed.). Lima, Perú.
15. Plan nacional de acciones ambientales. Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa municipal de servicio de agua potable y alcantarillado de Abancay, EMUSAP. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, SUNASS. GRT. Abancay, Perú (2004).
16. Ing. Rosasco Gs. O. Academia Nacional de Medicina. Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería: contaminación y problemática del agua en el Perú. Lima, Perú. (2008).
17. Grupo Técnico sobre las Aguas Servidas de Arequipa: Informe del Grupo Técnico sobre las Aguas Servidas de Arequipa. Secretarías técnicas, SEDAPAR-CONAM. Comisión Ambiental Regional Arequipa. Arequipa. (2006).
18. Pontificia Universidad Católica del Perú, facultad de ciencias e ingeniería. urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Bachiller; Arce Jáuregui, L. E. Lima, Perú. (2013).
19. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA: monitoreo para la calidad del agua. México. (2004).
20. Organización mundial de la salud, OMS: Informe Mundial sobre la Situación del Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento. Organización de las Naciones Unidas, Nueva York. (2000).

42

### FUENTES DE INFORMACIÓN

21. Estadísticas del Agua en México. Usos del agua: Usos fuera del cuerpo de agua o uso consuntivo en México. Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua, SGAA. CNA. México. (2004).
22. Guía técnica, agua y salud: Movilicemos a la Organización Vecinal, OPS, CEPIS; Ministerio de salud. Fondo internacional de emergencia de las Naciones Unidas para la infancia, UNICEF. Lima, Perú. (2009).
23. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI. dirección general de hidrología y recursos hídricos: monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú. Lima, Perú. (2007).
24. Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Catalunya: descripción de usos y presiones de la cuenca fluvial de Catalunya-España. España. (2007)
25. autoridad nacional del agua, ANA: protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos. Lima, Perú (2009).
26. Domínguez F. O. jefe servicio nacional de sanidad agraria: Normas legales, Decreto Supremo. N.D.S. 002-2008 MINAN. Requisitos para publicación de normas legales y sentencias. estándares nacionales de calidad ambientales para agua. Diario oficial El peruano lima, jueves 31 de julio de 2008.
27. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Racionalización del agua en el mundo. Recuperado el 10 de mayo, de <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/wfc2.htm>.

43

### TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DEL AGUA DEL RIO MARCAHUASI

PUNTOS	coordenadas GPS (utm)				fecha
	norte	este	altura	altura	
P-01	0732261	8493393	2696msnm		29/07/15
P-02	0732258	8493372	2696msnm		29/07/15
P-03	0732227	8493391	2696msnm		29/07/15

Variable: Calidad del agua

Variable: Calidad del agua

Variable: Calidad del agua

Punto: 01

Punto: 02

Punto: 03



44

### TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DEL AGUA DEL RIO MARCAHUASI

PUNTOS	coordenadas GPS (utm)				fecha
	norte	este	altura	altura	
P-04	0732208	8493019	2636msnm		29/07/15
P-05	0732164	8492938	2628msnm		29/07/15

Variable: Calidad del agua

Variable: Calidad del agua



45

GRACIAS

46