

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

## FACULTAD DE CIENCIAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGIA



**“EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS TERMALES DEL  
BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA,  
LA CONVENCION - CUSCO”**

**Tesis presentada por:**

**Bach. ROLANDO CENTENO TERAN**

**Para optar al Título Profesional de Biólogo**

**Asesor:**

**M.SC. RODRIGO CHEVARRIA DEL PINO**

**CUSCO – PERÚ  
2016**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis, a mi madre Domitila Terán de Centeno y padre Sixto Centeno Chilo, quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles, ya que gracias a ellos soy lo que soy.

**Rolando Centeno Terán**

## **AGRADECIMIENTO**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello con toda humildad, agradezco primeramente mi trabajo a Dios.

A mis padres y cuatro hermanos, por estar siempre presentes junto a mí y brindándome su apoyo constante.

Al M.SC. Rodrigo Chevarría Del Pino, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización del presente trabajo.

Al personal técnico de la Municipalidad distrital de Santa Teresa, por brindarme las facilidades para levantamiento de información y la realización del presente trabajo.

Finalmente gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

**Rolando Centeno Terán**

## INDICE

	Pág.
Resumen .....	i
Introducción.....	ii
Planteamiento del problema.....	iii
Justificación.....	iv
Objetivos .....	v
Hipótesis .....	vi
CAPITULO I.....	1
MARCO TEORICO .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. El agua .....	4
1.3. Aguas Termales – Minerales - Medicinales:.....	5
1.4. Contaminación hídrica:.....	14
1.5. Calidad ambiental del agua .....	20
1.6. Índices de Calidad de Agua (ICA) .....	20
1.7. Metales pesados.....	28
1.8. El mercado turístico cusqueño.....	35
1.9. Marco legal.....	36
CAPITULO II.....	39
AREA DE ESTUDIO .....	39
2.1. Ubicación geográfica y política: .....	39
2.2. Ubicación y descripción del balneario de Cocalmayo.....	42
2.3. Geología de la zona de Cocalmayo.....	46
2.4. Características del distrito de Santa Teresa .....	48
2.5. Características de los recursos naturales.....	49
2.6. Clima.....	50
2.7. Aspectos biológicos.....	54
2.8. Aspectos Socio - economicos.....	58
CAPITULO III.....	63
MATERIALES Y METODOS.....	63
3.1. Materiales.....	63
3.2. Metodología: .....	64
CAPITULO IV .....	76
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	76
4.1. Calidad sanitaria de las piscinas en el balneario de Cocalmayo.....	76
4.2. Calidad bacteriológica y físico-química del agua termal en la fuente de abastecimiento y piscinas del balneario de Cocalmayo.....	78
4.3. Índice de Calidad de Agua (ICA) de la fuente de abastecimiento.....	81
4.4. Metales pesados (Hg, Pb, Cd) en la fuente de abastecimiento.....	83
DISCUSIONES.....	84
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES.....	87
BIBLIOGRAFIA .....	88

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Volumen de agua disponible en el mundo .....	4
Tabla 2: Clasificación de aguas minero termales según Armijo-Valenzuela y San Martín 1994. ....	12
Tabla 3: Clasificación de aguas termales según Castany, G. ....	12
Tabla 4: Estándares de calidad ambiental (ECA) nacional para agua.....	17
Tabla 5: Factor de corrección del ICA.....	22
Tabla 6: Escala del índice de calidad de agua (ICA) según su uso.....	23
Tabla 7: Estándares nacionales de calidad ambiental para agua – aguas superficiales.....	37
Tabla 8: Tipos de suelo del distrito de Santa Teresa.....	49
Tabla 9: Temperatura y precipitación promedio (2005 - 2014).....	51
Tabla 10: Zonas de vida del distrito de Santa Teresa .....	52
Tabla 11: Flora representativa de interés turístico.....	55
Tabla 12: Fauna representativa de interés turístico.....	56
Tabla 13: Población total por género- 2016.....	58
Tabla 14: Ingreso de turistas al balneario de Cocalmayo.....	59
Tabla 15: Ingresos económicos que genera el balneario de Cocalmayo.....	61
Tabla 16: Superficie agrícola (ha) por cultivos.....	62
Tabla 17: Tabla de cálculo de calificación sanitaria de piscinas (ICSPS).....	65
Tabla 18: Calificación de calidad sanitaria de piscinas.....	66
Tabla 19: Número de muestras de las fuentes de abastecimiento.....	67
Tabla 20: Número de muestras de piscinas para análisis bacteriológico.....	68
Tabla 21: Número total de muestras para análisis bacteriológico.....	69
Tabla 22: Métodos utilizados en los análisis fisicoquímicos.....	69
Tabla 23: Ficha de evaluación del índice de calidad de agua.....	71
Tabla 24: Solubilidad de oxígeno en agua dulce.....	72
Tabla 25: Calificación cualitativa de las piscinas del balneario de Cocalmayo.....	76
Tabla 26: NMP/100 mL de coliformes por muestreo en la fuente termal.....	78
Tabla 27: NMP/100 mL de coliformes por muestreo en piscinas.....	78
Tabla 28: Datos de temperatura del agua termal <i>in situ</i> .....	79
Tabla 29: Datos de pH del agua termal <i>in situ</i> .....	79
Tabla 30: Parámetros físico-químicos de la fuente termal de Cocalmayo.....	80
Tabla 31: Resultado del ICA según método gráfico mes de mayo.....	81
Tabla 32: Índice de calidad de agua (ICA) de la fuente termal.....	81
Tabla 33: Cuadro comparativo entre método gráfico e Icatest V 1.0.....	82
Tabla 34: Análisis de metales pesados.....	83

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Esquema del origen meteórico de las aguas termales.....	8
Figura 2: Esquema del origen mixto de las aguas termales.....	10
Figura 3: Rangos de la calidad del agua.....	21
Figura 4: Vista panorámica del balneario de Cocalmayo.....	43
Figura 5: Descripción de infraestructura del balneario de Cocalmayo.....	43
Figura 6: Software ICATEST V 1.0.....	73

## INDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1: Mapa de ubicación del distrito de Santa Teresa.....	41
Gráfico 2: Climatodiagrama del distrito de Santa Teresa.....	51
Gráfico 3: Mapa de zonas de vida del distrito de Santa Teresa.....	53
Gráfico 4: Porcentaje de turistas que visitan el balneario de Cocalmayo.....	60

## ACRÓNIMOS

- APHA:** American Public Health Association.
- ATSDR:** Agencia para Sustancias Tóxicas y el registro de enfermedades.
- AWWA:** American Water Works Association.
- CEPIS:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- DIGESA:** Dirección General de Salud Ambiental.
- ECA:** Estándares de Calidad Ambiental.
- EIA:** Evaluación de Impacto Ambiental.
- IARC:** Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer.
- ICA:** Índice de Calidad de Agua.
- ICSPS:** Índice de Calificación Sanitaria de Piscinas.
- IEC:** International Energy Consulting.
- INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- INGEMMET:** Instituto Nacional Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú.
- LGA:** Ley General de Aguas.
- MDST:** Municipalidad Distrital de Santa Teresa.
- MINAM:** Ministerio Nacional del Ambiente.
- MINCETUR:** Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
- MINSALUD:** Ministerio de Salud.
- NMP:** Numero Más Probable
- NSF:** Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos.
- OD:** Oxígeno Disuelto.
- OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- OPS:** Organización Panamericana de la Salud.
- OT:** Ordenamiento Territorial.
- pH:** Potencial de iones Hidrogeno.
- PIP:** Proyecto de Inversión Pública.
- SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- ST:** Solidos Totales.
- UNSAAC:** Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- UNT:** Unidad Nefelometrica de Turbidez.
- USEPA:** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
- WPCF:** Water Polution Control Federation.
- WQI:** Water Quality Index.
- ZEE:** Zonificación Ecológica Económica.

## RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en el balneario de aguas termales, “Cocalmayo”, ubicado en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento de Cusco, durante el mes de mayo del año 2015, periodo que sirvió para evaluar diversos aspectos sobre la situación actual en que se encuentra el balneario que acoge bañistas locales, turistas nacionales y extranjeros, utilizando para ello métodos normados que permitieron evaluar la calidad sanitaria, tomando en cuenta la aplicación del Índice de Calificación Sanitaria de Piscinas (ICSPS) aprobado mediante directiva sanitaria N° 033 – MINSA/DIGESA – V 01.

En lo referente a la calidad de aguas termales del complejo balneológico de Cocalmayo, se realizó el análisis bacteriológico en la fuente de origen así como en las piscinas de uso público en el mes de mayo del año 2015, dicho análisis fue realizado en el laboratorio de aguas y alimentos de la Escuela Profesional de Biología de la UNSAAC, sumándose a ello el análisis físico-químico así como el análisis de metales pesados (Hg, Cd, Mn) realizado en el laboratorio particular “QUIMICA LAB” de la ciudad del Cusco.

Del mismo modo, se evaluó el Índice de Calidad de agua (ICA) de la fuente de abastecimiento termal, evaluando un número de 09 parámetros: Nitratos, fosfatos, turbidez, sólidos totales, temperatura, pH, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y coliformes termotolerantes, utilizando para ello el método gráfico propuesto por la Fundación Nacional de Sanidad de los EE.UU (NSF) y el método mediante software Ictest V 1.0.

Así se obtuvo un resultado de regularmente saludable con un valor de 0.66 puntos según la evaluación cualitativa al balneario mediante el ICSPS.

En lo referente al Índice de Calidad de Agua (ICA), se obtuvo un resultado de calidad de agua “buena - excelente” para uso recreativo con un valor promedio de 77.16 y 72.73 puntos según el método gráfico y el método mediante software Ictest V 1.0 respectivamente.

En conclusión el balneario de Cocalmayo, se considera apto para uso recreativo de contacto primario y secundario según los parámetros indicados en los Estándares de Calidad Ambiental nacional para agua (ECA), así como también se evidencia la ausencia de metales pesados entre estos el mercurio, cadmio y plomo en la fuente termal de abastecimiento.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, el reporte de uso más antiguo y conocido sobre fuentes termales, es el de “Los Baños del Inca” en Cajamarca, antiguamente llamado como Baños de Pultamarca (lugar caliente). Las crónicas refieren a que en esa fuente el Inca Atahualpa tomaba baños de relajación y recuperación. Existen evidencias históricas que indican que hubo un antiguo aprovechamiento del recurso termal desde tiempos Pre-Incas. (MINCETUR, 2005).

Actualmente en el Perú hay unas 500 fuentes de aguas termales, minerales y termo medicinales (INGEMMET, 2010) con propiedades curativas y relajantes, que brotan desde las profundidades de la tierra, se le reconoce la capacidad de fortalecer la salud, mitigar múltiples males como reumatismo, problemas de bronquios y dolores musculares, así como propiedades de relajación.

Para el presente trabajo, el estudio sobre la evaluación de la calidad de aguas termales se desarrolla en el balneario de Cocalmayo, ubicado en el distrito de Santa Teresa, provincia La Convención, departamento Cusco durante el mes de mayo del año 2015, así como el diagnóstico hídrico de la fuente termal, el presente estudio consiste en la realización de un trabajo de investigación que permita conocer el estado actual de dichas aguas, las ventajas o posibles desventajas de las mismas que permitan brindar seguridad y confianza a los asistentes a este centro recreativo.

Con el presente trabajo se pretende velar por la salud pública de los bañistas, para así poder articular la salubridad a una actividad de recreación y turismo básico pero de significativa importancia en el conocimiento, no sólo de sus características biológicas, físicas y químicas, sino también de su vital importancia de contar con espacios recreativos saludables, pudiendo así de esta forma constituir el complejo balneológico de Cocalmayo en una imprescindible zona de recreación.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En efecto, el distrito de Santa Teresa con su principal atractivo turístico Cocalmayo, viene siendo intensamente concurrida por bañistas locales, nacionales y extranjeros, lo cual genera al mismo tiempo una preocupación en los bañistas y asistentes al balneario de no saber la calidad actual de estas aguas, sumándose a ello los mínimos o casi inexistentes estudios sobre calidad de aguas que se realiza en este tipo de cuerpos de agua.

Sabemos que los agentes contaminantes del agua en los balnearios son múltiples y pueden proceder de la contaminación del agua, falta o deficiencia en la limpieza, del material o accesorio inmerso en la piscina y principalmente del propio usuario. Cada sujeto que se sumerge en la piscina puede aportar al agua materia orgánica y mineral en considerable cantidad además de millones de gérmenes saprofitos o incluso patógenos de origen rino-faríngeo, genito-urinario, digestivo y cutáneo. (San Martín, J. 1994)

Diversos estudios acreditan que la contaminación aportada al agua de una piscina por una sola persona es, por término medio, unos diez millones de gérmenes totales, cien mil coliformes fecales. Cierta tipo de bañistas que podrían padecer algún tipo de enfermedad, después de una sesión en la piscina, pueden aportar de 15 000 a 40 000 gérmenes por ml de agua. Estos gérmenes provenientes principalmente de la orina son *Escherichia coli*, *proteus*, bacilo, estafilococos, etc También se han detectado otras bacterias *aeromona hydrophyla*, *pseudomona aeruginosa*, virus del tipo parainfluenza, hongos blastomicetos, *mycobacterium*, protozoos, etc. (San Martín, J. 1994)

Las piscinas requieren atenciones higiénicas que aseguren la inocuidad a los usuarios y si esto es indispensable en las piscinas de uso deportivo o de recreo, es todavía más necesario en el caso de las piscinas termales por la excesiva demanda que estos centros recreativos presentan.

Para ello es importante efectuar la evaluación de la calidad de dichas aguas termales para conocer la situación actual y así promover responsablemente la importancia de las aguas termales de Cocalmayo.

## JUSTIFICACIÓN

Las fuentes termales en el Perú y en nuestra región, constituyen un invaluable recurso desde el punto de vista turístico, económico, cultural y social. Lamentablemente la mayor parte de las autoridades, técnicos y población no tienen conciencia del valor de este recurso y se aprecian escasas acciones de adecuada preservación y administración.

Debido a la concurrida afluencia al balneario de Cocalmayo, es sumamente necesario realizar una evaluación de la calidad de aguas termales con fines recreacionales, que permita principalmente conocer la calidad bacteriológica, física y química de este cuerpo de agua, lo cual brinde a los bañistas la confianza respectiva de ingreso al balneario o así mismo los cuidados necesarios a cumplir con la intención de velar la salud pública, el cual debido a distintos microorganismos presentes en el cuerpo de agua de este tipo o minerales presentes podrían considerarse como un riesgo a la salud de los bañistas.

Actualmente no se cuenta con un estudio de la calidad de las aguas termales del balneario de Cocalmayo, que pueda garantizar el uso con fines recreacionales, turísticos, planificación y gestión del agua.

Los resultados del presente trabajo permitirán conocer la situación actual de la calidad de las aguas termales del balneario de Cocalmayo, así mismo permitirá ofrecer al público asistente un servicio adecuado que no atente contra la salud de los bañistas, dicha evaluación de las fuentes de agua superficial disponibles en el balneario de Cocalmayo del distrito de Santa Teresa, permitirá, no sólo conocer la calidad de dichas aguas, sino también disponer de información para una mejor planificación y gestión del uso óptimo del recurso hídrico, ayudará a las autoridades proponer programas de atención a los bañistas y su mejor administración.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

Evaluar la calidad de las aguas termales en el balneario de Cocalmayo, distrito de Santa Teresa, provincia La Convención.

## Objetivos específicos

1. Determinar la calidad sanitaria de las piscinas en el balneario de Cocalmayo.
2. Evaluar la calidad físico-química y bacteriológica del agua termal en la fuente de abastecimiento y piscinas de dicho balneario.
3. Determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la fuente de abastecimiento.
- 4.- Determinación de metales pesados (mercurio, plomo y cadmio) en la fuente termal de Cocalmayo.

## **HIPÓTESIS**

La actividad turística que se viene observando en el distrito de Santa Teresa y en el balneario de aguas termales de Cocalmayo, influyen en la alteración de las características físicas, químicas y bacteriológicas de dicho centro recreativo, generando contaminación y su consecuente alteración del Índice de Calidad de Agua – ICA.

# CAPITULO I

## MARCO TEORICO

### 1.1. ANTECEDENTES

**PAZ. (1999).** Investigó la calidad de las aguas termales de las piscinas de La Raya y Aguas Calientes, concluyendo que dichas aguas no son aptas para recreación debido a que sobrepasan los estándares establecidos para este tipo de aguas, presenta una prevalencia de coliformes termotolerantes, *Enterococcus* y *Pseudomona aeruginosa* en el 100% de las muestras estudiadas.

**USCAMAYTA. (1999).** En su trabajo sobre prevalencia de *Naegleria* y *Acanthamoeba* en aguas geotermales y geomedicinales de las localidades de la Raya-Aguas Calientes, afirmó que de 30 muestras de aguas procesadas: El 16.7% corresponden a *Acanthamoeba spp.* Así mismo de 14 muestras de agua de uso recreacional un 50% fue positiva para *Acanthamoeba*, encontrándose *Acanthamoeba spp* en la zona de San Pedro más no en San Pablo.

**HUAMANÍ y STEINMÜLLER. (2000).** "Aguas termales y minerales en el norte y centro del Perú", determinaron que dentro del área de estudio se hallaron dos únicas fuentes de aguas minerales que son explotadas para la venta de consumo humano, las fuentes de Llocllapampa y San Mateo. La primera es una embotelladora de la Comunidad del distrito del mismo nombre, provincia de Jauja en el departamento de Junín, que generalmente distribuye sus aguas en el centro del país. En sus aguas se reportaron presencia excesiva de arsénico, no apta para beber, que sobrepasa tres veces el límite máximo permisible por la OMS. La fuente de San Mateo se encuentra en el distrito del mismo nombre, provincia de Huarochirí en el departamento de Lima. Sus aguas presentan una composición química dentro de los parámetros permisibles para el consumo humano (OMS).

**HUAMANÍ. (2001).** "Aguas termales y minerales en el sur oriente del Perú", al hacer su recorrido por el distrito de Santa Teresa identifica 04 potencialidades termales: Fuente termal de Quellomayo, fuente termal de Uripata (Actualmente Cocalmayo), fuente termal de Ccollpapampa y la fuente termal de Yanatile, concluyendo que dichos cuerpos de agua son aptos para uso recreacional según la Ley General de Aguas (LGA) pero no aptas para consumo humano, debido a la presencia de Mn (Quellomayo), As (Uripata-Cocalmayo), Ba, Ca, Cl, Mn (Ccollpapampa) y Fe, Mn (Yanatile).

**BARRIONUEVO. (2004).** En el trabajo denominado "La explotación de las aguas minero termales con fines turísticos", concluye que todas las fuentes termales existentes en la región Cusco, incluidas el balneario de Cocalmayo tienen propiedades medicinales, las cuales se utilizan para el tratamiento de enfermedades artríticas, hepáticas, renales y enfermedades del sistema nervioso.

**FLORES. (2006).** En su trabajo de investigación sobre "Calidad bacteriológica de las aguas de las piscinas de La Raya y Maranganí", concluyó que esta agua está dentro de los parámetros permisibles reglamentados por la OMS-CEPIS.

**YUPANQUI. (2006).** A través del trabajo de tesis denominado, "Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termominerales del Callejón de Huaylas" llegó a determinar la presencia de metales pesados tales como litio, plomo, manganeso, arsénico, cadmio, plata, aluminio, hierro, cobre, cobalto, cinc, calcio, potasio, sodio en concentraciones mínimas pero sin registrar la presencia de mercurio en dichas aguas termominerales.

**OJEDA. (2008).** En el seminario de investigación sobre "Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas minero medicinales de San Pedro y San Pablo de la provincia de Canchis, Cusco", concluyó que dichas aguas no son aptas para consumo humano, pero si para uso recreacional, en vista a que el 100% y 80% de las muestras estudiadas de las aguas minero medicinales de San Pedro y San Pablo respectivamente presentan coliformes termotolerantes.

**CARDENAS. (2010).** En el trabajo de tesis denominado "Evaluación sanitaria ambiental de las piscinas públicas de la ciudad de Quillabamba- La Convención", concluyó que la fuente superficial de abastecimiento denominado río Sambaray presenta coliformes totales y termotolerantes, sin embargo, son aptas para uso recreacional porque los valores no superan los estándares establecidos por la ley general de aguas. Con relación a las piscinas, según las muestras estudiadas se concluye que del total de muestras analizadas, se reporta que antes del uso de las piscinas, el 31% del total de muestras analizadas resultaron ser aptas para uso recreacional y el 69% resultaron ser no aptas.

**SILVA. (2010).** En el trabajo de tesis denominado “Evaluación de los cuerpos lenticos del parque nacional del Manu”, concluyó que del estudio de 19 cochas de la subcuenca del río Manu, se registra un 89% (17) con Índice de Calidad de Agua (ICA) media y solo 11% (2) tienen calidad de agua mala.

**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA TERESA. (2013).** En el proyecto de inversión pública denominado “Mejoramiento de los servicios turísticos en el tramo Santa María La Antigua - Cocalmayo, distrito de Santa Teresa, La Convención, Cusco”, dicho proyecto contempla la ejecución de 3 componentes denominados: Adecuadas facilidades turísticas, adecuada presentación de la vía de tránsito peatonal y mejoramiento del sistema organizativo de pobladores, dicho proyecto carece de un estudio sobre calidad de aguas de dicho balneario, análisis hídrico y reporte de flora y fauna.

**LA TORRE. y LUNA. (2014).** En el trabajo de tesis denominado: “Índice de calidad de agua y nivel de metales pesados del río Araza, Quispicanchi – Cusco”. Concluyó que según el análisis físico químico del agua del río Araza durante la época de lluvias y secas, los valores obtenidos de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, emitidos según D.S. 002-2008 – MINAM, y en lo referente al análisis bacteriológico realizado, de las 20 estaciones de muestreo analizadas, 16 se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para aguas de uso recreacional en ambas épocas del año.

**LUZ DEL SUR (2015).** En el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto “Central hidroeléctrica Santa Teresa II”, realizado por la consultora ambiental MWH, se observa que en los resultados del análisis de aguas termales de la fuente de abastecimiento de Cocalmayo se reporta ausencia de Coliformes totales y termotolerantes.

## 1.2. EL AGUA

El agua es considerada como uno de los recursos naturales más fundamentales para el desarrollo de la vida, y junto con el aire, la tierra y la energía, constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. En definitiva, el agua es el principal fundamento de la vida vegetal y animal y por tanto, es el medio ideal para la vida; es por eso que las diversas formas de vida prosperan allí donde hay agua.

(Chuquisengo, 2010)

Es el compuesto más abundante, cubriendo las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Sin embargo, diversos factores limitan la disponibilidad de agua para uso humano, dejando de lado en este trabajo los factores económicos, sociales y políticos. Se sabe que más del 97 % del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas y que podemos considerarla como inservible, ya que apenas están disponibles para ningún propósito. Del 3 % restante, un 2,38 % aproximadamente, se encuentra en estado sólido, resultando prácticamente inaccesible. El resto, un 0,62 %, se encuentra en ríos, lagos y aguas subterráneas. Como apreciamos, la cantidad disponible de agua es verdaderamente escasa, aunque mayor es el problema de la distribución irregular en el planeta.

El volumen total de agua es de aproximadamente 1.400 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales sólo el 2,5%, o alrededor de 35 millones de km<sup>3</sup>, corresponde al agua dulce.

(Moura *et al*, 2005).

Tabla 1: Volumen de agua disponible en el mundo

Agua	Volumen (1.000 Km <sup>3</sup> )	% del total de Agua	% del total de Agua Dulce
<b>Agua Salada</b>			
Océanos	1'338,000.00	96.54%	
Aguas Subterráneas	12 870.00	0.93%	
Lagos de Agua Salada	85.00	0.01%	
<b>Aguas Continentales</b>			
Glaciares cubierto de Nieve	24 064.00	1.74%	68.70%
Agua Dulce Subterránea	10 530.00	0.76%	30.06%
Hielo del Suelo, Geli-suelo	300.00	0.02%	0.86%
Lagos de Agua Dulce	91.00	0.01%	0.26%
Humedad del Suelo	17.00	0.001%	0.05%
Vapor de Agua Atmosférica	13.00	0.001%	0.04%
Pantanos, Humedales	12.00	0.001%	0.03%
Ríos	2.00	0.0002%	0.01%
Incorporados en la Biota	1.00	0.0001%	0.0003%
<b>Total de Agua</b>	<b>1'385 984.00</b>	<b>100.00%</b>	
<b>Total de Agua Dulce</b>	<b>35 029.00</b>		<b>100%</b>

Fuente: Moura *et al*, 2005.

### **1.2.1. Fuentes de abastecimiento de agua:**

Sans, R. (1999), menciona las siguientes fuentes de abastecimiento de agua:

#### **1.2.1.1. Aguas meteóricas:**

El agua que cae proveniente de fenómenos meteorológicos, tales como la lluvia, la nieve y el granizo es llamada “agua meteórica”; esta proviene de la condensación y solidificación del vapor de agua que contiene la atmósfera, como resultado de la evaporación de grandes masas de agua terrestres y marinas. En cuanto a la calidad de esta agua, tiene sólidos disueltos en baja cantidad, muy baja turbiedad, químicamente se considera de baja alcalinidad y dureza, y a su vez de alto contenido de CO<sub>2</sub> (Las aguas de lluvia, al caer, disuelven el CO<sub>2</sub> de la atmósfera).

#### **1.2.1.2. Aguas superficiales:**

Se denomina así a las aguas provenientes de los ríos, arroyos, lagos, etc. En nuestro país las aguas superficiales proveen a más del 7% de la población servida. Son en general aguas turbias y con color, y además, por ser superficiales están sujetas a contaminarse. Por estas causas exigen tratamiento potabilizador, incluido desinfección previa a su entrega al consumo.

#### **1.2.1.3. Aguas subterráneas:**

Son las aguas que se encuentran en el subsuelo.

Podemos distinguir 3 tipos de fuentes subterráneas distintas según la posición del agua en el suelo:

- a) Aguas subterráneas.
- b) Aguas freáticas o de primera napa
- c) Manantiales.

### **1.3. Aguas Termales – Minerales - Medicinales:**

Son aguas proceden de capas subterráneas de la tierra que se encuentran a mayor temperatura, las cuales son ricas en diferentes componentes minerales y permiten su utilización en la terapéutica como baños, inhalaciones, irrigaciones, calefacción, entre otros.

Se llaman aguas termales, si la temperatura de dichas aguas es superior en 5 grados a la temperatura media anual del lugar donde alumbran. (Castany. 1984).

Por otro lado, se denominan aguas minerales, aquellas en cuya composición química presenta concentraciones altas de algunos iones ( $\Sigma$  iones > 1000 mg/L).

Cabe señalar que las aguas minerales pueden ser frías o calientes. Las aguas termo minerales son por ende termales y minerales a la vez.

Respecto a las aguas minero-medicinales, son aquellas que por su composición química y física tienen propiedades terapéuticas. Entonces no todas las fuentes termales son fuentes minerales, y no todas las fuentes minerales (o termo minerales) son necesariamente minero-medicinales, es decir tener propiedades y/o poderes curativos, a los que comúnmente la gente asocia.

Las aguas mineromedicinales son aquellas que, formadas en el seno de la tierra, emergen espontáneamente o mediante captaciones, y que por sus características físicas y/o químicas, pueden ejercer efectos terapéuticos. Dichos efectos benéficos guardan relación con las cualidades físicas, químicas y biológicas de las aguas al momento en que éstas emergen, dado que, en muchos casos, la conservación o envasado de las mismas conlleva una pérdida o alteración de tales propiedades terapéuticas. Es por esto último que se hace referencia a que el aprovechamiento de las propiedades de las aguas termales debe llevarse a cabo en las cercanías del manantial o punto de nacimiento para asegurar su eficacia. (Castany. 1984)

Es por ello que si el contenido de sales disueltas les confiere propiedades terapéuticas para el tratamiento de diferentes enfermedades, se les denomina mineromedicinal.

(Urbani. 1991), manifiesta que un agua mineral es aquella con un residuo seco superior a 1g/L, o sin tener la cantidad de residuo tenga más de 1 mg/L de litio, 5 mg/L de hierro, 5 mg/L de estroncio, 1 mg/L de iodo, 2 mg/L de flúor, 1,2 mg/L de sílice, etc. Si no se dispone de la información sobre el residuo seco se puede utilizar el total de sólidos disueltos (igual a la suma de aniones y cationes), en exceso a 1g/L.

### **1.3.1. Temperatura:**

La temperatura, es la característica más importante de las aguas minero termales y se debe a los efectos fisiológicos e hidrodinámicos como también por el hecho admitido de la concentración en sales que aumenta su peculiaridad.

Uno de los factores que dan origen a la temperatura de las aguas termo minerales son el vulcanismo (conjunto de fenómenos relacionados con el ascenso de masas rocosas en función hacia la superficie terrestre, el enfriamiento de los magmas (masa de minerales fundidos, silicatos, minerales ferro magnesianos y de gases disueltos, dióxido de carbono, hidrógeno, flúor, ácido clorhídrico, los que se encuentran en el interior de la corteza terrestre ascendiendo hacia las capas superiores) por las reacciones fisicoquímicas. (Castany. 1984).

El Diccionario Larouse, indica que: “La temperatura aumenta 1°C cada 30 metros de profundidad y se le denomina gradiente geotérmico”.

Castany. 1984, manifiesta lo siguiente: “En conjunto la temperatura de las aguas termales oscila entre los 20° y 100°C. Las aguas cuya temperatura alcanza o sobre pasa los 100°C pertenecen a categorías particulares geiseres, seffioni, etc.

### **1.3.2. Origen de las aguas minero termales.**

Un aspecto importante a definir en el origen de las agua minero termales se debe fundamentalmente a su gradiente geotérmico (a mayor profundidad mayor temperatura, a mayor acercamiento al núcleo de la tierra mayor calor, a cuyo efecto también se produce radioactividad. (Castany. 1984)

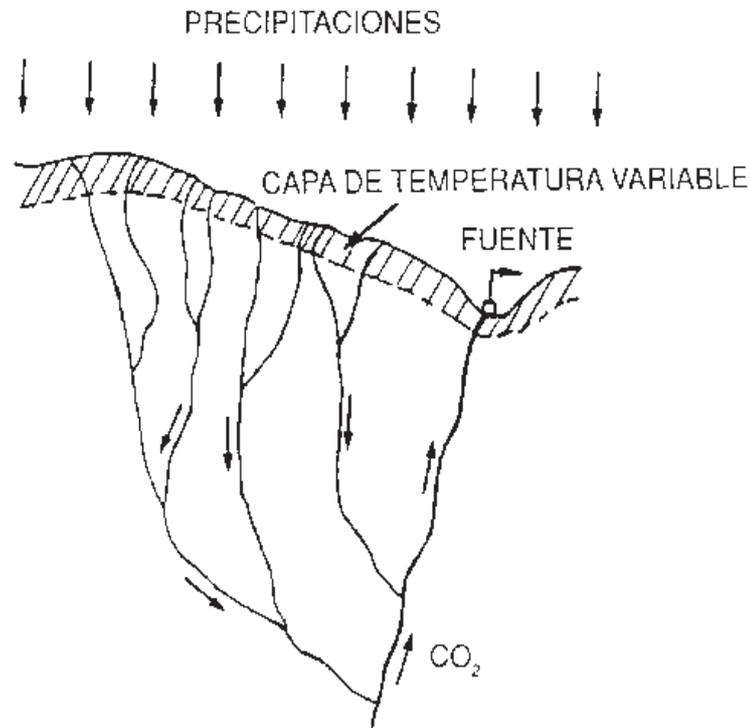
La mineralización y la temperatura de las aguas minero termales se explican por la circulación de las aguas subterráneas a diferentes profundidades. Prestigiosos investigadores llegaron a tal conclusión, entre ellos Castany. 1984, admite un doble origen: Meteórico y Juvenil.

#### **1.3.2.1. Origen meteórico:**

Hace referencia a que las aguas de la superficie procedentes de las precipitaciones se infiltran en el suelo y en el subsuelo y descienden por gravedad hacia las capas profundas, en el curso de su circulación disuelven sales minerales y su temperatura se eleva a causa principalmente del gradiente geotérmico. Después ascendiendo rápidamente por fisuras y fracturas abiertas llegan hasta la superficie. (Castany. 1984)

Por esto y con frecuencia recibe diversas denominaciones: Origen Vadoso, Geotérmico, Neptunismo, las características más importantes las recogen a su paso por los terrenos de los que proceden, sean estos hidrológicos o de la temperatura los que dependen de elementos hidro meteorológicos locales o regionales, en pocas ocasiones su temperatura sobrepasa los 35°C – 40 °C.

Figura 1: Esquema del origen meteórico de las aguas termales.



Fuente: Vargas 2010.

### 1.3.2.2. Origen juvenil o endógeno:

Las características fisicoquímicas con temperatura elevada son su peculiaridad, además de su profundidad, por tal circunstancia estas pueden ser de origen magmático, volcánico o producidos por reacciones químicas. (Castany. 1984)

#### ➤ Origen magmático:

“La cristalización de los magmas libera constituyentes que a menudo escapan hacia la superficie formando fumarolas”. Estas aguas tienen una composición química independiente de la roca de donde han salido, presentan sustancias minerales propias, contenido de sales, temperatura y características hidrológicas que son relativamente constantes de tipo hipertermal. (Castany. 1984)

#### ➤ Origen volcánico:

Proceden de la consolidación de lavas y del vapor de agua de origen volcánico, destilación de la humedad de las rocas, expulsión del vapor de agua de las capas profundas, esta emisión de vapor de agua va acompañada de gas carbónico, ácido fluorhídrico y dióxido de azufre. (Castany. 1984)

Hasta hace no muchos años, ciertos vulcanólogos se resistían a admitir que los volcanes produjesen agua, hecho que en la actualidad está totalmente probado, al igual que la relación existente entre algunas fuentes de aguas termales y ciertas manifestaciones volcánicas.

➤ **Origen por reacciones químicas:**

Hay que tener en cuenta que ciertas reacciones químicas de carácter intenso en el seno de la corteza terrestre liberan agua, y que algunos sedimentos al depositarse sobre los fondos marinos dan lugar a un proceso de oclusión de parte del agua de arrastre, originando las denominadas aguas fósiles, particularmente ricas en cloruro sódico (Na Cl), bromo (Br) y Yodo (I).

De forma análoga, las aguas juveniles o endógenas pueden también proceder de reacciones químicas que conducen a la consolidación de lavas y de vapor de agua de origen volcánico, acompañados generalmente de gases como el anhídrido carbónico, nitrógeno, sulfhídrico, fluorhídrico, etc.

➤ **Origen mixto:**

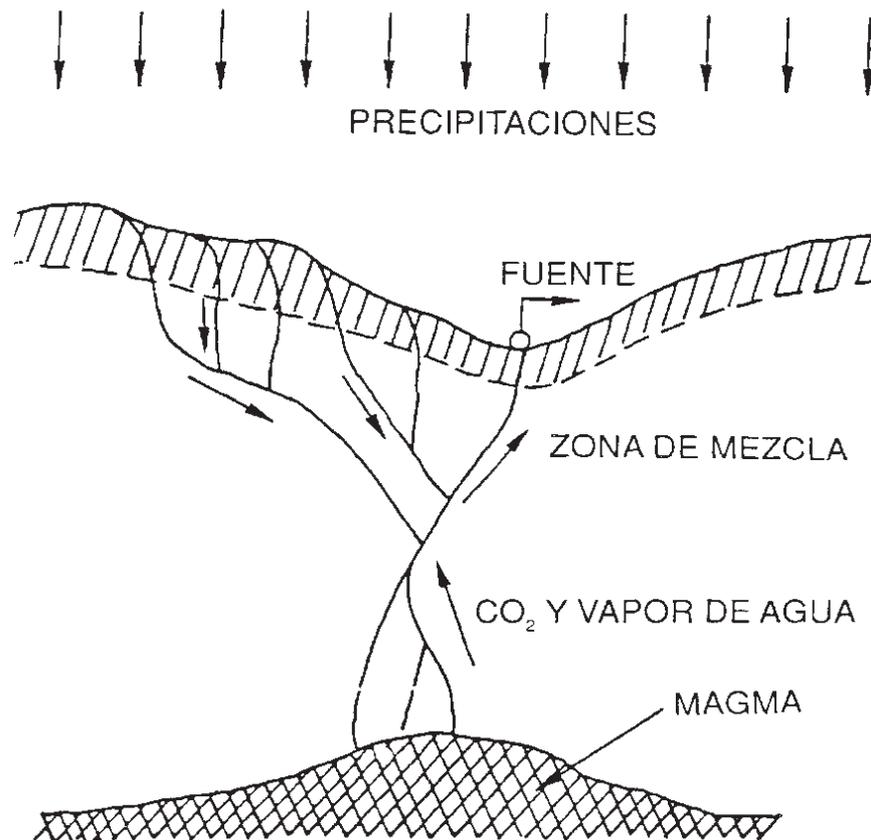
Las aguas termales pueden tener también un origen mixto, por mezcla de aguas meteóricas de infiltración reciente con aguas endógenas o fósiles. (Castany. 1984)

### **1.3.3. Aguas fósiles.**

En los fondos marinos es usual que se depositen sedimentos, los que evaporados del agua quedan en parte aprisionados en las rocas así formadas, el lavado de las capas sedimentarias por las aguas de infiltración o por aguas endógenas pueden arrastrar las aguas fósiles las que modifican su composición química.

Finalmente también existen aguas termo minerales mixtas producto de la mezcla de aguas juveniles, fósiles y meteóricas, los aportes profundos de dióxido de carbono pueden activar las aguas de filtración, donde el CO<sub>2</sub> es fruto de las manifestaciones volcánicas recientes. (Barrionuevo. 2004).

Figura 2: Esquema del origen mixto de las aguas termales.



Fuente: Vargas 2010.

Resumiendo, podríamos mencionar que el origen de la temperatura de las aguas minero termales son principalmente el gradiente geotérmico y secundariamente el vulcanismo, el enfriamiento de los magmas y las reacciones fisicoquímicas. (Castany, 1984)

#### 1.3.4. Clasificación de las aguas minero-termales:

El criterio de clasificación de las aguas termales y minerales puede ser asumido desde diversos puntos de vista: Físico, químico, físico-químico, bacteriológico y otros. Con relación a la temperatura, pueden ser hipotermales (con temperaturas inferiores a 20°C) y termales propiamente dichas (con temperaturas superiores a 20 °C).

Por lo general, se consideran termales en relación con la temperatura, aquellas aguas subterráneas que en su punto de emergencia poseen una temperatura mayor que la temperatura media anual. Esta diferencia deber ser superior a 5°C. (INGEMMET, 2000)

De acuerdo con el INGEMMET, la clasificación de las aguas se realiza de acuerdo a su temperatura, contenido de iones en solución y composición química. Se incluye dentro del concepto de aguas termales “Aquellas que poseen temperaturas mayores a 20° C” y como aguas minerales “Aquellas que contienen más de 1000 mg/L de iones en solución”.

Para la clasificación química se toma en cuenta «La presencia de todos los iones contenidos mayores a 20%, en el orden aniones-cationes, de manera decreciente»

Se han establecido muchas clasificaciones de las aguas termales.

Así por ejemplo, se han empleado los prefijos hipo, meso e hiper con estos fines; así como clasificaciones más sencillas como la adoptada en Venezuela por Urbani (1991). Este especialista denominó agua fría a aquella que posee en la emergencia una temperatura menor o igual a la temperatura media anual; agua tibia con un intervalo desde la temperatura media anual hasta 37 °C; agua caliente cuando varía desde 37 a 60 °C, y agua muy caliente desde 60 a 100 °C.

De las clasificaciones basadas en las propiedades físicas de las aguas, son destacables las que consideran la temperatura de las mismas. Desde el punto de vista de la temperatura, la clasificación más sencilla es considerar aquella en que su aplicación no produce sensación de frío ni de calor que, con las variaciones de sensibilidad individual, se admite que es la comprendida entre 34 y 36 °C. Las aguas que presentan estas temperaturas se denominan mesotermiales, considerándose hipertermales o hipotermiales según que temperatura se halle por encima o por debajo de dicho margen. (Castany. 1984).

A continuación, se da a conocer las principales clasificaciones de aguas termales propuestas por diferentes especialistas.

Según Schoeller (1962), para clasificar las aguas en dependencia de su temperatura se hace necesario considerar la temperatura media anual del aire (T<sub>ma</sub>) o la temperatura del suelo (T<sub>s</sub>) en que brota el manantial, de ello se obtiene la siguiente clasificación:

✚ **Aguas hipertermales:**  $T > T_{ma} + 4 \text{ °C}$  o  $T > T_s + 2 \text{ °C}$

✚ **Aguas ortotermiales:**  $T = T_{ma} + 4 \text{ °C}$  o  $T = T_s + 2 \text{ °C}$ .

✚ **Aguas hipotermiales:**  $T < T_{ma}$  o  $T < T_s - 2 \text{ °C}$ .

Desde el punto de vista hidroterapéutico y en relación con la llamada Temperatura Indiferente del Organismo, resulta de interés la clasificación que establece que las aguas mesotermiales son aquellas con temperaturas entre 35 y 37 °C, hipertermales (más de 37 °C) e hipotermiales (menos de 35 °C).

Esta clasificación es considerada universal y resulta la más aceptada.

Tabla 2: Clasificación de aguas minero termales.

Denominación	Temperatura °C
Aguas frías	< 20°C
Aguas hipotermas	20°C – 35°C
Aguas mesotermas	35°C – 45°C
Aguas hipertermas	> 45°C hasta 50°C

Fuente: Armijo Valenzuela y San Martín, 1994.

Por otro lado, Castany, en su libro “Aguas termo minerales”, clasifica las aguas termales en función a su temperatura en las siguientes:

Tabla 3: Clasificación de aguas termales.

Denominación	Temperatura en °C
Fuentes hipertermas	50 < T < 100
Fuentes mesotermas	35 < T < 50
Fuentes hipotermas	20 < T < 35
Fuentes frías	T < 20

Fuente: Castany. 1984.

Atendiendo a la mineralización global o mineralización cuantitativa, se han dividido las aguas minerales, atendiendo al residuo seco a 180 °C, en: Aguas oligominerales las de menos de 0,2 g/L; mediminerales las que contienen entre 0,2 y 1 g/L, y minerales si sobrepasan 1 g/L. (Castany. 1984)

Seguindo estas normas, podemos clasificar las aguas minerales como sigue:

#### **Aguas con más de un gramo por litro de sustancias mineralizantes.**

1. **Sulfatadas:** Con más de 1 g/L de sustancias mineralizantes, donde predomina el anión sulfato y están influidas fuertemente en sus propiedades terapéuticas por otros iones como sodio, magnesio, bicarbonato y cloruro. (Castany. 1984)
2. **Cloruradas:** Con más de 1 g/L de sustancias mineralizantes, donde el ion cloruro suele estar acompañado de sodio en proporción semejante. La composición de este tipo de agua refleja un origen profundo y la presencia de mares pretéritos.

La ocurrencia de fallas y grietas facilita su ascenso a la superficie. Se subdividen en: Fuertes (más de 50 g/l), medianas (entre 10 y 50 g/l) y débiles (menos de 10 g/l)

3. **Bicarbonatadas:** Con más de 1 g/L de sustancia mineralizante, donde el ion bicarbonato es acompañado de calcio, magnesio, sodio, cloruro y otros. Estas aguas cuando poseen gran cantidad de ácidos libres (CO<sub>2</sub> mayor de 250 mg/L), también se denominan carbónicas o carbo gaseosas. (Castany. 1984)

### **1.3.5. Fuentes termales y aguas calientes en el Perú.**

El Instituto Nacional Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú – INGEMMET, completó los primeros estudios geotérmicos en los años 70, comenzando por el primer inventario de recursos minerales y termales (Zapata, 1973). El objetivo principal de estos estudios era la caracterización geoquímica de los flujos de energía geotérmica.

El estudio realizado por el INGEMMET (1997 – 2003) identificó más de 500 fuentes con temperaturas superiores a 20 °C. Así mismo, estas fuentes están controladas por las estructuras geológicas típicas y formaciones que también controlan su dinámica, recarga, almacenamiento y descarga.

Vargas y Cruz. 2010, definen seis regiones geotérmicas de importancia para el potencial de energía geotérmica, en el cual, la sexta de estas regiones corresponde a la región Cusco – Puno. Esta región es descrita como dominada por la manifestación geotérmica relacionada con la actividad volcánica en el sur y por el origen mixto.

### **1.3.6. Aguas termales en la región Cusco.**

En la región Cusco, afloran rocas muy antiguas, en el Paleozoico se tiene secuencias de pizarras, esquistos, cuarcitas y lutitas del Ordovícico, areniscas cuarzosas del Grupo Ambo, areniscas rojizas del Grupo Mitú. El Mesozoico corresponde a las unidades del Cretáceo inferior como a las areniscas calcáreas de la formación muni, areniscas cuarzosas de la formación Huancané. (IEC. 2013).

Del Paleógeno se tiene rocas volcánicas del Grupo Tacaza y el Grupo Barroso.

Las diferentes temperaturas de las manifestaciones geotermales sugieren diferentes procesos. En algunos, las aguas que se infiltran tienen un corto recorrido para luego encontrarse cerca de una fuente de calor, la cual hace que su temperatura se eleve.

Así mismo, otras solo presentan un corto recorrido y su temperatura no es tan elevada, debido a la acción del gradiente geotérmico. (IEC. 2013).

Las temperaturas de las manifestaciones van desde 8°C hasta los 88°C, la conductividad eléctrica varía desde 100 y 20000 us/cm, y el pH entre 4,5 y 9,8.

Los caudales máximos superan los 20 l/s, algunas manifestaciones emiten gases como H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>. Geoquímicamente, las aguas se clasifican como bicarbonatadas y cloruradas. La mayoría de las manifestaciones son usadas con fines recreativos, balneológicos y para la producción de bebidas. (IEC. 2013)

#### **1.4. Contaminación hídrica:**

Se puede definir la contaminación, como la adición por parte del hombre de materiales o energía calorífica en cantidades que causan alteraciones indeseables del agua, aire o suelo.

Por lo tanto, la contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el agua está contaminada “Cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural”. El agua que procede de ríos, lagos y quebradas es objeto de una severa contaminación, muchas veces producto de las actividades del hombre.

Existen varias fuentes de contaminación hídrica a causa de actividades domésticas, industriales o agrícolas. Ríos y canales son contaminados por los desechos del alcantarillado, residuos industriales, detergentes y pesticidas que se escurren en tierras agrícolas. (Lenntech, 2006).

##### **1.4.1. Principales contaminantes del agua:**

Existen varias clases de agentes contaminantes del agua: Los primeros son agentes causantes de enfermedad, estos son bacterias, virus, protozoos y parásitos que se incorporan desde las aguas residuales sin tratar.

Una segunda categoría de agentes contaminantes del agua son los agentes consumidores de oxígeno (residuos) que pueden ser descompuestos por las bacterias consumidoras de oxígeno, cuando las poblaciones bacterianas son grandes, la descomposición de éstos tiene lugar y se consume mucho oxígeno pudiendo agotar el oxígeno disuelto en el agua. Esto puede ser la causa de que otros organismos que viven en ella, tales como los peces mueran.

Una tercera clase de los agentes contaminantes inorgánicos solubles en agua, tales como ácidos, sales y metales tóxicos, estos compuestos harán el agua inapropiada para beber y puedan causar la muerte de la vida acuática. (Torres. 2009)

Otra clase de agentes contaminadores el agua son los nutrientes: Los nitratos y fosfatos solubles en agua que causan el crecimiento excesivo de las algas y de otras plantas acuáticas, que agotan la fuente de oxígeno del agua. Esto mata a peces y cuando ésta se encuentra en agua potable, puede afectar a los humanos. (CEPIS.OPS/OMS.1999).

▪ **Agentes biológicos:**

Se considera a los agentes patógenos: Algunas bacterias, virus y parásitos, provenientes de desechos orgánicos que entran en contacto con el agua. Así mismo, los desechos que requieren oxígeno, algunos desperdicios pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Cuando existen grandes poblaciones de estas bacterias pueden llegar a agotar el oxígeno del agua, matando así toda la vida acuática. (Balairón. 2002).

▪ **Agentes físicos:**

El aumento de la temperatura disminuye la cantidad de oxígeno en el agua, vulnerando la supervivencia de los organismos acuáticos, la radioactividad, el calor y los cambios físicos del medio. (Balairón. 2002).

▪ **Agentes químicos:**

Las diferentes sustancias químicas inorgánicas como los ácidos y los compuestos de metales tóxicos envenenan el agua.

Las sustancias químicas orgánicas como el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes amenazan la vida en el agua.

Los fertilizantes pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas en los diferentes cuerpos de agua, estas mueren y se descomponen agotando el oxígeno del agua y provocando la muerte de varias especies. (Balairón. 2002).

#### **1.4.2. Alteraciones biológicas del agua:**

Los virus y las bacterias coliformes en un cuerpo de agua indican la presencia de desechos fecales y de restos orgánicos.

El número de bacterias encontradas, es una medida de la calidad de aguas negras o desperdicios que se hayan descargado en el agua por las actividades domésticas.

(Torres. 2009).

### 1.4.2.1. Bacterias coliformes

Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos, los cuales suelen abundar en el tracto intestinal. La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición, por lo que son usados como indicadores de contaminación. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Este grupo de bacterias coliformes se subdivide en las bacterias **Coliformes** del tipo **total** y **termotolerantes (fecal)**.

- **Coliformes totales:** Pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Se caracterizan porque son de forma bacilar, Gram negativos, aeróbicos y anaeróbicos facultativos, no forman esporas y fermentan el azúcar lactosa con producción de ácido y gas a 35°C dentro de 48 hrs. A este grupo pertenecen bacterias del género: *Escherichia*, *Enterobacter*; *Citrobacter* y *Klebsiella*. Comprende también a las bacterias que producen un brillo metálico y oscuro de color verde púrpura al aplicar la técnica de filtración por membrana utilizada para la identificación de coliformes.

Si bien no siempre se identifican los cuatro géneros, generalmente revisten igual importancia desde el punto de vista sanitario. (Prescott. *et al*, 1999).

En particular, la bacteria *Escherichia coli constituye*, aproximadamente, un 10% de los microorganismos intestinales del hombre y de animales de sangre caliente, y debido a esto se ha utilizado como indicador biológico de contaminación fecal. De manera general, cuando esta bacteria entérica no se detecta en un volumen de 100 mL de agua, se puede considerar como un agua potable, es decir, apta para el consumo humano.

Dado a que el grupo Coliformes totales incluye un amplio rango de bacterias cuya fuente primaria no necesariamente es el tracto intestinal se utilizan, como indicadores de contaminación fecal, las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes termotolerantes (fecales). (APHA-AWA-WPCF,2000)

- **Coliformes termotolerantes (fecales):** Se encuentran en los intestinos de los humanos, son un tipo de bacterias de origen fecal. Estas bacterias se definen como bacilos Gram negativos, aeróbicos y anaeróbicos facultativos, que fermentan la lactosa formando ácido y gas a 44,5°C en 24 hrs. Estas bacterias pertenecen a los géneros de *Escherichia* y *Enterobacter*, con las especies de *Escherichia coli* y *Enterobater aerogenes*.

La presencia de coliformes termotolerantes (fecales) en un suministro de agua es un indicador de contaminación de origen fecal. Se hacen pruebas específicamente para la determinación de coliformes por el Método del Número Más Probable (NMP), aprobada por el American Public Health Association, APHA, AWW, WEF. 2012. Standard methods for examination of water & wastewater, 22nd Edition.

**Tabla 4: Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) nacional para agua otorga límites bacteriológicos utilizando el NMP/100ml, indicando sus usos**

CATEGORIA	SUB CATEGORIA		COLIFORMES TOTALES (NMP/100)	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100)	
<b>CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL</b>	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.	A1	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.	50	0
		A2	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.	3000	2000
		A3	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.	50000	20000
	AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS PARA RECREACION.	B1	<b>CONTACTO PRIMARIO</b>	<b>1000</b>	<b>200</b> Fuente: ECA
		B2	<b>CONTACTO SECUNDARIO</b>	<b>4000</b>	<b>1000</b>
<b>CATEGORIA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS</b>	Agua de Mar	Sub Cat. 1	Extracción y cultivo de moluscos		*14 (Área aprobada)
		Sub Cat. 2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas		**30
		Sub Cat. 3	Otras.		1000
<b>CATEGORIA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES</b>	Parámetros para riego de vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto.	Vegetales Tallo Bajo		5000	1000
		Vegetales Tallo Alto		5000 (3)	2000 (3)
	Parámetros para bebida de animales			5000	1000
<b>CATEGORIA 4: CONSERVACION DEL AMBIENTE ACUATICO</b>	Lagunas y Lagos			2000	1000
	Rios	Costa y Sierra		3000	2000
		Selva			
	Ecosistemas Marino Costeros	Estuarios		2000	1000
Marinos		**30			

D.S. N° 002-2008-MINAM.

### 1.4.3. Alteraciones químicas del agua

**pH:** Las transformaciones que conllevan los procesos naturales y que modifican las características ácidas o alcalinas de un cuerpo de agua inducen modificaciones en el pH, cuyos valores oscilan alrededor de la neutralidad; sin embargo las aguas de escorrentía, así como las provenientes de las poblaciones, alteran la concentración de hidrogeniones y sus repercusiones a nivel de la biota es perjudicial.

**Oxígeno:** Los niveles de oxígeno disuelto en las aguas naturales residuales dependen de la actividad física, química y bioquímica del sistema de agua. La concentración del oxígeno aumenta a medida de que se reduce la temperatura del agua y a medida que aumenta la turbulencia y la mezcla del agua, así una corriente rápida poco profunda y turbulenta tiene mayores niveles de OD que un río lento y profundo. (Kiely. 1999).

**Nitrógeno total:** Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales para las plantas, su presencia en exceso en los cuerpos de agua es causante de eutrofización.

**Fósforo total:** El fósforo, así como el nitrógeno, son nutrientes esenciales para la vida, pero su concentración en exceso en el agua provoca eutrofización.

**Aniones:** La presencia de aniones cloruros en el agua indican salinidad, los nitratos indican contaminación agrícola, los nitritos son indicadores de actividad bacteriológica, los sulfuros indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.), los cianuros indican contaminación de origen industrial y la presencia en cuerpos de agua de fosfatos indica presencia de fertilizantes y detergentes.

**Cationes:** Los cationes sodio en un determinado cuerpo de agua indican salinidad, los cationes calcio y magnesio se relacionan con la dureza, los cationes de amonio indican contaminación con fertilizantes y heces así como los cationes de metales pesados son de efectos muy nocivos, los cuales se bioacumulan en la cadena trófica.

**Compuestos orgánicos:** Los aceites y grasas procedentes de alimentos o de procesos industriales son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua, los cuales dañan a los seres vivos, también pueden estar en el agua los fenoles como resultado de contaminación industria.

El agua se puede también contaminar por compuestos inorgánicos como plásticos y residuos de pesticidas, que son dañinos para los seres humanos, para las plantas y animales acuáticos. (CEPIS.OPS/OMS.1999)

#### 1.4.4. Alteraciones físicas del agua:

- **Color:** Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores, pero en general no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.
- **Olor y sabor:** Los compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén presentes en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados en ocasiones sin ningún olor.
- **Temperatura:** El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno). Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción.
- **Materiales en suspensión:** La presencia de partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras, en suspensión estable (disoluciones coloidales) o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra.
- **Radiactividad:** Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos de potasio. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.
- **Espumas:** Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.
- **Conductividad:** El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C.

(Rodríguez, 2000)

## 1.5. Calidad ambiental del agua:

La Ley General de Aguas que regula la calidad de agua de acuerdo al uso al que se le destina, clasifica la calidad del agua en clases (I, II, III, IV, V y VI) según el uso:

- **Clase I y II (poblacional):** Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección y Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud.
- **Clase III (agropecuaria):** Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- **Clase IV (recreacional): Aguas de zonas recreativas de contacto primario. (Baños y similares).**
- **Clase V (industrial):** Aguas de zona de pesca de mariscos bivalvos.
- **Clase VI (industrial y recreacional):** Aguas de zona de preservación de fauna acuática y Pesca Recreativa o Comercial.

(Ley general de aguas. N° 17552).

## 1.6. Índice de Calidad de Agua (ICA)

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del "WQI" que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Podríamos decir que un ICA, es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua. Estos índices son llamados de "Usos Específicos".

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles.

En 1970 la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) de los Estados Unidos, el cual considera la evaluación de 09 parámetros entre físico-químicos y bacteriológicos los cuales son:

- Variación de temperatura
- pH
- Turbidez
- Sólidos totales
- Oxígeno Disuelto (OD)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Nitratos
- Fosfatos
- Coliformes termotolerantes.

Este índice es empleado para determinar y evaluar los cambios en la calidad del agua de un tramo en particular a través del tiempo, comparar la calidad del agua, en diferentes tramos y también comparar la calidad del agua entre diferentes ríos.

(Mitchell, 1998).

La figura N° 3, muestra la clasificación de la calidad del agua de acuerdo al valor numérico que alcanza y se identifica por un color característico, siendo esta la base para la calificación del ICA.

**Figura 3: Rangos de la Calidad del Agua**

<b>Calidad del Agua</b>	<b>Rango ICA</b>	<b>Color</b>
Muy malo	0 – 25	Rojo
Malo	26 – 50	Naranja
Medio	51 – 70	Amarillo
Bueno	71 – 90	Verde
Excelente	91 - 100	Azul

**Fuente:** Canter, 1996.

- Las aguas con “ICA” mayor que 70, se denominan “Bueno” o “Excelente” son capaces de poseer una alta diversidad de la vida Acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con la misma y para la toma de agua para potabilización.
- Las aguas con un “ICA” de calidad “Media” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.
- Las aguas con un “ICA” de calidad “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de vida acuática experimentando probablemente problemas con la contaminación.

- Las aguas con un “ICA” de calidad “Muy Mala” o “Pésima”. Por ejemplo, en ellas solo pueden desarrollar un número limitado de las formas acuáticas de vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación. (Fernández y Solano, 2008).

Para determinar el valor del “ICA” en un punto deseado es necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice los cuales son: Coliformes fecales, pH, DBO, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto.

Así mismo a cada parámetro se le asigna un peso relativo, factor de conversión o factor de corrección estandarizado.

Los factores de corrección de los diversos parámetros son:

**Tabla 5: Factor de correccion**

<i>i</i>	<i>Sub i</i>	<i>wi</i>
1	Coliformes Fecales	0.16
2	pH	0.11
3	DBO	0.11
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Solidos disueltos	0.07
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Fuente: Leon. 2003.

La Fundación Nacional de Sanidad (NSF) ha determinado que se requiere mínimo de un ICA de 50 – 58 para cumplir con la mayoría de los estándares de calidad de agua. Sin embargo, un curso de agua puede tener un ICA mayor a este rango y todavía fallar en cumplir los estándares. Por ejemplo, si el ICA tiene una calidad de “Bueno” (70 - 90) y el nivel de bacterias coliformes fecales excede en un NMP/100 mL de 1000 coliformes; por lo tanto este cuerpo de agua no cumple con los estándares para contacto corporal total, como la natación. La figura N° 4 muestra los rangos de calificación en función al uso del agua.

Asociado al valor numérico del ICA, se definen 06 rangos de estados de la calidad del agua:

- (E) Excelente;
- (A) Aceptable;
- (LC) Levemente Contaminada;
- (C) Contaminada;
- (FC) Frecuentemente Contaminada y
- (EC) Excesivamente contaminada.

**Tabla 6: Escala del Índice de calidad (ICA) de agua según su uso.**

USOS	RANGO	ICA	CARACTERÍSTICAS
Consumo Humano	90 – 100	E	No requiere purificación para consumo
	80 – 90	A	Purificación menor requerida
	70 - 80	LC	Dudoso su consumo sin purificación.
	50 – 70	C	Tratamiento potabilizador necesario.
	40 - 60	FC	Dudosa para consumo.
	0 - 40	EC	Dudosa para consumo.
Recreativo	70 – 100	E	Cualquier tipo de deporte acuático.
	50 – 70	A	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias.
	40 – 50	LC	Dudosa para contacto con el agua.
	30 - 40	C	Evitar contacto, sólo con lanchas.
	20 – 30	FC	Contaminación visible, evitar cercanía
	0 -20	EC	Inaceptable para recreación.
Agricultura	90 - 100	E	No requiere purificación para riego.
	70 – 90	A	Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.
	50 – 70	LC	Utilizable en mayoría de cultivos.
	30 – 50	C	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
	20 – 30	FC	Uso solo en cultivos muy resistentes.
	0 - 20	EC	Inaceptable para riego.
Pesca y Vida Acuática	70 – 100	E	Pesca y vida acuática abundante.
	60 – 70	A	Límite para peces muy sensibles.
	50 - 60	LC	Dudosa la pesca sin riesgos de salud.
	40 - 50	C	Vida acuática limitada a especies muy resistentes.
	30 - 40	FC	Inaceptable para actividad pesquera.
	0 - 30	EC	Inaceptable para vida acuática.

Fuente. León. 2003.

### 1.6.1. Parámetros bacteriológicos.

Dentro de los parámetros bacteriológicos para la determinación del ICA, se considera lo siguiente:

➤ **Coliformes termotolerantes (fecales):**

En la contaminación de los diferentes cuerpos de agua, los microorganismos patógenos son los que están estrechamente relacionados con la transmisión de enfermedades, por ello se han desarrollado técnicas para determinar la calidad adecuada del agua a destinarse, las cuales están dirigidas a la detección de organismos indicadores particulares.

(Tortora, Funke y Case 2007).

Este parámetro indica las características bacteriológicas del agua, es así que el indicador bacteriano fundamental son los coliformes en general, cuya presencia en el agua es prueba de que esta está polucionada con material fecal. Esta clase de contaminación significa que existe la presencia de varios microorganismos patógenos, que se encuentran periódicamente en el tracto intestinal y que pueden llegar al agua. (Rheinheimer. 1987).

### 1.6.2. Parámetros físico – químicos para la determinación del ICA.

Para la determinación del “ICA” interviene 8 parámetros fisicoquímicos, los cuales son:

➤ **pH:**

Este parámetro indica la acidez o basicidad del agua, y se define como el opuesto del logaritmo en base 10 o el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno. Su valor tiene un rango entre 0 y 14, el agua pura es neutra con un valor de pH igual a 7. Los valores de pH en aguas naturales oscilan entre 5 y 8.5, mientras que los valores ácidos (menores a 7) son típicos de aguas con alto contenido de dióxido de carbono y ácidos húmicos. Las aguas cuyo valor de pH es mayor a 7 presentan alto contenido de bicarbonatos. (McCutcheon *et al.* 1992).

El pH del agua depende de la naturaleza de los terrenos que atraviesa y permanece razonablemente constante, al menos que la calidad del agua cambie debido a las influencias de tipo natural o antropogénico, aumentando la acidez o basicidad. Igualmente el pH del agua depende de los tipos de roca/suelo a partir de los que puede erosionarse los compuestos ácidos/alcalinos, la roca caliza alcaliniza el agua y los lixiviados de suelos húmicos tienden a darle más acidez, las aguas con concentraciones bajas en carbonatos suelen ser ácidas (Kiely. 1999).

➤ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):**

La 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  $\text{H}_2\text{O}$ , y es simbólicamente identificada como  $\text{DBO}_5^{20}$  que corresponde a la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra de agua a  $20^\circ\text{C}$  e un periodo de incubación de 5 días.

La DBO depende de factores como la temperatura del cuerpo de agua, tipo de sustancias presentes en el medio acuático (orgánico e inorgánico), el oxígeno disuelto en el medio receptor y los microorganismos encargados de la biodegradación. (Kiely 1999).

➤ **Nitratos:**

El nitrógeno en los sistemas ecológicos acuáticos, se halla presente en su forma molecular ( $\text{N}_2$ ), bajo esta forma no es útil para el crecimiento de las plantas acuáticas, excepto cuando las algas verde azules la convierten biológicamente en formas utilizables, como el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), y nitrato ( $\text{NO}_3$ ), estas formas de nitrógeno son tomadas por las plantas para convertirlas en proteínas, al morir las plantas y animales, las bacterias transforman las moléculas de proteínas en amoníaco que se oxidan por acción de otras bacterias para formar nitritos y nitratos.

Los nitratos son los compuestos nitrogenados más abundantes y de mayor interés en todos los cuerpos de agua naturales, actúan como nutriente provocando procesos de eutrofización en cuerpos de agua lenticos.

Las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (superficiales y subterráneas) se asocian mayormente con actividades agrícolas y ganaderas, aunque en determinadas áreas, también pueden estar relacionadas a ciertas actividades industriales, especialmente las del sector agrícola. (Kiely. 1999)

➤ **Fosfatos:**

El fósforo es un nutriente importante en el medio acuático y en aguas dulces, ya que es requerido por todos los organismos para sus procesos básicos de vida.

Los fosfatos están presentes en las aguas superficiales como resultado de la meteorización y de la lixiviación de las rocas portadoras de fósforo, procedentes de la erosión del suelo, de aguas fecales, escorrentía agrícola y de la precipitación atmosférica. (Kiely. 1999).

El exceso de fosfatos ocasiona el florecimiento de algas, iniciándose así el proceso de eutrofización, que no es más que un enriquecimiento del agua, comúnmente producida por fosfato proveniente de actividades humanas (Mitchell *et al.* 1991).

Las fuentes de fosfatos más importantes son los vertidos de las aguas residuales, los desechos animales y los disturbios en el suelo provocados por la actividad antrópica, la tala y la eliminación de la cobertura vegetal con fines agrícolas y otras actividades que producen remoción de suelo, así como los procesos erosivos, remueven y despojan del suelo el fosfato y la ponen en circulación hacia los cursos de agua. Una gran parte del fósforo presente en las aguas se debe al uso de abonos fosfatados, detergentes y otros químicos. (Torres, 2009).

➤ **Sólidos totales:**

El agua puede contener tanto partículas en suspensión (residuo no filtrable) como compuestos solubilizados o disueltos (residuo filtrable), definiéndose la suma de ambos como Sólidos totales (Aznar. 2000).

La alta concentración de sólidos totales origina una baja calidad del agua y problemas de balance del agua para algunos organismos individuales.

Las principales fuentes de las que proceden los sólidos totales vienen a ser la erosión de los suelos consecuencia de la deforestación, que genera la pérdida de cobertura vegetal, elevando la carga de sedimentos especialmente de carácter inorgánico, y el aporte de las aguas residuales procedentes de las ciudades.

Los sólidos sedimentables son los causantes de la turbidez debido a que producen dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua. (Aznar. 2000)

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. (Kiely. 1999)

➤ **Temperatura:**

La temperatura ejerce influencia en algunas de las características físicas, químicas y biológicas, afectando la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, acelerando la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de organismos, y la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos, enfermedades, etc. (Mitchell. 1998)

➤ **Turbidez:**

El término turbidez se aplica a aguas que contienen materia suspendida que interfiere el paso de luz a través del agua o debido a que se restringe la profundidad visual y por tanto modifica la flora y fauna sub acuática. (Jimeno. 1998)

La turbiedad en el agua es causada por la presencia de materia suspendida como la arcilla, la arena, la materia orgánica finamente dividida, descargas de aguas residuales, desechos industriales y la presencia de numerosos microorganismos, dependiendo del grado de agitación que presente.(Tebbutt. 1994) (Ramírez y Viña. 1998).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS 1998), el límite máximo permisible para aguas de consumo humano es de 5 UNT, y para la legislación peruana – Decreto Supremo 023 – 2009 MINAN, mediante la aprobación de la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad de Agua (D.L.002 – 2008 MINAN), el rango permisible es de 100 UNT para aguas con fines recreacionales.

➤ **Oxígeno Disuelto (OD):**

La concentración de oxígeno aumenta a medida que disminuye la temperatura del agua y a medida que aumenta la turbulencia y la mezcla del agua. Así una corriente rápida, poco profunda y turbulenta tiene mayores niveles de OD que un río lento y profundo.

La presencia de oxígeno es una señal positiva de vida acuática, mientras que su ausencia indica una fuerte contaminación, por lo que cualquier tipo de perturbación que reduzca los niveles de OD tendrá un efecto dramático en el funcionamiento de las comunidades y los ecosistemas. (Kiely. 1999) (Ramírez y Viña. 1998).

La concentración de OD, depende de:

- La temperatura del agua.
- La presión barométrica (altitud).
- Presencia o ausencia de plantas fotosintetizadoras (micrófitas y macrófitas).
- La cantidad de materia orgánica que se halla en descomposición.
- Del grado de penetración de la luz; la que está en función de la profundidad y turbidez. (Kiely. 1999) (Ramírez y Viña, 1998).

## 1.7. Metales pesados

### 1.7.1. Características generales:

Los metales se definen en base a sus propiedades físicas en el estado sólido como son: Alta reflectividad, alta conductividad eléctrica, alta conductividad térmica, propiedades mecánicas como fuerza y ductibilidad. Otra definición más práctica, desde el punto de vista de la toxicidad, se basa en sus propiedades cuando están en solución: “metal es un elemento que bajo condiciones biológicas puede reaccionar perdiendo uno o más electrones para formar un catión” (Cornelis y Nordberg. 2007). Los metaloides poseen propiedades físicas semejantes a las de los metales y no metales, éstos son el arsénico, germanio, antimonio, selenio y telurio. Los compuestos metálicos y metaloides se presentan en diferente estado de oxidación en agua, aire y suelo y presentan diversos grados de reactividad, carga iónica y solubilidad en agua.

Así mismo los metales pesados son componentes naturales de la corteza de la tierra que son cinco veces más pesados en densidad que el agua. Estos metales pesados son encontrados en varias formas no pueden ser destruidos o degradados. De los 35 metales que son expuestos comúnmente, varias agencias han definido 20-25 de estos metales pesados, como tóxicos. Algunos de estos elementos son más tóxicos que otros y pueden ser amenaza para la salud cuando se bioacumulan en las tejidos del cuerpo. Algunos de estos metales pesados incluyen: Arsénico, antimonio, talio, mercurio, plomo y cadmio.

La toxicidad de los metales pesados puede dañar o reducir las funciones de la mente y el sistema nervioso central, niveles bajos de energía, y daño a la composición de la sangre, pulmones, riñones, hígado y otros órganos vitales. (Innovita. 2009)

Aun cuando se encuentren presentes en cantidades bajas e indetectables, la recalcitrancia y consiguiente persistencia de los metales pesados en cuerpos de agua, implica que a través de procesos naturales como la biomagnificación, su concentración puede llegar a ser tan elevada que empiece a ser toxica. (Castro *et al.* 2004).

Los metales pesados se dividen en esenciales: Zinc (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), selenio (Se) y aluminio (Al) y no esenciales: tales como cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) (Das *et al.* 2003). Los metales esenciales son necesarios para un crecimiento normal y pueden encontrarse unidos a proteínas o metaloproteínas (Hemoglobinas y hemocianinas) o libres. El Zn y el Cu han sido identificados como componentes esenciales en reacciones enzimáticas, no obstante, ambos pueden ser de alta toxicidad si están presentes en exceso (Das *et al.* 2003).

### **1.7.2. Presencia de metales pesados en el ambiente.**

Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre; sin embargo cuando se liberan en el ambiente por las actividades humanas pueden llegar a convertirse en contaminantes en el aire, agua superficial, subterránea, otros ambientes acuáticos y suelo.

Las fuentes antropogénicas más importantes son la extracción de minerales, desde hace 10,000 años el hombre comenzó la minería, fundición y manufactura de metales utilizados para producir utensilios, herramientas, armas y ornamentos. En las prácticas agrícolas, el uso de químicos para combatir plagas y fertilizar el suelo aportan grandes cantidades de metales pesados como son cobre, cadmio, mercurio, cromo, arsénico, entre otros. Otras actividades son la fabricación de plásticos, recubrimientos anticorrosivos, alimentos, manufactura de plaguicidas, baterías, soldaduras, pigmentos, producción de acero, curtidoras de piel, entre otras. (Castro. 2004).

La presencia de algunos metales y/o metaloides en el agua puede ocurrir de forma natural por dilución de minerales y erosión, principalmente, tal es el caso del arsénico el cual se distribuye ampliamente en diversas regiones en países como Bangladesh, Bengal, La India, Irak y Tailandia; en América Latina se ha reportado presencia de arsénico en los países de Argentina, Chile, México, El Salvador, Nicaragua, Perú y Bolivia (Castro. 2004).

### **1.7.3. Efectos en la salud humana.**

De acuerdo a la lista de contaminantes prioritarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), los metales tóxicos son: Arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, cadmio, mercurio, titanio, selenio y plomo. La agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (ATSDR) considera entre sus sustancias más peligrosas al plomo, mercurio, arsénico y cadmio.

Los efectos carcinogénicos de los metales pesados y metaloides también han sido estudiados ampliamente. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica las sustancias de acuerdo a su condición carcinogénica. En el grupo 1A (carcinógeno humano) se encuentran los compuestos del cromo (VI), arsénico orgánico e inorgánico, cadmio, hierro (durante exposición ocupacional) y níquel; en el grupo 2A (probable carcinógeno humano) se enlista el plomo inorgánico y sus compuestos. (IARC, 2012).

Los efectos que estos elementos tienen sobre la salud del ser humano dependen de la naturaleza del compuesto, la ruta de exposición, la dosis de exposición y el tiempo de exposición. Las vías de exposición pueden ser por la inhalación de humos o aire contaminado, ingesta de alimentos y/o agua contaminada, consumo de medicamentos, o por contacto directo con la piel. Actualmente una de las más importantes rutas de exposición es la ingesta de agua debido a la contaminación de acuíferos. (IARC. 2012).

#### **1.7.4. Mercurio.**

##### **🚩 Mercurio inorgánico:**

El mercurio inorgánico se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro (HgS), como mineral de cinabrio, que tiene un contenido medio de mercurio del 0,1 al 4 %. También se encuentra en la corteza terrestre en forma de geodas de mercurio líquido y como esquistos y pizarras impregnadas (por ejemplo, en la India y Yugoslavia).

En la práctica médica, los compuestos de mercurio se utilizan como antisépticos, germicidas, diuréticos y anticonceptivos; en el campo de los pesticidas, como algicidas, fungicidas, herbicidas y en otros campos, como conservadores de pinturas, ceras y pastas; en pinturas de látex y en el tratamiento antimoho de tejidos, papel, corcho y madera para su uso en climas húmedos; en la industria química, actúan de catalizadores.

(INNOVITA, 2009)

Una vez que el mercurio ingresa al ambiente como contaminante, es sumamente nocivo, dada su persistencia; movilidad (en la atmósfera puede transportarse a largas distancias); capacidad para formar compuestos orgánicos, bioacumulación (se acumula en los seres vivos) y biomagnificación (aumenta la concentración a medida que se asciende en la cadena trófica); y, dados sus efectos negativos en la salud humana. (<http://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs>).

Los daños a la salud incluyen alteraciones permanentes en el sistema nervioso, y en particular al sistema nervioso en desarrollo. Debido a ello, y al hecho de que el mercurio puede ser transferido de una madre a su hijo durante el embarazo, los bebés, niños y mujeres embarazadas, son considerados las poblaciones más vulnerables. (<http://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs>).

#### ▪ Efectos del metilmercurio.

El metilmercurio es la forma más tóxica del mercurio que se produce cuando cualquier forma de mercurio es metilada en ecosistemas acuáticos, ya sea por procesos bióticos (bacterias) o procesos puramente químicos.

Cuando el mercurio presente en atmósfera precipita con la lluvia, puede llegar a los cuerpos de agua superficiales como lagos y arroyos, o al mar. Cuando precipita como deposición seca, puede eventualmente ser lavado a esos cuerpos de agua por la lluvia. Las bacterias presentes en estos medios, así también como reacciones estrictamente químicas, convierten el mercurio a metilmercurio. De esta forma es incorporado por las plantas y animales acuáticos. Los peces que comen estos organismos acumulan metilmercurio en sus cuerpos. Los peces grandes al comer a los más pequeños concentran el metilmercurio y así va subiendo y acumulándose en la cadena trófica (alimentaria). Estos procesos se llaman bioacumulación y biomagnificación.

El metilmercurio altera el desarrollo neurológico en los embriones, fetos en gestación y los niños.

El mercurio (metálico) elemental causa efectos en la salud, principalmente, cuando este se encuentra en estado gaseoso y sus vapores pueden ser absorbidos a través de los pulmones.

Los síntomas de intoxicación por inhalación son: temblores; cambios emocionales (por ejemplo: cambios en el humor, irritabilidad, nerviosismo, timidez excesiva); insomnio; cambios neuromusculares (como debilidad, atrofia muscular, tics); dolor de cabeza; molestias; cambios en la respuesta nerviosa; déficits en las pruebas de funciones cognitivas. A exposición más alta puede aparecer daño renal, paro respiratorio y muerte.

La exposición a una alta concentración de mercurio inorgánico (presente en peces principalmente) puede causar daño gastrointestinal, al sistema nervioso y renal.

(<http://www.epa.gov/iris/subst/0370.htm>)

#### 1.7.4.1. Enfermedad Minamata.

En la bahía de Minamata, Japón, en la década de los años 50 se desarrolló un síndrome neurológico grave y permanente, que acabó con la vida de 111 personas y afectó a unas 400 durante los años 1953 y 1965.

Esta enfermedad se desarrolló a causa de un envenenamiento por mercurio, del que se desconocía su procedencia en un principio, averiguando más adelante (tras revueltas sociales presionando al gobierno) que había sido producido por una empresa

petroquímica llamada Chisso que vertía metil- mercurio al mar, contaminando al pescado y marisco posteriormente ingerido por el pueblo de Minamata.

Se calcula que durante los años 1932 y 1968 se vertieron más de 81 toneladas de Mercurio a la bahía, hasta que se cambió el proceso de síntesis ese mismo año por uno menos contaminante.

Los principales síntomas de la enfermedad son ataxia, alteración sensorial en manos y pies, deterioro de los sentidos (vista y oído), debilidad, parálisis y muerte.

Cabe destacar que el mercurio es el único metal que a temperatura ambiente es líquido y que en contacto acuático se transforma en metil-mercurio, uno de los seis peores contaminantes del planeta.

Este metal altamente contaminante lo encontramos en los termómetros, plaguicidas, pinturas, fármacos, baterías, barómetros, etc.

Se acumula en el cerebro, riñones, e hígado principalmente, se puede eliminar por la orina, saliva, sudor y el no absorbido por las heces.

Otros síntomas son hipersensibilidad, neumonía, hemorragias bucales, locura de Halter, descontrol, parestesia, daño fetal, síndrome nefrotóxico, daño en los túbulos renales, acrodimia o enfermedad rosa (Estos síntomas dependen del grado de absorción del mercurio). (<http://www.genciencia.com/medio-ambiente/el-desastremnamata>)

### **1.7.5. Plomo.**

Los minerales de plomo se encuentran en muchos lugares del mundo. El mineral más rico es la galena (sulfuro de plomo) y constituye la fuente principal de producción comercial de este metal. Otros minerales de plomo son: la cerusita (carbonato), la anglesita (sulfato), la corcoita (cromato), la wulfenita (molibdato), la piromorfita (fosfato), la mutlockita (cloruro) y la vanadinita (vanadato). En muchos casos, los minerales de plomo pueden contener otros metales tóxicos.

El plomo metálico se utiliza en forma de planchas o tubos cuando se requiere una gran maleabilidad y resistencia a la corrosión, como en la industria química o en la construcción. También se utiliza para el revestimiento de cables, como componente de soldadura y como empaste en la industria automovilística. (ATSDR 1995).

En aguas contaminadas por el hombre los niveles pueden variar ampliamente sobrepasando a veces el valor de 50ug/L en agua establecido por la OMS. (Corey. 1992)

### **1.7.5.1 Enfermedad Saturnismo.**

El concepto de intoxicación por plomo (saturnismo, plumbosis o plumbemia) se define con base en la evidencia científica de los efectos tóxicos del plomo en concentraciones de 10 µg/dL o más en adultos y de 5 µg/dL o más en niños; puede originar afectación renal y ósea, convulsiones, edema cerebral y finalmente la muerte. Se ha reportado que en niños y adultos, tras la exposición crónica, promueve una disminución del coeficiente intelectual, hiperactividad y conducta antisocial.

El plomo ingresa al organismo por varias vías, principalmente la oral. 1 mg. diario durante 15 días basta para que aparezcan glóbulos rojos punteados. Se calcula que una persona absorbe diariamente el 50 % de la dosis necesaria para producir síntomas perceptibles, siendo así el margen de seguridad es muy estrecho. Al aumentar la cantidad de plomo, éste se va depositando en los huesos y otros puntos, como trifosfato plúmbico (en lugar de trifosfato cálcico), aumentando la contaminación y sin que por ello tenga manifestaciones clínicas. El enfermo que tiene una cantidad considerable de plomo en su organismo, está “contaminado”, pero no está “intoxicado”. Por tanto “Contaminación” significa tener plomo; “Saturnismo” tener los síntomas causados por ese plomo.

Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente y después de su absorción el plomo se distribuye en compartimentos, en primer lugar circula en la sangre unido a los glóbulos rojos, el 95% del plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. Finalmente se excretará por orina en un 90%, y en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna. (Perez. 2012).

### **1.7.6. Cadmio.**

El cadmio no se encuentra en el ambiente como un metal puro; es más abundante en la naturaleza en forma de óxidos complejos, sulfuros y carbonatos en el cinc, plomo y minas de cobre. Es relativamente barato, ya que se trata de un subproducto del procesamiento de metales más valiosos, como el cinc y el cobre. Sus variadas aplicaciones en la galvanoplastia y la galvanización, así como su uso en plásticos, pigmentos para crear tintes, pinturas, y cerámica, y baterías de níquel y cadmio, se deben a su gran resistencia a la corrosión y a sus propiedades electroquímicas.

En la población general la comida y los cigarrillos son las principales fuentes de exposición al cadmio, la cual suele ser de carácter crónico.

### **1.7.6.1. Enfermedad Itai – Itai:**

Se llama enfermedad itai-itai a una dolencia ósea debida a la intoxicación por cadmio. Se caracteriza por múltiples fracturas, alteraciones combinadas con osteoporosis y osteomalacia, daño renal, enfisema y anemia.

En japonés, "itai-itai" significa "ay, ay". Se puso ese nombre a la enfermedad por los gritos de dolor que emitían los afectados de la cuenca del río Jinzu (Japón), lugar donde se manifestó por primera vez una intoxicación masiva por cadmio en campesinos productores de arroz. (Colegio Japonés de Químicos. 1974)

El cadmio fue liberado en cantidades significativas debido a las actividades mineras. La enfermedad está documentada por primera vez en 1912. Antes de la segunda guerra mundial la explotación minera estaba controlada por la Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd.. Se aumentó la producción para satisfacer la demanda en tiempos de guerra, sobre todo plomo y zinc. La producción de cadmio comenzó en 1944.

De 1950 a 1975, periodo durante el cual Japón estaba en pleno esfuerzo de recuperación económica, la producción minera se multiplicó por 10.

El río se utilizaba para el riego de campos de arroz y para el suministro de agua potable, la higiene, la pesca y otros usos de las poblaciones aguas abajo. Debido a la intoxicación por cadmio, los peces en el río comenzaron a morir, y el arroz regado con agua de río no crecía bien. El cadmio y otros metales pesados se acumulaban en el fondo del río y eran transportados por el agua, por ello el cadmio a su vez, se acumula en las personas que comen el arroz contaminado. (<http://www.wikipedia.com/itai-Itai/contaminacionporcadmio>)

#### **Síntomas:**

Uno de los principales efectos de la intoxicación por cadmio es que los huesos se vuelven débiles y quebradizos. El dolor espinal y en las piernas es común, y a menudo se desarrolla una marcha de pato debido a deformidades óseas causadas por el cadmio. El dolor con el tiempo se vuelve debilitante, con fisuras óseas, a menudo localizadas en el cuello del fémur. Otras complicaciones son tos, anemia e insuficiencia renal, lo que lleva a la muerte. También hay una mayor prevalencia en personas mayores malnutridas y en mujeres embarazadas o en lactancia. (<http://www.wikipedia.com/itai-Itai/contaminacionporcadmio>)

## **1.8. El mercado turístico cusqueño.**

El departamento de Cusco es principal destino turístico a nivel nacional, captando cerca del 45% del total de turistas internacionales que llegan al país anualmente, atrayendo igualmente a cerca de 250 mil turistas nacionales anualmente.

No obstante, para los efectos de la investigación y sus principales objetivos, nos concentraremos en el nivel de arribos a Machu Picchu, ya que es el principal mercado al que está relacionado el nivel de visitantes a Santa Teresa y sus alrededores. (MDST 2013)

Debemos señalar así mismo, que el año 2010, debido a las fuertes lluvias el poblado de Aguas Calientes y toda la quebrada del río Vilcanota – Urubamba (incluyendo el poblado de Santa Teresa y los baños de Cocalmayo) sufrieron una drástica reducción de su infraestructura turística, lo que incluyó a centros turísticos, hoteles, restaurantes, vías de comunicación, entre otros. Debido a ello, el turismo hacia el Cusco se ha visto afectado en gran medida, perdiéndose más del 50% de las reservas de hoteles en ese año. Es por ello, que las cifras relacionadas a ese año, no resultan representativas. (MDST 2013)

### **1.8.1. Flujo turístico en el distrito de Santa Teresa:**

En los últimos años, el distrito de Santa Teresa es uno de los lugares preferidos por turistas nacionales y extranjeros, en vista que siendo considerado como la segunda ruta de acceso a la maravilla del mundo Machu Picchu, así como también visitar Santa Teresa es significado de disfrutar de actividades de turismo ecológico, visitar recintos arqueológicos, apreciar flora y fauna diversa, realizar deportes de aventura, sumergirse en las aguas cristalinas de Cocalmayo, recorrer ríos, quebradas, lagos, lagunas y admirar una variedad de paisajes. Por todo eso y mucho más Santa Teresa viene y seguirá recibiendo la afluencia de miles de turistas.

Según declaración del jefe del Santuario Histórico de Machu Picchu, José Carlos Nieto Navarrete informó que para octubre del 2015 se implementará el cobro para los turistas que accedan a Machu Picchu por el distrito de Santa Teresa.

El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), registra que más de 100 mil visitantes optan por la ruta alterna Santa Teresa-Hidroeléctrica-Aguas Calientes, para conocer Machu Picchu. Los turistas que acceden por el distrito de Santa Teresa tienen que tomar el tren desde Hidroeléctrica a Aguas Calientes o Machu Picchu pueblo (distancia 10 kilómetros), sería en este tramo donde se implemente una caseta de control y cobranza. Hasta el momento se desconoce la tarifa que se cobrará.

## **1.9. Marco legal.**

### **1.9.1. Artículo 76° - Ley general de recursos hídricos – Ley N° 29338.**

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) en coordinación con el consejo de cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de calidad ambiental del agua sobre la base de los ECA para agua.

### **1.9.2. Estándares nacionales de Calidad Ambiental para agua (ECA):**

Según el decreto supremo N° 002- 2008 – MINAM, publicado en el diario oficial “El Peruano” con fecha 31 – 07 – 2008, el Ministerio del Ambiente, aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, estableciéndose que ellos son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural, agrupadas en cuatro categorías:

- 1) Poblacional y Recreacional, con tres subcategorías cuando las aguas son destinadas para producción de agua potable y dos subcategorías cuando las aguas son destinadas para la recreación (contacto primario y secundario).
- 2) Aguas para actividades marino costeras con tres subcategorías.
- 3) Aguas para riego de vegetales y bebida de animales.
- 4) Aguas para la conservación del ambiente acuático que tienen las subcategorías de lagunas y lagos, ríos de costa y sierra, ríos de selva, estuarios y ecosistemas marinos.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se tuvo en cuenta que el balneario de Cocalmayo se define como Categoría 1: Poblacional y Recreacional (aguas superficiales destinadas a recreación) contacto Primario y secundario según los Estándares de Calidad Ambiental Nacional (ECA). ([www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe))

### **▪ 1.9.3. D.S. N°: 002-2008-MINAM: Norma que aprueba los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua”**

**Artículo 1.-** Aprobar los Estándares nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, contenidos en el anexo I del presente decreto supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los sistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, siendo un referente en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

## Categoría I: Poblacional y Recreacional

**Tabla 7: Estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua – aguas superficiales destinadas para recreación.**

PARAMETROS	UNIDAD	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
		CONTACTO PRIMARIO	CONTACTO SECUNDARIO
FISICOQUIMICO		VALOR	VALOR
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Cloruros	mg/L	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Conductividad	us/cm	**	**
D.B.O.	mg/L	5	10
D.Q.O	mg/L	30	50
Dureza	mg/L	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	**	**
Fluoruros	mg/L	**	**
Fosforo Total	mg/L	**	**
Materiales Flotantes		ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L	10	**
Nitritos	mg/L	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L	**	**
Olor		Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=5	>=4
pH	Unidad de pH	6-9 (2,5)	**
Solidos Disueltos Totales	mg/L	**	**
Sulfatos	mg/L	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
<b>INORGANICOS</b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
<b>ORGANICOS</b>			

<b>I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES</b>			
<b>Hidrocarburos totales de petróleo, HTP</b>	mg/L		
Trihalometanos	mg/L	**	**
Compuestos Organicos Volatiles	mg/L	**	**
COVs	mg/L	**	**
1,1,1- Tricloroetano ..71-55-6	mg/L	**	**
1,1- Dicloroetano ..75-35-4	mg/L	**	**
1,2 Dicloroetano ..107-06-2	mg/L	**	**
1,2- DICLOROBENCENO ..95-50-1	mg/L	**	**
Hexaclorobutadieno ..87-68-3	mg/L	**	**
Tetracloroetano ..127-18-4	mg/L	**	**
Tetracloruro de Carbono ..56-23-5	mg/L	**	**
Tricloroetano ..79-01-6	mg/L		
<b>BETX</b>			
Benceno ..71-43-2	mg/L	**	**
Etilbenceno ...100-41-4	mg/L	**	**
Tolueno ...108-88-3	mg/L	**	**
Xilenos ...1330-20-7	mg/L	**	**
<b>Hidrocarburos Aromaticos</b>			
Benzo (a)pireno ..50-32-8	mg/L	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	**	**
<b>Plaguicidas</b>			
<b>Organofosforados</b>			
Malation	mg/L	**	**
Metamidofos (restringido)	mg/L	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	**	**
Paration	mg/L	**	**
<b>Organoclorados (COP)*</b>			
Aldrin ...309-00-2	mg/L	**	**
Clordano	mg/L	**	**
DDT	mg/L	**	**
Dieldrin ...60-57-1	mg/L	**	**
Endosulfan	mg/L	**	**
Endrin ...72-20-8	mg/L	**	**
Heptacloro ..76-44-8	mg/L	**	**
Heptacloro epoxido 1024-57-3	mg/L	**	**
Lindano	mg/L	**	**
<b>Carbamatos</b>			
Aldicarb (restringido)	mg/L	**	**
<b>Policloruros Bifenilos Totales</b>			
(PCBs)	mg/L	**	**
<b>Otros</b>			
Asbesto	Millones de fibras /L	**	**
<b>MICROBIOLOGICO</b>			
Coliforme Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100	200	1000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100	1000	4000
Enterococos fecales	NMP/100	200	**
Escherichia coli	NMP/100	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	Organismo/litro	0	
Giardia duodenalis	Organismo/litro	Ausencia	Ausencia
Salmonella	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio Cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

**UNT** Unidad Nefelometrica Turbiedad

**NMP/100 mL** Número más Probable en 100 mL

\*Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

\*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

**Fuente:** D.S. N°: 002-2008-MINAM

## CAPITULO II

### AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en el balneario de Cocalmayo, ubicado a 3 kilómetros del centro poblado del distrito de Santa Teresa, a la margen izquierda del río Vilcanota, distrito que se encuentra ubicado políticamente al Nor Oeste de la ciudad del Cusco, en la provincia de La Convención, departamento del Cusco siendo sus límites los siguientes:

- Por el Norte y Oeste: Con los distritos de Vilcabamba y Maranura (La Convención)
- Por el Sur: Con los distritos de Limatambo, Mollepata, (Anta) Huanipaca y San Pedro de Cachora (Apurímac)
- Por el Este: Con los distritos de Huayopata (La Convención) y Machupicchu (Urubamba). (PIP ZEE y OT – MDST 2015)

#### 2.1. Ubicación geográfica y política:

Departamento : Cusco.  
Provincia : La Convención  
Distrito : Santa Teresa  
Sector : Cocalmayo  
Balneario : Cocalmayo  
Área del balneario : 5 200 m<sup>2</sup>  
Zona : 18 L  
Altitud Media : 1407 m.

Coordenadas de límites Cocalmayo.

	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>Limite</b>
<b>1</b>	760114	8549556	NO
<b>2</b>	760147	8549537	NE
<b>3</b>	760174	8549465	SE
<b>4</b>	760095	8549485	SO

Fuente: Elaboración propia.

## **2.1.1. Accesibilidad.**

### **2.1.1.1. Directo a Santa Teresa:**

🚧 **Vía carretera:** El centro poblado del distrito de Santa Teresa, es accesible desde la ciudad de Cusco vía carretera asfaltada partiendo Cusco - Quillabamba a 223 Km desde Cusco, luego desde la ciudad de Quillabamba vía la carretera principal Quillabamba – Cusco. Partiendo desde Quillabamba y utilizando el tramo de carretera afirmada hasta la localidad de Santa María a 23 Km de Quillabamba, se desvía hacia una trocha carrozable, mediante la cual y luego de 37.00 Km. de recorrido, se llega hasta la capital del distrito de Santa Teresa.

En total, partiendo desde Cusco se efectúa un recorrido de aproximadamente 283 Km. con un tiempo estimado de viaje en camioneta de 6.0 horas.

🚧 **Vía Férrea:** Partiendo desde la ciudad del Cusco, hacia Ollantaytambo para luego pasar por el centro poblado de Machupicchu (aguas calientes) hasta la estación "Hidroeléctrica". Este recorrido se hace en 6.0 horas.

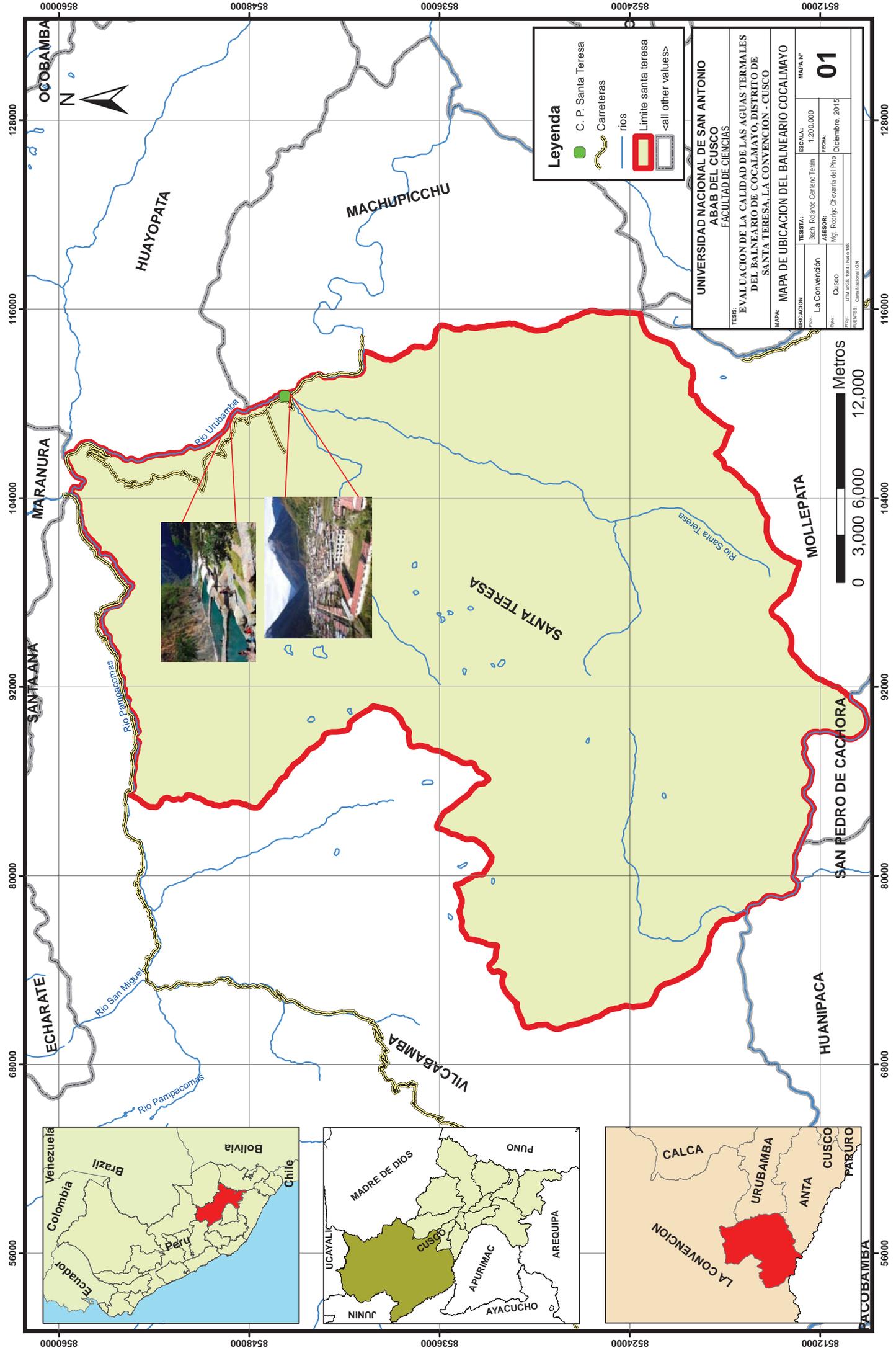
Posterior a esto, vía trocha carrozable con un tiempo de 30 minutos de viaje se llega a la capital del distrito de Santa Teresa.

### **2.1.1.2. Santa Teresa – Cocalmayo.**

Partiendo vía trocha carrozable en movilidad station wagon, combi u otro similar desde el centro poblado de Santa Teresa hacia el balneario de Cocalmayo, recorriendo una distancia de 3 kilómetros con un tiempo de viaje de 10 minutos, para así conocer una de las mejores bellezas naturales de la región Cusco y por ende de nuestro país, espacio de gran acogimiento y relajación denominado Cocalmayo.

Así mismo son muchos los turistas y pobladores locales que optan por partir del centro poblado de Santa Teresa hacia el balneario de Cocalmayo vía caminata disfrutando de la hermosura paisajística del distrito, leve caminata de 30 minutos de duración para poder conocer el balneario de Cocalmayo y disfrutar de un baño complaciente en las cristalinas aguas termales de dicho balneario.

# MAPA DE UBICACION



**Leyenda**

- C. P. Santa Teresa
- Carreteras
- rios
- Limite santa teresa
- <all other values>

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO</b>		<b>ABAB DEL CUSCO</b>		<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	
TESIS: <b>EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS TERMALES DEL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, LA CONVENCION - CUSCO</b>					
MAPA: <b>MAPA DE UBICACION DEL BALNEARIO COCALMAYO</b>					
UBICACION	TEMA	ESCALA	MAPA N°		
La Convención	San Antonio	1:200,000	01		
Auto:	Asesor:				
Cusco	Mg. Rodrigo Chevarría del Pino				
Proy:	FECHA:				
UTM, WGS 1984, hasta 10S	Diciembre, 2015				
FUENTES: Carta Nacional IGN					



## **2.2. Ubicación y descripción del balneario de Cocalmayo.**

El balneario de Cocalmayo está ubicado en el distrito de Santa Teresa, a la altura del kilómetro 135 de la que fue la línea férrea Cusco - Quillabamba, y en la margen izquierda del río Vilcanota, sobre los 1 407 metros sobre el nivel del mar.

Dichas aguas aparecen en la base de una zona de montaña muy empinada y se vierten desde un casi acantilado de meta-sedimentos, donde una falla regional cruza la zona.

Las colinas en los alrededores de los baños termales son muy altas y su altitud es de 1400 m. en los baños, se elevan a más de 3000 m. en tan solo 4 km. Distancia lateral y a más de 4 000 m. en 8 km. La zona al oeste de los baños termales forma el área de recarga de las aguas meteóricas que emanan en las termas de Cocalmayo. Por tanto la ubicación de los baños termales es una combinación de muchas condiciones geológicas especiales, es por eso que son tan raros en el mundo y por lo tanto un recurso tan valioso.

El agua se filtra hacia abajo a través de las rocas, es un proceso que se ha mantenido durante cientos de años, y se calienta gradualmente de acuerdo a la profundidad de las aguas. A continuación, debido a la presión del agua por debajo y por encima, se ve forzada a buscar caminos de menor resistencia (presión más baja) para escapar. Este es un proceso muy delicado, y las fracturas y fallas de la zona son las zonas críticas de la entrega del agua a su ubicación actual. (IEC 2013)

Las aguas termales del balneario de Cocalmayo cuentan con un único origen distribuidos en 02 fuentes de abastecimiento de distinto caudal y temperatura, captadas y protegidas por material de la zona entre piedras y lajas para así dotar de aguas termales a un número de 03 piscinas de distintas medidas, profundidades y temperaturas, todas dentro de un ambiente natural, aguas cristalinas y según bañistas una de los mejores lugares balneológicos de nuestra región y del Perú entero. Así mismo se tiene duchas, vestidores, un mirador y quioscos de madera y piedra labrada que respetan el entorno natural.

Los baños de Cocalmayo están ubicados a sólo diez minutos en transporte colectivo desde el centro de Santa Teresa. También tienen espacios para campamento y está abierto las 24 horas. Las aguas termo medicinales poseen una temperatura que varía entre los 37°C y 43 °C. Se les atribuyen propiedades curativas como tratamiento terapéutico para el reumatismo y el "dolor de huesos".

Figura 4: Vista panorámica del balneario de Cocalmayo.



Figura 5: Descripción de infraestructura del balneario de Cocalmayo

ESTRUCTURA DE CAPTACION N° 01	
Características	Imagen
<p><b>Forma:</b> Irregular, empedrada, cementada.</p> <p><b>Flujo de agua:</b> Rotación constante.</p> <p><b>Caudal promedio estiaje:</b> 13.4 l/s.</p> <p><b>Temperatura promedio:</b> 37 °C.</p> <p><b>Piso:</b> Sobre cascajo, piedras de regular tamaño.</p> <p><b>Sabor:</b> Insípido</p> <p><b>Color:</b> Transparente – cristalino.</p> <p><b>Limpieza y desinfección:</b> martes y viernes.</p> <p><b>Insumo utilizado:</b> Cloro 70%.</p>	

<b>ESTRUCTURA DE CAPTACION N° 02</b>	
<b>Características</b>	<b>Imagen</b>
<p><b>Forma:</b> Irregular, empedrada, cementada.</p> <p><b>Flujo de agua:</b> Rotación constante.</p> <p><b>Caudal promedio estiaje:</b> 2.2 l/s.</p> <p><b>Temperatura promedio:</b> 43°C</p> <p><b>Piso:</b> sobre cascajo, piedras menudas.</p> <p><b>Sabor:</b> Insípido</p> <p><b>Color:</b> Transparente – cristalino.</p> <p><b>Limpieza y desinfección:</b> martes y viernes.</p> <p><b>Insumo utilizado:</b> Cloro 70%.</p>	

<b>PISCINA N° 01</b>	
<b>Características</b>	<b>Imagen</b>
<p><b>Forma :</b> Irregular</p> <p><b>Largo Máximo:</b> 9.5 m.</p> <p><b>Ancho Máximo:</b> 8.1 m.</p> <p><b>Profundidad promedio :</b> 1.0 m. (con ligero desnivel)</p> <p><b>Flujo de agua:</b> A chorro con rotación constante.</p> <p><b>Caudal promedio que ingresa:</b> 9.0 l/s.</p> <p><b>Temperatura promedio:</b> 38 °C.</p> <p><b>Piso:</b> sobre cascajo, piedras menudas.</p> <p><b>Sabor:</b> Insípido</p> <p><b>Color:</b> Transparente – cristalino.</p> <p><b>Propiedad curativa:</b> Tratamiento reumático, dolor de huesos.</p> <p><b>Limpieza y desinfección:</b> martes y viernes.</p> <p><b>Insumo utilizado:</b> Cloro 70%.</p>	

PISCINA Nº 02	
Características	Imagen
<p><b>Forma :</b> Rectangular  <b>Largo Máximo:</b> 13.5 m.  <b>Ancho Máximo:</b> 8.2 m.  <b>Área:</b> 110.7 m2.  <b>Profundidad promedio:</b> 1.5 m. (con ligero desnivel)  <b>Flujo de agua:</b> A chorro con rotación constante.  <b>Caudal promedio que ingresa:</b> 9.0 l/s.  <b>Temperatura promedio:</b> 35 °C.  <b>Piso:</b> Sobre cascajo, piedras de regular tamaño.  <b>Sabor:</b> Insípido  <b>Color:</b> Transparente – cristalino.  <b>Propiedad curativa:</b> Tratamiento reumático, dolor de huesos.  <b>Limpieza y desinfección:</b> martes y viernes.  <b>Insumo utilizado:</b> Cloro 70%.</p>	

PISCINA Nº 03	
Características	Imagen
<p><b>Forma :</b> Irregular  <b>Largo Máximo:</b> 18.10 m.  <b>Ancho Máximo:</b> 10.8 m.  <b>Profundidad Promedio:</b> 1.60 m. (con ligero desnivel)  <b>Flujo de agua:</b> A chorro con rotación constante  <b>Caudal promedio que ingresa:</b> 15.6 l/s.  <b>Temperatura promedio:</b> 35 °C.  <b>Piso:</b> Sobre cascajo, piedras de regular tamaño.  <b>Sabor:</b> Insípido  <b>Color:</b> Transparente – cristalino.  <b>Propiedad curativa:</b> Tratamiento reumático, dolor de huesos.  <b>Limpieza y desinfección:</b> martes y viernes.  <b>Insumo utilizado:</b> Cloro 70%.</p>	

## **2.3. Geología de la zona Cocalmayo.**

La columna estratigráfica que está expuesta inmediatamente en el área de los baños termales de Cocalmayo, consiste de rocas metamórficas que abarcan el intervalo del Cámbrico Superior al Ordovícico medio (Paleozoico inferior). Las rocas Paleozoicas de esta zona montañosa forman una extensa faja plegada de Este-Oeste entre dos áreas extensas de Granitos Pérmico que en conjunto forman parte del núcleo de la deflexión de Abancay.

La unidad más antigua que aflora inmediatamente en el área, corresponden a rocas metamórficas asignadas al grupo Ollantaytambo (Paleozoico – Cámbrico); sobre yacen depósitos cuaternarios de varios tipos. (IEC 2013)

### **2.3.1. Estratigrafía.**

Según la consultora ambiental IEC-International Energy Consulting, 2013, se han identificado los siguientes grupos geológicos.

#### **2.3.1.1. Grupo Ollantaytambo.**

Esta unidad estratigráfica está conformada por secuencias de pizarras, filitas y esquistos grises a negros fuertemente foliados, presentan pirita diseminada, mica esquistos verduscos y lutitas amarillas o grises en capas delgadas a veces abigarradas, las intercalaciones e filitas muestran foliación ligeramente marcada, limolitas y meta areniscas de grano fino de color beige a gris oscuro en capas delgadas a medianas.

La unidad presenta en superficie una típica patina de color amarillo-rojizo, debido a la alteración de la pirita y otros sulfuros. Estructuralmente, estas rocas metamórficas están afectadas y deformadas por una fuerte disturbancia tectónica, intensamente fracturadas y con esquistosidad de fractura. Los depósitos son de edad Cámbrico medio a superior. Regionalmente sobre yacen con discordancia angular o, en contacto fallado al basamento precámbrico.

#### **🚧 CaO<sub>i</sub>-o/e – Pizarras, Filitas, Esquistas.**

Estas facies están conformadas predominantemente por pizarra con intercalaciones de filitas y esquistos, esta secuencia se presentan en estratos uniformes de 5 a 10 cm. Aflora en la parte central del área de estudio. Las pizarras son gris claras a beige, con niveles de filitas areniscas en estructura "Flaser". La presencia de pirita disminuye, en general la pizarra muestra su textura más arcillosa.

#### ✚ **Caol-o/e,p – pizarras carbonosas, Filitas, Esquistas.**

Faces constituidas predominantemente por pizarras carbonosas piritosas con esquistosidad de fractura perpendicular al plano de estratificación, presentan fósiles de graptolites mal conservados, se parte en lajas planas. Las pizarras están acompañadas de niveles lenticulares de filitas, cuarcitas y también se intercalan secuencias de esquistos. Las pizarras tienen colores gris oscuro y azulado, laminados, bandeadas.

#### ✚ **CaOl-o/e, cu, met – Cuarcitas, Esquistas, Micaesquitos.**

Faces litológicas constituidas predominantemente por niveles de cuarzos- gneis, esquistos seritosos y micaesquitos, fracturados en bloques, presentan mayor estabilidad y consistencia en comparación a las otras fases. Es desde el fallado contacto inferior de esta unidad que la fuente de las aguas termales se origina.

### **2.3.2. Geología estructural.**

La zona de estudio se encuentra en la cordillera oriental a la faja Sub-andina, donde destacan la faja plegada y corrida de la cordillera del Vilcabamba.

En esta área están presentes plegamientos regionales configurando estructuras sinclinales y anticlinales y micro plegamientos locales. Los estilos estructurales que están presentes corresponden a la influencia de la deflexión de Abancay, configurando estructuras regionales con una orientación NE-SE y E-W.

Las rocas metamórficas paleozoicas presentes en el área de estudio, estuvieron afectados por los diferentes episodios y eventos tectónicos desde el paleozoico hasta la actualidad, que marcaron un metamorfismo de bajo a alto grado y condicionando la intensa deformación y fracturamiento de las rocas, donde los planos de fractura, estratificación, fallas, condicionan la formación de cuñas y bloques inestables, causando la inestabilidad del macizo rocoso, ocasionado desprendimiento y derrumbes. De especial interés son las tres fallas provenientes de este a oeste en el área de estudio. Estas fallas se encuentran en contacto con las unidades de cuarcitas del grupo Ollantaytambo y más de las rocas mica que se encuentran por debajo de ellas.

Estas fallas se encuentran inclinadas hacia el sur y tienen un aparente movimiento de reversa entre sí. Se encuentran presentes en las montañas y al oeste de los baños termales donde son contenidas por el granito de Choquetacarpo. No se encuentran claro si estas fallas disturban los granitos pero es probable que se acomoden mediante movimientos diferenciales en sedimento mientras son comprimidas entre los granitos hacia al oeste. (Granito Machupicchu) y al oeste (Granito Choquetacarpo).

## 2.4. Características del distrito de Santa Teresa.

### 2.4.1. Características geográficas:

#### ❖ Hidrografía:

En cuanto al recurso hídrico, aun no se tiene un inventario completo de las fuentes de agua. Sin embargo, en términos generales se tienen 5 cuencas a lo largo de todo el distrito siendo estas las siguientes: Cuenca Vilcanota; Cuenca Salkantay; Cuenca Sacsara, Cuenca Chaupimayo y la Cuenca del Apurímac. Las cuatro primeras son las más conectadas al distrito; quedando pendiente la interconexión político administrativa con los sectores de Marampata, Maizal y Quebrada Victoria.

#### 📍 Cuenca Vilcanota.

La cuenca del río Vilcanota tiene su origen en el nevado de Cunuruna a una altitud de 5443 m muy cercano al paso de la Raya. La cuenca del Vilcanota tiene una superficie de 9277.7 Km<sup>2</sup>. el río Vilcanota recibe la afluencia del río Huatanay en el sector de Huambutio, luego de esta entra en el denominado sector del Valle Sagrado de los Incas conformado por la provincia de Calca y Urubamba para luego continuar hacia el distrito de Machupicchu llegando de esta manera al distrito de Santa Teresa iniciando su recorrido por la provincia de La Convención hasta el sector de Cháhuas donde se une con el río Yanatile lugar donde concluye la denominación de río Vilcanota. (PIP ZEE y OT MDST 2015).

#### 📍 Cuenca Saqsara.

La altitud de esta cuenca varía desde los 2048 m. hasta más de 2800 m. La cuenca, cuenta con recursos hídricos en abundancia se tiene el río denominado: Sacsara, Toctomayo, riachuelos en la parte inferior y otros afluentes menores en la parte superior o cabecera de cuenca. A continuación citamos los principales ríos y riachuelos de esta cuenca: Ríos Ahobamba y Huillcamayo y riachuelos Cisaypampa, Pacchaca, Toccarhuay, Tinajachayoc. (PIP ZEE y OT MDST 2015).

#### 📍 Cuenca Salkantay.

La altitud de esta cuenca varía desde 2062 m. hasta los 2150 m. Los deshielos de los nevados más altos de la zona, discurren hacia las partes bajas constituyendo en primer lugar el río denominado como el río de Salkantay y riachuelos de poca importancia, pero que después van acumulando su caudal. En el transcurso de esta cuenca se tiene la presencia de los siguientes riachuelos que alimentan al río Salkantay: Tunqui, Calsada, Huchupata, Playaunu, Loreta, San Ignacio, Churubamba, Llusccamayo, Cchaquimayo, Facchiyoc. (PIP ZEE - OT MDST 2015)

## ✚ Cuenca Chaupimayo.

La altitud de esta cuenca varía desde los 1600 m. hasta más de 2500 m. La cuenca de Chaupimayo constituye una de las más importantes de la sub cuenca de Santa Teresa, donde confluyen las vías de comunicación de la zona como: Carreteras, caminos peatonales. Se encuentra a 30 - 50 kilómetros del distrito de Santa Teresa y se llega a ella a través de una trocha carrozable que se encuentra en regular estado, pero en el tiempo de las lluvias no se encuentran en buenas condiciones por los constantes derrumbes que hay por esta zona. (PIP ZEE - OT MDST 2015)

## 2.5. Características de los recursos naturales:

### 2.5.1. Recurso suelo

La naturaleza de un suelo está condicionada por multitud de factores que van desde el sustrato geológico, la pendiente, hasta el clima y la comunidad biótica que soporta. Su desarrollo, profundidad, textura y contenido en materia orgánica son parámetros que entre otras, van a determinar en forma conjunta la capacidad de uso del suelo.

El suelo, según su aptitud para soportar diferentes actividades productivas, puede clasificarse en grupos, organizadas en clases diferentes, dependiendo del tipo y grado de las limitaciones existentes para su manejo. Así los tipos que se establecen se observan en la tabla N° 08:

**Tabla 08: Tipos de suelo del distrito de Santa Teresa**

N°	CUMS	NOMBRE	Área (Km2)	Área (ha)	%
1	C2se - A2se	Cultivos permanentes calidad media con limitación suelo y erosión asociado a Cultivos en limpio calidad agrológica media con limitación suelo y erosión	24.87	2486.94	1.87%
3	P1sew	Pastos de calidad agrológica alta con limitación de suelo, erosión y drenaje	69.13	6913.07	5.21%
6	Xse - F3se	Protección con limitaciones de suelo y erosión asociado a Forestal de calidad agrológica baja con limitación de suelo y erosión	8.07	806.80	0.61%
7	Xse - P3sec	Protección con limitaciones de suelo y erosión asociado a Pastos de calidad agrológica baja con limitación de suelo, erosión y clima	76.95	7695.24	5.80%
5	Xse	Protección con limitaciones de suelo y erosión	588.20	58820.28	44.33%
4	Xn	Protección	362.91	36290.61	27.35%
2	Nevados	Nevados	196.71	19670.82	14.83%
		<b>Total</b>	<b>1326.84</b>	<b>132683.76</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: ZEE Provincia La Convención / PIP. ZEE-OT MDST 2015

## **2.5.2. Recursos minero – energéticos.**

Gran parte del potencial minero metálico se encuentran dentro de la jurisdicción de los distritos de Vilcabamba y Santa Teresa, el potencial está referido a yacimientos tipo skarn de Cu y Fe; también ocurre ocasionalmente estructuras vetiformes pequeñas, cupríferas y polimetálicas, se reporta también presencia de uranio.

Otro potencial poli metálico se encuentra vinculado a los grandes cuerpos intrusivos plutónicos en contacto con la caliza mesozoica, así como asociada a intrusiones más modernas de naturaleza volcánica. En ambos casos se originan zonas de alteración como resultado del metamorfismo de contacto.

Los principales depósitos no metálicos por su calidad y volumen que ofrece la región son; arcilla, depósitos de materiales de construcción como gravas, arenas, rocas ornamentales, puzolanas y poco de calizas.

Debido a muchos factores no se ha dado importancia a la explotación de estos depósitos, entre los cuales cabe destacar la falta de buenas vías de comunicación que a la fecha se viene superando, las grandes distancias a las ciudades, la falta de capital y desconocimiento de su verdadero potencial económico.

En cuanto al potencial energético, en el distrito no se conocen reservas de hidrocarburos. Por otra parte el potencial claramente establecido ya en la actualidad es el establecimiento de hidroeléctricas para la generación de energía; siendo idónea la fisiografía accidentada para el represamiento y considerar el establecimiento de más proyectos de esta naturaleza. (PIP. ZEE-OT MDST 2015)

## **2.6. Clima:**

La temperatura oscila desde los 5 °C hasta los 30 °C, la cual varía de acuerdo a la estación y al piso altitudinal de cada centro poblado. Se registran diferentes clases de climas de acuerdo a los pisos ecológicos encontrados en la zona.

Las temperaturas medias mensuales registradas en el periodo 2005 – 2014, para la época de lluvias (noviembre a marzo), varían entre 22.13 °C y 20.26 °C; mientras que en los meses de época seca (abril a octubre), varía entre 19.92 °C y 21.64 °C.

La temperatura del promedio mensual muestra un valor máximo de 22.13 °C en noviembre y una valor mínimo de 19.03 °C en julio.

La precipitación, registra que los promedios de precipitación total mensual para el periodo 2005–2014, varía entre 20.55 mm en el mes de mayo y 217.3 mm en el mes de diciembre.

### 2.6.1. Climatodiagrama:

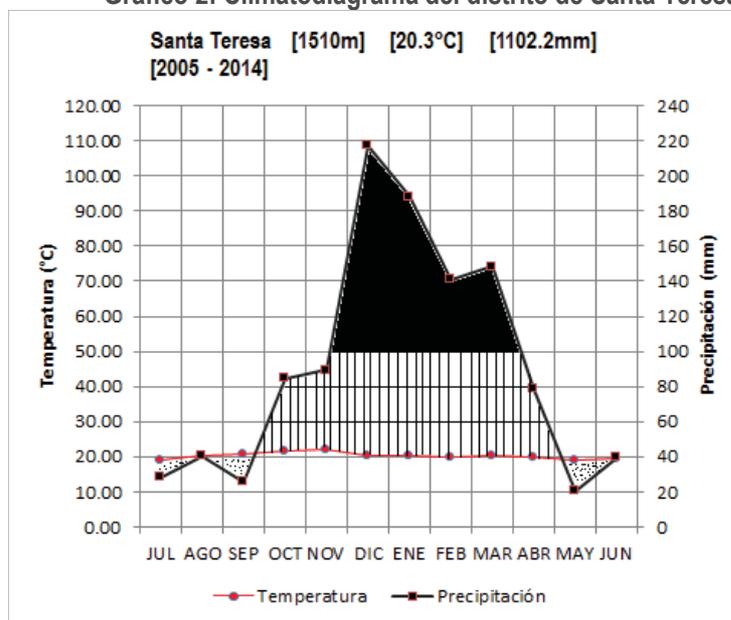
Los diagramas climáticos presentan información referida a la estación climática, el periodo de registros, la altitud, la temperatura media mensual y la precipitación total mensual. El presente climatodiagrama fue elaborado tomando en consideración el registro de datos de SENAMHI durante un periodo de 10 años.

Tabla 09: Temperatura y precipitación promedio (2005 - 2014)

Mes	Temperatura (promedio)	Precipitación promedio
ENERO	20.26	188.4
FEBRERO	19.93	140.9
MARZO	20.26	148.6
ABRIL	19.92	78.5
MAYO	19.19	20.55
JUNIO	19.48	39.5
JULIO	19.03	28.2
AGOSTO	20.20	40.35
SETIEMBRE	20.84	25.8
OCTUBRE	21.64	84.8
NOVIEMBRE	22.13	89.35
DICIEMBRE	20.56	217.3
<b>PROMEDIO</b>	<b>20.29</b>	<b>1102.25</b>

Fuente: SENAMHI 2014.

Gráfico 2: Climatodiagrama del distrito de Santa Teresa



Fuente: Elaborado en base a datos SENAMHI 2014.

El gráfico N° 2, muestra una época seca entre los meses de mayo a setiembre, una época húmeda entre los meses de octubre a abril y una época muy húmeda entre los meses de diciembre a marzo los cuales sobrepasan los 100 mm de precipitación mensual, registrando así una precipitación acumulada de 1102.2 mm por año y una temperatura promedio anual de 20.3 °C.

## 2.6.2. Zonas de vida

La caracterización ecológica del distrito se muestra en el siguiente cuadro para lo cual se tomó como base el mapa ecológico del Perú, elaborado por la ONERN en 1976, con la metodología propuesta por Holdrige.

**Tabla 10: Zonas de vida del distrito de Santa Teresa**

N°	Símbolo	Nombre	Área (Km2)	Área (ha)	%
1	bs-S	bosque seco - Subtropical	26.40	2640.08	1.99%
2	bh-MBS	bosque húmedo - Montano Bajo Subtropical	67.14	6713.55	5.06%
<b>3</b>	<b>bh-S</b>	<b>bosque húmedo - Subtropical</b>	<b>117.03</b>	<b>11702.93</b>	<b>8.82%</b>
4	bmh-MBS	bosque muy húmedo - Montano Bajo Subtropical	183.64	18364.33	13.84%
5	bmh-MS	bosque muy húmedo - Montano Subtropical	78.59	7859.40	5.92%
6	bp-MS	bosque pluvial Montano Subtropical	210.27	21026.72	15.85%
7	mte-S	monte espinoso Subtropical	5.49	549.17	0.41%
8	NS	Nival Subtropical	197.00	19700.01	14.85%
9	pp-SaS	paramo pluvial Subandino Subtropical	288.67	28866.91	21.76%
10	tp-AS	tundra pluvial Andino Subtropical	152.61	15260.66	11.50%
		<b>TOTAL</b>	<b>1326.84</b>	<b>132683.76</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: PIP. ZEE-OT MDST 2015.

La complejidad ecológica del distrito se refleja en el número de zonas de vida presentes en su ámbito territorial, así se tienen definidas 10 zonas de vida de las 28 zonas de vida registradas para la región Cusco.

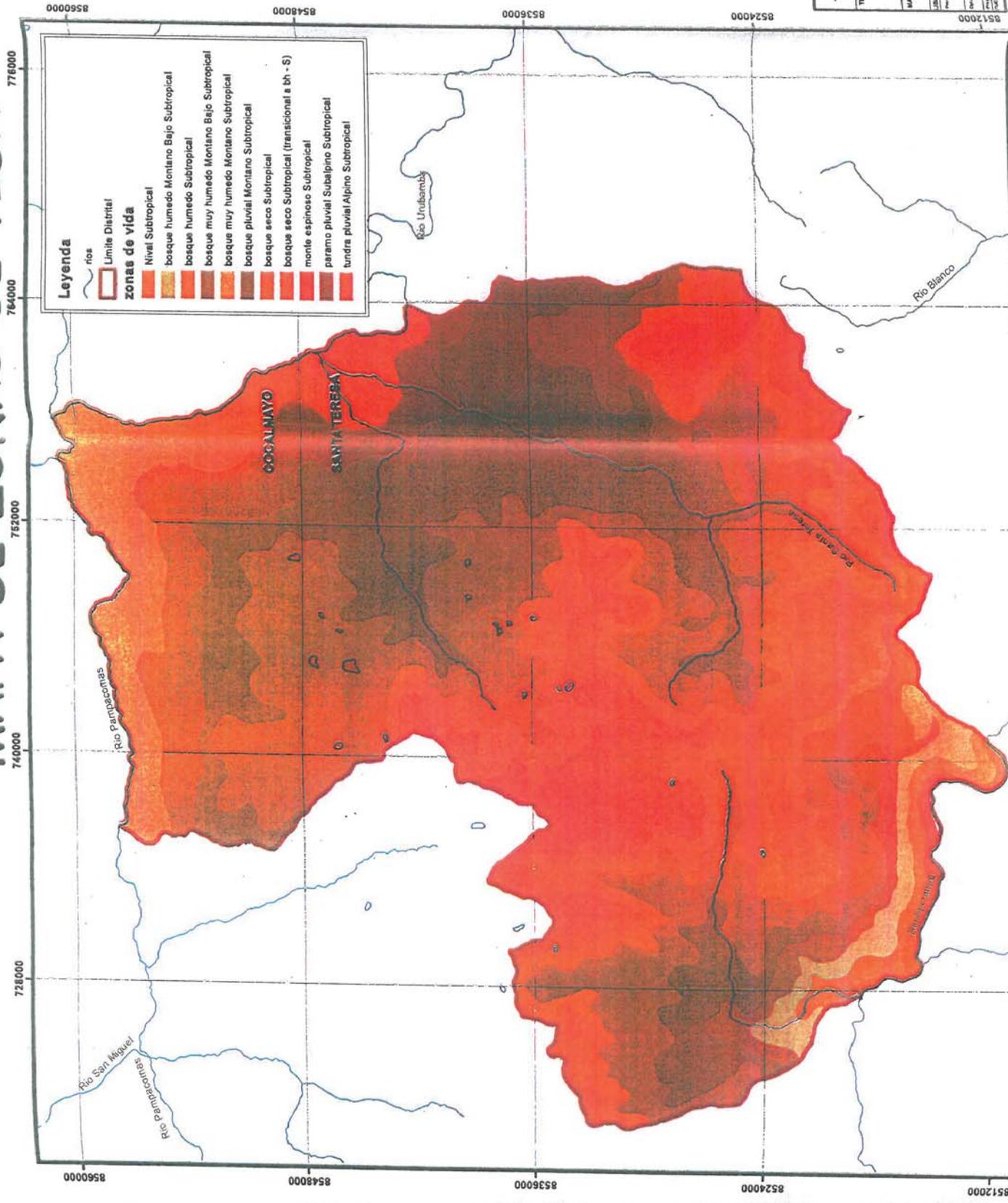
De acuerdo a la tabla 10, la zona de Cocalmayo se encuentra en la zona de vida denominada bosque húmedo – Subtropical, el cual se extiende desde los 400 a 2000 msnm.

### ➤ **Bosque húmedo - Subtropical ( bh-S)**

El bosque húmedo Subtropical ocupa una superficie de 26.40 Km<sup>2</sup> que representa el 1.99 % de la superficie total del distrito. Altitudinalmente se distribuye entre los 400 y 2,000 m. Geográficamente se distribuye principalmente como una franja a ambos márgenes del valle del río Urubamba (Vilcanota). La biotemperatura media anual máxima es de 24.5 °C y mínima de 14.5 °C. Presenta un promedio de precipitación total por año de 1,200 a 2100 mm.

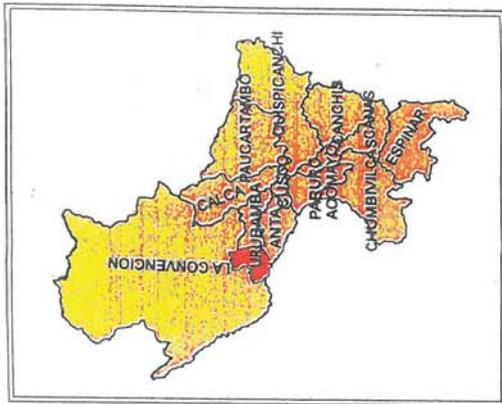
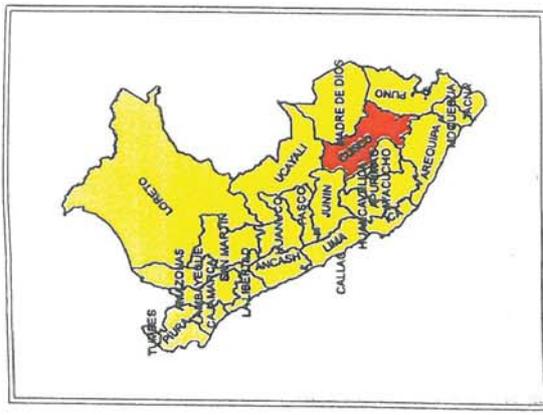
En el fondo de los valles de los ríos Sacsara, Salkantay y Chaupimayo, más las primeras elevaciones de las áreas que los circundan, comprendidos desde 1500–1900 m. La población de Santa Teresa presenta relieve plano a ondulado, empinado en el comienzo de las laderas con pendientes hasta el 50%. (ZEE-OT MDST 2015)

# MAPA DE ZONAS DE VIDA



**Legenda**

Limite Distrital  
 rios  
**zonas de vida**  
 Nivel Subtropical  
 bosque humedo Montano Bajo Subtropical  
 bosque humedo Subtropical  
 bosque muy humedo Montano Bajo Subtropical  
 bosque muy humedo Montano Subtropical  
 bosque pluvial Montano Subtropical  
 bosque seco Subtropical  
 bosque seco Subtropical (transicional a bh - S)  
 monte espinoso Subtropical  
 paramo pluvial Subalpino Subtropical  
 tundra pluvial Alpino Subtropical



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO**  
**ABAB DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**TEMA: EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS TERMALES DEL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, LA CONVENCION - CUSCO**  
**MAPA: MAPA DE ZONAS DE VIDA DEL DISTRITO DE SANTA TERESA**

UBICACION	TEMA Y TITULO	ESCALA	MAPA N°
La Convencion	Mapa: EDUARDO CORDERO TIRAN	1:200,000	02
CUSCO	ALBERCA	Fecha:	
	Alt: 10000	Coordenadas: 05.1900	02

FECHA: 02/12/2015  
 AUTOR: GONZALO DEL ROSA

## **2.7. Aspectos biológicos:**

### **2.7.1. Biodiversidad**

En este ítem se debe tener especial énfasis, a pesar de la falta de información oficial, ya que todo el distrito de Santa Teresa está inmerso dentro del gran Corredor Biológico de conservación Binacional Vilcabamba (Perú) – Amboró (Bolivia). Actualmente, la institución Conservación Internacional está impulsando la implementación de una estrategia de conservación del corredor, buscando que el biocorredor natural de los bosques de la vertiente oriental de los Andes entre Vilcabamba y Amboró se convierta en un corredor de conservación. Los corredores de conservación son concebidos como espacios físicos y ecológicos, cuyo bienestar biológico es imprescindible para el bienestar de las poblaciones humanas que los habitan, y que contribuyen por medio de su riqueza biológica al desarrollo sostenible de los países y de la región. (PIP. ZEE-OT MDST 2015)

El Corredor de Conservación Vilcabamba-Amboró (CCVA) comprende un mosaico de parques nacionales, reservas y áreas aprovechadas para diferentes usos en el Perú y Bolivia, cuyo manejo debe ser integrado para asegurar la supervivencia del mayor espectro de especies y hábitats en la región. Se encuentra dentro de una de las 25 zonas de protección mundial, más propiamente en el “hotspot” Andes Tropicales, considerada una de las regiones más diversas del mundo y de más alto nivel de endemismo, incluye actualmente 16 áreas protegidas establecidas legalmente, nueve de ellas en el Perú y siete en Bolivia. (PIP. ZEE-OT MDST 2015)

### **2.7.2. Flora**

El distrito de Santa Teresa dentro de su flora representativa cuenta con árboles de diferentes géneros así como innumerables especies herbáceas, arbustos, frutales, y siendo así su principal atractivo turístico las diferentes orquídeas presentes en casi toda la extensión del distrito.

El presente listado se elaboró en base a especies colectadas en el área de estudio durante el año 2015 y se ordenó en base a la clasificación propuesta por Arthur Cronquist.

Tabla 11: Flora representativa de interés turístico

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
ORCHYDIACEAE	<i>Epidendrum aff. Secundum</i>	
ORCHYDIACEAE	<i>Epidendrum coranatum</i>	
ORCHYDIACEAE	<i>Epidendrum sp.</i>	
ORCHYDIACEAE	<i>Sobralia dichotoma</i>	Wiñay huayna
ORCHYDIACEAE	<i>Ida sp.</i>	
ORCHYDIACEAE	<i>Bletia catenulata</i>	
BEGONIACEAE	<i>Begonia beitchii</i>	Begonia
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora auriculata</i> H.B.K.	Pasionaria
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora ligularis</i>	Granadilla
POACEAE	<i>Cortaderia bifida</i> Pilger	Nihua
RUBIACEAE	<i>Coffea arabica</i> Linnaeus	Café
SOLANACEAE	<i>Lycopersicon sp.</i>	Tomate domestico
RUTACEAE	<i>Citrus limon</i>	Limón
RUTACEAE	<i>Citrus aurantifolia</i>	Lima
RUTACEAE	<i>Citrus aurantium</i>	Naranja
RUTACEAE	<i>Citrus nobilis</i>	mandarina
ROSACEAE	<i>Citrus paradisi</i>	Pomelo
MUSACEAE	<i>Musa paradisiaca</i>	Plátano
EUPHORBIACEAE	<i>Manihot esculenta</i>	Yuca
ARACEAE	<i>Xanthosoman sagittifolium</i>	Uncucha
ERITROXILACEAE	<i>Erytroxylum coca</i>	Coca
AGAVACEAE	<i>Agave boliviana</i>	Maguey
SAPOTACEAE	<i>Pouteria bangii</i>	Lucuma
MELIACEAE	<i>Cedrela lilio</i>	Atoc Cedro

Fuente: Elaboración Propia.



*Epidendrum aff. Secundum*



*Epidendrum coranatum*



*Sobralia dichotoma (Wiñay wayna)*



*Ida sp*

### 2.7.3. Fauna

El distrito de Santa Teresa, presenta una fauna alta en biodiversidad, siendo así uno de los atractivos turísticos de la provincia, dominando una alta presencia de insectos, anfibios, hermosas aves, mamíferos y peces en especial *Oncorhynchus mykiss*, la variedad de fauna presente en zonas cercanas al balneario de Cocalmayo y en el ámbito distrital viene siendo un atractivo para turistas que visitan el distrito de Santa Teresa.

A continuación, en la tabla N° 12 se observa un listado breve de principales especies de interés turístico del distrito de Santa Teresa.

Tabla 12: Fauna representativa de interés turístico

<b>AVES</b>		
<b>FAMILIA</b>	<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>
TROCHILIDAE	<i>Amazilia chionogaster</i>	Colibrí de Vientre Blanco
COTINGIDAE	<i>Rupicola peruviana</i>	Gallito de las Rocas
TYRANNIDAE	<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	Mosquerito canela
THRAUPIDAE	<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara Azuleja
CARDINALIDAE	<i>Piranga flava</i>	Piranga bermeja
THRAUPIDAE	<i>Tangara cyanicollis</i>	Tangara de Cuello Azul
ARDEIDAE	<i>Ncticorax ncticorax</i>	Mayu sonso
ANATIDAE	<i>Merganetta armata</i>	Pato de torrentes
ARDEIDAE	<i>Tigrisoma fasciatum</i>	Garza
TURDIDAE	<i>Turdus fuscater</i>	Chihuaco
<b>REPTILES</b>		
VIPERIDAE	<i>Bothrops andeanus</i>	Jergona
TROPIDURIDAE	<i>Stenocercus ochoai</i>	Lagartija
<b>MAMIFEROS</b>		
MUSTELIDAE	<i>Lontra longicaudis</i>	Mayu puma, nutria de río
DASYPROCTIDAE	<i>Dasyprocta kalinowskii</i>	Sihuayro
FELIDAE	<i>Leopardus pardalis</i>	Gato montes
CERVIDAE	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado
URSIDAE	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso de anteojos
DIDELPHIDAE	<i>Didelphis sp.</i>	Raposa
FELIDAE	<i>Felis concolor</i>	Puma

Fuente: Elaboración propia.

En el distrito de Santa Teresa por la diversidad de fauna presente, las aves son una de las principales especies de interés turístico y eco turístico para todos los visitantes al distrito y balneario en general, por tanto una de las especies de aves más importantes para el turismo por su colorido atractivo y la importancia que implica ser considerado como la Ave Nacional del Perú se encuentra en la ruta hacia Cocalmayo como también en los sectores aledaños al distrito.

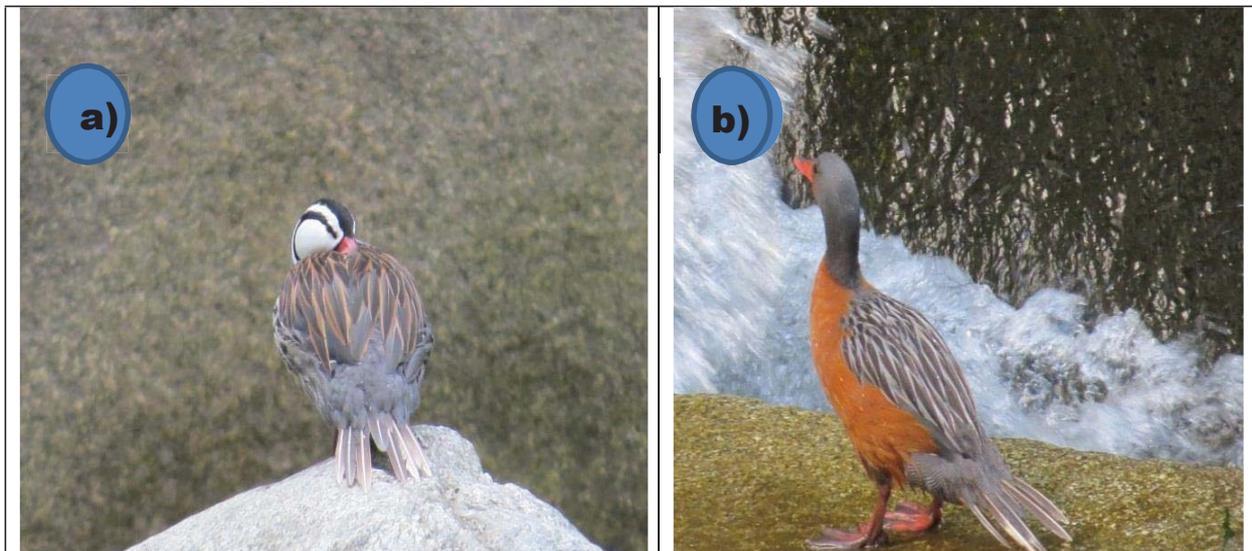
- **Nombre científico:** *Rupicola peruviana*  
**Nombre común:** Gallito de las rocas (Tunky)



30 – 31 cm. Grande e inconfundible. El ave nacional del Perú, ambos sexos muestran una cresta coposa y comprimida que cubre el pico (a) macho y (b) hembra. Es visto a menudo volando a través de áreas abiertas o rápidamente a lo largo de los valles. Algunas veces se congregan en árboles en fructificación. Esta puede ser vista por visitantes que recorren el Inka Jungle con dirección al balneario de Cocalmayo específicamente en el bosque Quellomayo, cuenca Chaupimayo e incluso la quebrada Tunky Huaico.

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Nombre científico:** *Merganetta armata*  
**Nombre común:** Pato de torrentes:



De 40cm. (a) macho y (b) hembra. Habita arroyos y rios rocosos y de aguas claras,. Usualmente encontrado en parejas, algunas veces en grupos familiares un ave usualmente vista en el rio Santa Teresa a la altura de la quebrada Tunky huaico, es posible ser visto por los caminantes que retornan de Choquequirao o Nevado Salkantay, quienes al transitar por la cuenca Salkantay son asombrados con la presencia de estas especies.

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.8. Aspectos Socio - económicos:

### 2.8.1. Población.

La superficie territorial del distrito de Santa Teresa es de 1 340.38 km<sup>2</sup>, lo que representa el 4,46% del total de la superficie provincial, cuenta con una población de 7 262 habitantes al presente año 2016, de los cuales son hombres un número de 3 847 personas lo que representa el 53% del total de población del distrito, y mujeres con un número de 3415 personas representando el 47%. La densidad poblacional distrital se estima en 5,31 hab/km<sup>2</sup> con una tasa de crecimiento poblacional provincial de 0.41%.

A continuación se detalla la población referencial al 2016, tomando como base información del INEI 2007.

Tabla 13: Población total por género – 2016

Grupos de Edad	AÑO 2016						
	Total	Urbana			Rural		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
<b>Total</b>	7262	1580	824	756	5682	3023	2659
Menores de 1 Año	118	23	11	12	95	47	48
De 1 a 4 Años	549	104	58	46	445	238	207
De 5 a 9 Años	693	156	73	83	537	280	257
De 10 a 14 Años	802	176	96	80	626	328	298
De 15 a 19 Años	697	197	107	90	500	253	247
De 20 a 24 Años	552	143	84	59	409	228	181
De 25 a 29 Años	561	133	72	61	428	219	209
De 30 a 34 Años	499	111	42	69	388	206	182
De 35 a 39 Años	513	119	60	59	394	218	176
De 40 a 44 Años	468	94	58	36	374	204	170
De 45 a 49 Años	439	89	43	46	350	189	161
De 50 a 54 Años	346	78	45	33	268	146	122
De 55 a 59 Años	261	41	21	20	220	116	104
De 60 a 64 Años	216	42	21	21	174	104	70
De 65 a Más Años	548	74	33	41	474	247	227

Fuente: Elaboración propia – proyectado al 2016 según INEI 2007, tasa de crecimiento poblacional provincial 0.41%.

### 2.8.2. Recursos turísticos

El potencial turístico del distrito es inmenso, abarca desde zonas de potencial puramente histórico cultural hasta zonas de atracción eco turística. Las zona de mayor aptitud turística son aquellas que conjugan una serie de valores turísticos, así se tiene que la zona de mayor potencial turístico constituye la zona de Vilcabamba y Santa Teresa, los cuales por la cercanía al mayor centro de atracción turística del país, Macchupicchu, y por la presencia de los restos arqueológicos de Choquequirao, en un futuro cercano deben ser el mayor eje turístico de la región y el país, se suma a esto la impresionante belleza paisajística que rodea esta zona, lo cual no solo posibilita el turismo cultural sino también el ecoturismo y el turismo de aventura.

Las zonas de montaña de todo el distrito, en si también representan un potencial turístico, especialmente al turismo de aventura y ecológico, en los cuales se puede aprovechar la observación de la inmensa riqueza biológica que poseen.

(PIP. ZEE-OT MDST 2015)

### 2.8.3. Asistentes al balneario de Cocalmayo

Es común ver todos los días bañistas encantados de permanecer en las aguas cristalinas del balneario de Cocalmayo, ente los cientos se identifican a bañistas locales del distrito de Santa Teresa y de sus distintas comunidades, vacacionistas que lo primero que hacen al llegar al distrito de Santa Teresa es visitar este hermoso balneario, del mismo modo son mucho turistas nacionales de los diferentes distritos de la provincia La Convención en especial de la ciudad de Quillabamba quienes aprovechan los fines de semana para darse un buen baño en estas aguas, no es extraño ver que muchos turistas de nuestra región Cusco y de las otras regiones de nuestro Perú llegan a este lugar con la intención de conocer dicho balneario.

Por otro lado, ya es costumbre ver turistas extranjeros de diferentes países del mundo entero relajados en las aguas del balneario de Cocalmayo, turistas que interesados en conocer la maravilla mundial Machu Picchu, mucha veces transitan por el distrito de Santa Teresa y aprovecha la oportunidad para visita este hermoso centro balneológico.

En base a ello y después de realizar un estudio sobre el número de ingresantes al balneario de Cocalmayo, tomando como base el mes de septiembre del 2015, se elaboró el perfil del turista extranjero, el cual se encuentra en estado de crecimiento respecto al número de ingresos al balneario, para ello se detalla a continuación una pequeña tabla que ilustra el número de ingresantes promedios al balneario, resaltando el perfil del turista extranjero, establezco el grafico N° 04 para observar la procedencia de estos.

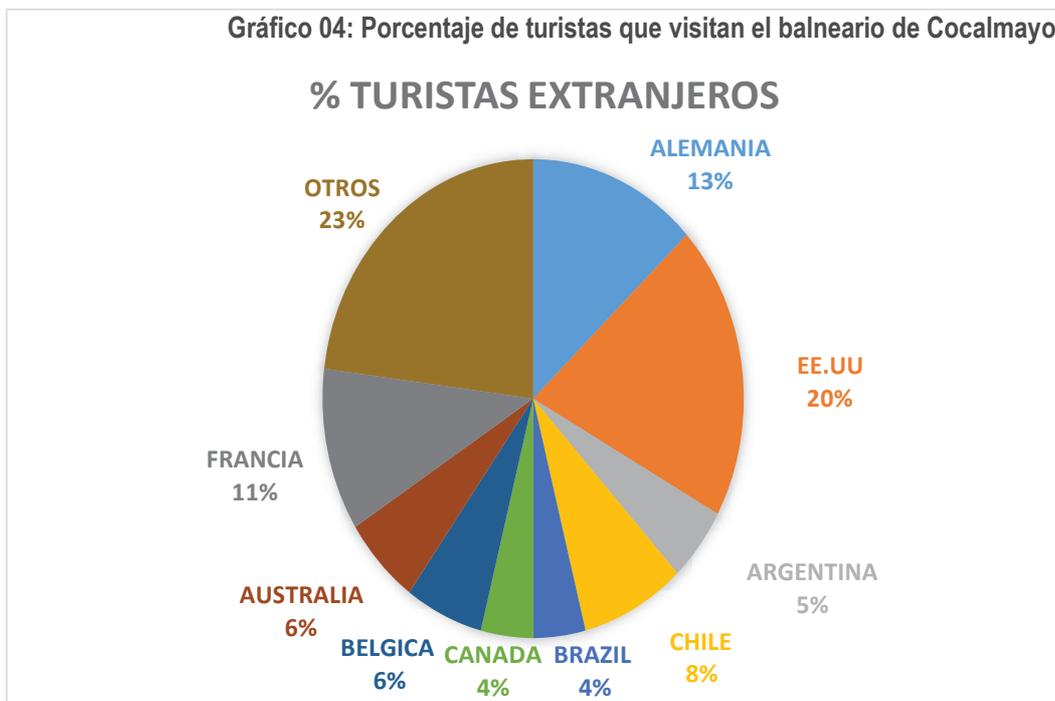
Tabla 14: Ingreso de turistas al balneario de Cocalmayo.

BAÑISTA	N° INGRESANTES PROMEDIO / DÍA	PRECIO BOLETO	SUB TOTAL EN SOLES
LOCAL	85	0.5	42.5
NACIONAL	126	2.5	315
EXTRANJERO	146	5	730
<b>TOTAL</b>	<b>357</b>		<b>1087.5</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de Oficina de Rentas MDST/2015.

## 🚩 Perfil del turista extranjero

El turista extranjero que visita el balneario de Cocalmayo, es generalmente aquel turista que busca un centro de relajación, descanso y recuperación posterior a la caminata realizada en los diferentes recursos turísticos del distrito de Santa Teresa, es así que para llegar a la séptima maravilla del mundo Machu Picchu, los diferentes turistas después de un buen descanso en Cocalmayo toman caminata rumbo a Machu Picchu. Por tanto, realizando una muestra de 15 días en la zona del balneario durante el mes de setiembre del año 2015 y así mismo recurriendo a las oficinas de Turismo y Rentas de la municipalidad distrital de Santa Teresa para la verificación del boletaje y cuaderno de registro de ingreso, se tiene como resultado un número promedio de ingresantes al balneario de 146 turistas extranjeros por día, de los cuales el perfil del turista extranjero se detalla a continuación.



Fuente: Elaboración propia en base a número de registro de turistas –MDST 2015.

## 2.8.4. Ingresos económicos que genera el balneario de Cocalmayo

En los últimos años, el balneario de Cocalmayo viene generando progresivamente ingresos económicos por parte de los bañistas, los cuales son administrados por la municipalidad distrital de Santa Teresa, a continuación se detalla el monto económico anual generado por ingresos al balneario de Cocalmayo.

Tabla 15: Ingresos económicos que genera el balneario de Cocalmayo.

Ingresos al balneario de Cocalmayo	Monto recaudado por año
Enero a Diciembre del 2011.	S/ 69 443.00
Enero a Diciembre del 2012.	S/ 281 398.00
Enero a Diciembre del 2013.	S/ 296 269.00
Enero a Diciembre del 2014.	S/ 355 271.50
26 de Enero a Julio del 2015.	S/ 205 303.10

Fuente: Oficina de Rentas – MDST 2015.

## 2.8.5. Principales actividades económicas.

Una de las principales actividades del distrito de Santa Teresa que sustentan la economía de la ciudad y de sus comunidades es la actividad agrícola y el turismo, la ciudad actúa como el principal centro de acopio y exportación de los principales productos del distrito, siendo los frutales su mayor producción, entre estos tenemos el café, granadilla, palta, plátano cacao, entre otros, adicionalmente la producción y venta de flores de corte viene incrementado el nivel económico de ingreso familiar en los agricultores dedicados a este rubro.

Es por ello que con el flujo de los turistas que viajan desde Santa María a Machuchipu y viceversa por estar en tránsito intermedio de estos se ha convertido en una ciudad moderna con intensa actividad comercial.

### 2.8.5.1. Actividad agrícola.

Esta actividad se desarrolla principalmente en las zonas altas del distrito, con técnicas de producción tradicional y supeditada a las condiciones climáticas. La superficie de tierras cultivables representa únicamente el 23% del total que es 308.29 has. Según el Censo de Población del año 2007.

Sin embargo las condiciones topográficas, permite a los parcelatarios, realizar cultivos permanentes como el café, frutales, hortalizas y productos de pan llevar, con recursos hídricos provenientes de fuentes de abastecimiento existentes como manantes y riachuelos, los mismos que también son utilizados para consumo humano.

Los cultivos según las áreas instaladas y su nivel de importancia en el distrito de Santa Teresa, como Café, granadilla, palto, maíz amarillo, yuca, papas nativas, plátano, etc, se describe en la siguiente tabla:

**Tabla N°16 Superficie agrícola (ha) por cultivos**

Cultivo	La Convención	Santa Teresa/Ha	%
Chirimoya	48.00	5.	10.42
Lima	134.00	6	4.48
Limón sutil	136.00	4	2.94
Lucma	1.00	1	100.00
Mandarina	176.00	1	0.57
Mango	191.00	1	5.24
Naranja	974.00	52	5.34
Pacay	9.00	7	77.78
Palto	165.00	5	3.03
Cacao	20320.00	636	3.13
Café	48032.00	2127	4.43
Maíz Oro	3245.00	358	11.03
Maíz Amiláceo	1345.00	83	6.17
Papa	910.00	148	82.42
Uncucha	512.00	50	9.77
Yuca	5087.00	266	5.23
Frijol enano	275.00	32	11.64
Maní	140.00	80	57.14
Papaya	412.00	28	6.80
Piña	263.00	29	11.03
Plátano	2690.00	83	3.09
Granadilla	655.00	457	26.27
Rocoto	39.00	9	17.95
Frijol de palo	242.00	12	4.96

Fuente: MINAG 2006.

### 2.8.5.2. Actividad pecuaria

Esta actividad es complementaria a la actividad agrícola básicamente orientada a la producción de carne, quesos y cueros. El sistema de explotación es de carácter extensivo, sustentado en pastos nativos de pobre calidad nutritiva, siendo ello un factor limitante para el desarrollo de esta actividad; sin embargo, existen praderas nativas que con un adecuado manejo pueden sustentar una buena ganadería.

En cuanto a la población pecuaria en general se registra una tendencia regresiva (Vacunos, ovinos y camélidos), sólo el ganado porcino muestra un crecimiento constante. Por otro lado, la crianza de animales menores (cuyes y aves) sobre los cuales no existen estadísticas, significa una fuente importante de ingresos y nutrientes para las familias campesinas y urbano populares.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### **Materiales de gabinete**

- Laptop (PC) Intel CORE I5
- Software ArcGIS v.10.1
- Calculadora.
- Base de datos cartográficos.

##### **Materiales de campo**

- Cámara Fotográfica
- Cooler con bloquetas de hielo.
- Libreta de campo.
- Fichas de campo.
- Gel refrigerante.
- Plumones marcadores.
- Lapiceros, lápiz.
- Wincha de 5m.
- GPS Garmin 60S
- Envases de plástico de 4 litros y 100 litros de capacidad
- Termómetro de canastilla.
- Frascos de 1Lt de capacidad para análisis fisicoquímico.
- Frascos de 3 litros de capacidad para análisis de metales pesados.
- Cinta indicadora de pH.
- Frascos estériles de 250 ml de capacidad, y tapa rosca para análisis bacteriológico.
- Frascos Winkler de 300 mL.

## **3.2. METODOLOGIA:**

### **3.2.1. Determinación de la calidad sanitaria de las piscinas en el balneario de Cocalmayo.**

Para la identificación, descripción, análisis y evaluación de la calidad sanitaria que presenta el balneario se realizó la verificación *In Situ*, lo cual permite definir la situación actual en la que se encuentra dicho balneario.

La evaluación fue realizada tomando como referencia los parámetros de la directiva sanitaria para la determinación del índice de calificación sanitaria de las piscinas públicas y privadas de uso colectivo - Directiva sanitaria N° 033 - MINSA/DIGESA – V.01, la cual consta de 04 criterios de calificación, los cuales permiten brindar una calificación cualitativa del balneario mencionado (ver tabla N° 17).

La calificación sanitaria de las piscinas se realizó aplicando el Índice de Calidad Sanitaria de Piscinas (ICSPS), el cual es calculado utilizando la tabla de calificación N° 20 y teniendo en consideración los criterios que se detallan:

El cálculo del ICSPS, se trabaja con 4 criterios de evaluación en una piscina, a saber:

- control de calidad microbiológica,
- control de calidad de equipamiento e instalaciones,
- control de calidad de limpieza
- control de ordenamiento documentario.

b. Cada uno de estos criterios sumados deben dar la unidad (1 = 100%), quedando distribuidos en orden de prioridad de la siguiente manera:

Tabla 17: Tabla de cálculo de Calificación Sanitaria de Piscinas (ICSPS)

criterio	Variable	Rango de Valor	Puntaje	Calificación	Puntaje Maximo por Variable
1.- Control de Calidad Microbiológica	Cloro residual	>0.4 mg/l y < 1.2 mg/l	0.15	Buena	0.15
		<0.4 mg/l	0.00	Mala	
	Coliformes Termotolerantes	Ausencia	0.15	Buena	0.15
		Presencia	0.00	Mala	
	Turbiedad	< 5.0 UNT	0.05	Buena	0.05
5.0 UNT o más		0.00	Mala		
2.- Control de Calidad de Equipamiento e Instalaciones	Servicios higiénicos y ducha	S.H. y duchas disponibles,	0.075	Presencia	0.075
		S.H. y duchas sucios o malogrados o ausentes	0.00	Ausencia	
	Lavapiés	Disponibles, limpios, funcionando y con solución desinfectante.	0.075	Presencia	0.075
		Ausentes o sucios, o malogrados o sin solución desinfectante.	0.00	Ausencia	
	Sistema de recirculación	Instalado y en operación	0.21	Buena	0.21
		Instalado y malogrado (en estado inoperativo).	0.10	Regular	
No tiene		0.00	Mala		
3.- Control de Calidad de Limpieza	Limpieza del local	Hay recipientes para residuos y el local está limpio	0.075	Buena	0.075
		Hay recipientes para residuos y hay residuos sólidos dispersos	0.038	Regular	
		Ausencia de recipientes y el local esta sucio.	0.00	Mala	
	Limpieza del estanque	Limpio y ausencia de sólidos flotantes	0.075	Buena	0.075
		Limpio y presencia de sólidos flotantes dispersos.	0.038	Regular	
		Sucio y presencia de sólidos flotantes abundantes.	0.00	Mala	
4.- Control de Ordenamiento Documentario	Libro de Registro	Libro de registro presente y al día.	0.02	Buena	0.02
		No hay libro o no está al día.	0.00	Mala	
	Aprobación Sanitaria.	Cuenta con autorización Sanitaria disponible y vigente.	0.12	Buena	0.12
		No cuenta con autorización sanitaria o no está vigente.	0.00	Mala	

Fuente: (ICSPS) 2010 – Direct. Sanit. MINSA/DIGESA.

### 3.2.1.1. Índice de calidad sanitaria de piscinas (ICSPS)

Para la determinación del ICSPS, se suman los resultados obtenidos en cada uno de los criterios evaluados: Control de calidad microbiológica, control de calidad de equipamiento e instalaciones, control de calidad de limpieza y control de ordenamiento documentario.

- a. Las calificaciones sanitarias son: Saludable, regularmente saludable y no saludable, de acuerdo a los puntajes obtenidos del ICSPS. (Ver tabla N° 18)

Tabla 18: Calificación de calidad sanitaria de piscinas

Calificación Sanitaria	Rango de valores de ICSPS
Saludable	0.80 - 1
Regularmente Saludable	0.40 - 0.79
No saludable	0 - 0.39

Fuente: ICSPS. 2010.

### 3.2.2. Evaluación de la calidad bacteriológica y físico-química del agua termal en la fuente de abastecimiento y piscinas de dicho balneario.

#### 3.2.2.1. Parámetros bacteriológicos:

Los criterios de calidad para agua de recreación, están basados en la concentración de coliformes totales y sobre todo de coliformes termotolerantes (fecales). Si bien, indicadores tales como *Escherichia coli* puede reflejar más adecuadamente la contaminación fecal de agua, los organismos internacionales no recomiendan un cambio de los criterios bacteriológicos para aguas recreacionales, hasta que pueda ser acumulada suficiente información epidemiológica sustentada en experiencias con los nuevos indicadores.

Basado en estos conceptos, se ha incluido en este estudio la determinación de la concentración de: Coliformes totales y coliformes termotolerantes; usando la metodología denominada Numero Más Probable NMP/100, aprobada por el American Public Health Association, APHA, AWW, WEF. 2012. Standard methods for examination of water & wastewater, 22nd Edition, para lo cual se utilizaron frascos esterilizados para la toma de muestras en punto de captación y piscinas respectivas del balneario antes y durante el uso de las piscinas, las muestras fueron transportadas en cadena de frío hasta el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias, Escuela Profesional de Biología - UNSAAC, para su respectivo análisis bacteriológico, durante un periodo máximo de 24 horas.

**Número Más Probable (NMP):** Es el cálculo de la densidad probable de bacterias coliformes basadas en la combinación de resultados positivos y negativos obtenidos en cada dilución. La precisión de cada prueba depende del número de tubos utilizados. Tres diluciones son necesarias para la obtención del código del NMP. Las tablas de NMP se basan en la hipótesis de una distribución de Poisson (dispersión aleatoria). La densidad bacteriana se obtiene a través de tablas en los que se presenta el límite de confianza de 95% para cada valor determinado y se expresa como NMP de coliformes/100 mL.

### **Toma de muestra.**

#### **a) Fuentes de abastecimiento:**

Para la evaluación de la calidad bacteriológica de las fuentes de abastecimiento se realizó la toma de muestras y el análisis respectivo evaluando la presencia de coliformes termotolerantes (fecales) bajo la metodología del Número Más Probable (NMP).

Las muestras fueron tomadas en la temporada del mes de mayo del 2015.

- Se utilizó frascos de plástico en estado estéril de 250 mL de capacidad, el cual fue sumergido inmediatamente en las 2 estructuras de captación a una profundidad aproximada de 10 cm, los cuales no fueron llenados en su totalidad dejando así un espacio de 2.5cm para preservar oxígeno para el desarrollo normal de las bacterias.
- Luego de tomado la muestra, se registró debidamente cada frasco con los datos básicos y después colocados en forma vertical en un cooler con gel de hielo para mantener la muestra a una temperatura promedio de 04 °C y luego transportadas a la ciudad del Cusco inmediatamente al laboratorio de aguas y alimentos de la Escuela Profesional de Biología – UNSAAC para su respectivo análisis bacteriológico.

**Tabla 19: Número de muestras de las fuentes de abastecimiento**

<b>Fuentes de Abastecimiento</b>	<b>Mayo 2015</b>
<b>Captación 01</b>	01
<b>Captación 02</b>	01
<b>TOTAL</b>	<b>02</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**b) Para las piscinas:**

Se muestrearon las 03 piscinas actuales que se brinda a los bañistas, considerando la temporada alta de afluencia al balneario, tomando para ello muestra de agua para los respectivos análisis en el mes de mayo del año 2015, así como también considerando los factores antes del uso de las piscinas, tomando como referencia a horas 5:00 am y durante el uso de las mismas generalmente en horas de la tarde a partir de las 3:00 pm.

Las muestras fueron tomadas de acuerdo a los procedimientos de la APHA-AWA-WPCF adecuados por la DESA, procediéndose de la siguiente manera.

- Se realizó la toma de muestras en frascos estériles de plástico de 250 mL en cada una de las piscinas indicando que los frascos de muestreo se mantuvieron cerradas hasta el momento de llenarlas.
- Se ingresó a la parte central del interior de la piscina, se retiró la tapa, y se procedió a sumergir aproximadamente 15 cm los frascos boca abajo, se llenó el frasco dejando un espacio aéreo aproximado de 2,5cm que facilita la mezcla por agitación antes de proceder al análisis.
- Posteriormente se procedió a etiquetar cada uno de los frascos registrando datos de lugar, hora, fecha y temperatura del cuerpo de agua y del medio ambiente.
- Seguidamente se colocó cada uno de los frascos con la muestra colectada en un cooler para ser transportados en cadena de frío inmediatamente al laboratorio de aguas y alimentos de la Escuela Profesional de Biología - UNSAAC, para su respectivo análisis.

**Tabla 20: Número de muestras de piscinas para análisis bacteriológico**

Piscinas	MAYO		N° Muestras Total
	A/U	D/U	
Piscina N°01	01	01	02
Piscina N°02	01	01	02
Piscina N°03	01	01	02
<b>TOTAL</b>	<b>03</b>	<b>03</b>	<b>06</b>

Fuente: Elaboración propia.

**LEYENDA:**

A/U: Antes de uso

D/U: Durante el uso

Tabla 21: Número Total de muestras para análisis bacteriológico

Muestras de Agua	Total de muestras
Fuentes de Abastecimiento	02
Piscinas	06
<b>TOTAL</b>	<b>08</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2.2. Parámetros físico-químicos:

- **Toma de muestra**

Para el análisis físico-químico de las aguas termales de la fuente de abastecimiento, se tomó la muestra en 01 frasco estéril de 1litro de capacidad en mayo del 2015, el cual debidamente etiquetado se transportó en cadena de frío hasta el laboratorio "QUIMICA LAB" de la ciudad del Cusco, para ser analizado mediante los métodos estandarizados.

Los resultados de la medición de dichos parámetros permitirán conocer el estado actual de la calidad fisicoquímica de la fuente termal del balneario, el cual abastece a las 03 piscinas antes mencionadas, así mismo dichos resultados servirán posteriormente para la determinación del ICA de la fuente de abastecimiento.

Tabla 22: Métodos utilizados en los análisis fisicoquímicos.

Característica	Parámetro	Método	Contexto
Física	Temperatura	Termómetro de canastilla	In situ
	Transparencia o visibilidad	Turbidímetro de Jakson	Laboratorio "Química Lab"
	conductividad	Conductímetro	Laboratorio "Química Lab"
Química	pH	Potenciómetro	In situ – laboratorio "Química Lab"
	Oxígeno Disuelto (OD)	Winkler	Laboratorio "Química Lab"
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Winkler	Laboratorio "Química Lab"
	Sólidos totales	Gravimétrico	Laboratorio "Química Lab"
	Nitratos	Espectrofotométrico	Laboratorio "Química Lab"
	Fosfatos	Espectrofotométrico	Laboratorio "Química Lab"

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3. Determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la fuente de abastecimiento.

Para determinar la calidad del agua en el presente trabajo, se utilizó la metodología denominada Índice de Calidad de Aguas (ICA), empleándose el método gráfico propuesto por Brown (1970), Ott (1978) y Leon (2003) respectivamente, con el apoyo de la Fundación Nacional de Sanidad - NSF de los Estados Unidos aplicable para Latinoamérica, que consiste en el cálculo de 9 parámetros (Coliformes termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), nitratos, fosfatos, variación de temperatura, turbidez, sólidos totales, Oxígeno Disuelto (OD)), los resultados obtenidos son convertidos en valores  $q_i$  y se multiplican por un factor de corrección ( $w_i$ ), propio para cada parámetro que será evaluado, siguiendo la ecuación, para luego obtener el promedio geométrico ponderado y determinar el ICA. Finalmente el ICA que arroja la ecuación es un número entre 0 y 100 que califica la calidad, a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación.

Así mismo para la obtención del valor de ICA de la fuente de abastecimiento del balneario de Cocalmayo, se procedió a utilizar el programa ICATEST V 1.0, el cual facilita la obtención de resultados más precisos, confiables e inmediatos, cabe mencionar que dichos resultados fueron comparados con los resultados obtenidos mediante método gráfico, lo cual por la precisión y la facilidad del caso se optó por la utilización de dicho programa informático, dicho programa es uno de los más requeridos por especialistas que trabajan el tema hídrico, por tanto contar con dicho programa ajustado a normas internacionales como NSF y otros es una herramienta útil para el desarrollo de todo tipo de trabajos de investigación. Así mismo se indica que los resultados previos del análisis físico químico de aguas realizados en el origen de la fuente termal serán utilizados para la determinación del ICA.

$$ICA = \sum_{i=1}^n q_i \cdot w_i$$

**Dónde:**

**I.C.A.** : Índice de calidad de agua, un numero entre 0 y 100.

**Q<sub>i</sub>** : Calidad del iésimo parámetro, un numero entre 0 y 100, obtenido del respectivo gráfico de calidad.

**W<sub>i</sub>** : Valor ponderado correspondiente al iésimo parámetro, un numero entre 0 y 1.

**N** : Parámetros.

**Fuente:** León, 2003.

Tabla 23: Ficha de evaluación del índice de calidad de agua

Parámetros	Resultado	Valor de qi	wi	TOTAL
OD (% Saturación)			0.17	
Coliformes fecales (col/100mL)			0.16	
pH			0.11	
DBO (mg/L)			0.11	
Temperatura (°C)			0.10	
Fosfato total (mg/L)			0.10	
Nitratos (mg/L)			0.10	
Turbidez (NFT)			0.08	
Solidos totales (mg/L)			0.07	
<b>ICA</b>				

Fuente: Mitchell, 1998.

### 3.2.3.1. Determinación del “qi” para cada parámetro.

#### 3.2.3.1.1. Método gráfico.

##### 1.- pH

Si el valor de pH es menor o igual a 2, el qi es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 el qi es igual a 3. Si el valor está entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de X y proceder a interceptar el valor en el eje Y. El valor encontrado es el qi de pH.

(Anexo N° 04).

##### 2.- Turbiedad

Si la turbidez es mayor de 100 (NTU) Unidades Nefelométrica de Turbidez el qi es igual a 5. Si la turbidez es menor de 100 NTU, buscar el valor en el eje de X e interceptar en el eje Y el valor, lo obtenido es el qi de turbidez. (Anexo N° 04).

##### 3.- Temperatura

En el caso de la temperatura para obtener su Qi, primero se debe calcular la diferencia entre la T° ambiente y la T° muestra. Una vez que se obtiene el valor del diferencial de temperatura y este es mayor de 15°C el qi es igual a 9.

Si el valor obtenido es menor de 15°C, se busca el valor en el eje X y se procede a interceptar al valor en el eje de Y. El valor encontrado es el qi de la temperatura.

(Anexo N° 04).

#### 4.- Oxígeno Disuelto:

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero se calculó el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para eso se identificó el valor de saturación de OD según la temperatura del agua.

Tabla 24: Solubilidad del Oxígeno en agua dulce

Temp. °C	OD mg/L						
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

Fuente: PERRY. 1992.

Seguidamente, el valor identificado de OD referente a la temperatura del agua se multiplica por el valor de calibración en % respecto a la altitud a la que se encuentra el balneario de Cocalmayo para así finalmente dicho valor a través de una regla de tres simple expresarlo en porcentaje de saturación.

Finalmente si él % de saturación de OD es mayor de 140 % el  $q_i$  es igual a 50. Si el valor obtenido es menor de 140 % de saturación de OD buscar el valor en el eje de las X y se procede a interceptar al valor en el Y. El valor encontrado es el  $q_i$  del oxígeno disuelto y se procedió (conforme a la fórmula), a multiplicarlo por su peso relativo asignado ( $w_i$ ). (Anexo N° 04).

#### 5.- Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO:

Para la DBO5 si el valor es mayor de 30 mg/L el  $q_i$  es igual a 2, si es menor se busca en el eje X e interceptar al valor en el eje Y. El valor encontrado es el  $q_i$  de DBO5.

(Anexo N° 04).

## 6.- Fosfatos:

Si los fosfatos son mayores de 10 mg/L el qi es igual a 2. Si los fosfatos son menores de 10 mg/L buscar en el eje X e interceptar al valor en el eje Y. El valor encontrado es el qi para fosfatos. (Anexo N° 04).

## 7. Nitratos:

Si los nitratos son mayores de 100 mg/L el qi es igual a 1. Si este no es el caso encontrar el valor en eje de X e interceptar en el eje Y el valor de qi para nitratos. (Anexo N° 04).

## 8.- Sólidos totales:

Si los sólidos totales son mayores de 500 mg/L el qi es igual a 20, si es menor, se busca el valor en el eje X e intercepta en el eje Y el valor de qi, y este será el qi de los sólidos totales. (Anexo N° 04).

## 9.- Coliformes fecales:

Si los coliformes fecales son mayores de 100,000 UFC/L el qi es igual a 3. Si el valor es menor de 100,000 Colonias/100mL, se buscó el valor en el eje X e interceptar al valor del eje Y. El valor obtenido es el qi de coliformes fecales, se continuó con multiplicarlo con su valor asignado de wi. (Anexo N° 04).

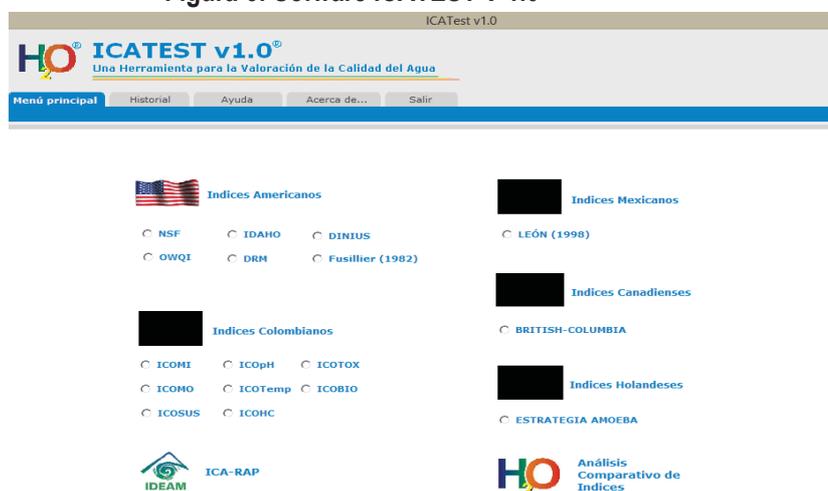
### 3.2.3.1.2. Método Software ICATEST V 1.0

Es una herramienta informática que sirve para el análisis y valoración de la calidad del agua, facilita el cálculo de gran variedad y cantidad de índices de calidad del agua. De igual manera ICATEST V1.0 permite generar y guardar, tanto reportes como historiales, además de realizar estudios comparativos de calidad del agua.

#### Procedimiento:

- Una vez escogida la formulación deseada, el ingreso de datos de las muestras se realiza a través de una interface de ventanas de fácil manejo, en un formulario predeterminado.

Figura 6: Software ICATEST V 1.0



- En esta ventana se realiza el ingreso de parámetros descriptivos de la muestra por ejemplo, lugar de extracción, fecha y hora, analista, etc.

ICATEST v1.0  
**HO<sup>®</sup> ICATEST v1.0<sup>®</sup>**  
 Una Herramienta para la Valoración de la Calidad del Agua

Menú principal Historial Ayuda Acerca de... Salir

Guardar Archivo  
 Cargar Archivo  
 Exportar reporte  
 Agregar a Historial  
 Salvar Gráfica

Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)

Hoja de cálculo para el índice NSF

Fecha y Hora: 24/10/2015 07:10:36 p.m.  
 Lugar:  
 Analista:

Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
DBD	(mg/L)	-	0.11	-
Oxígeno Disuelto	(%Sat)	-	0.17	-
Coliformes Fecales	(Col/100mL)	-	0.16	-
Nitratos	(mg/L)	-	0.10	-
pH	(Unid)	-	0.11	-
Cambio de Temperatura	(°C)	-	0.10	-
Sólidos Totales	(mg/L)	-	0.07	-
Fosfatos Totales	(mg/L)	-	0.10	-
Turbidez	(NTU)	-	0.08	-

**Resultados**

Número de parámetros:  
 Valor del índice:  
 Clasificación:  
 Rango:  
 Escala de color:

**Escala de Color**

Excelente	91 - 100	■
Buena	71 - 90	■
Media	51 - 70	■
Mala	26 - 50	■
Muy Mala	0 - 25	■

- Al ingresar los parámetros determinados en el laboratorio en forma directa, se puede obtener a representación gráfica en cada índice, lo que permite observar el comportamiento comparativo de los valores de calidad.

ICATEST v1.0  
**HO<sup>®</sup> ICATEST v1.0<sup>®</sup>**  
 Una Herramienta para la Valoración de la Calidad del Agua

Menú principal Historial Ayuda Acerca de... Salir

Guardar Archivo  
 Cargar Archivo  
 Exportar reporte  
 Agregar a Historial  
 Salvar Gráfica

Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)

Bar chart showing the NSF index calculated based on 9 parameters. The Y-axis represents the index value (0-90). The X-axis lists parameters: DBD, OD, C.T., NO3, pH, T\*, S.T., PO4, and Tz. The bars are color-coded according to the quality scale: DBD (Blue, ~95), OD (Green, ~85), C.T. (Blue, ~95), NO3 (Green, ~90), pH (Green, ~88), T\* (Red, ~18), S.T. (Red, ~20), PO4 (Orange, ~28), and Tz (Blue, ~95).

Indice calculado sobre la base de 9 parámetros

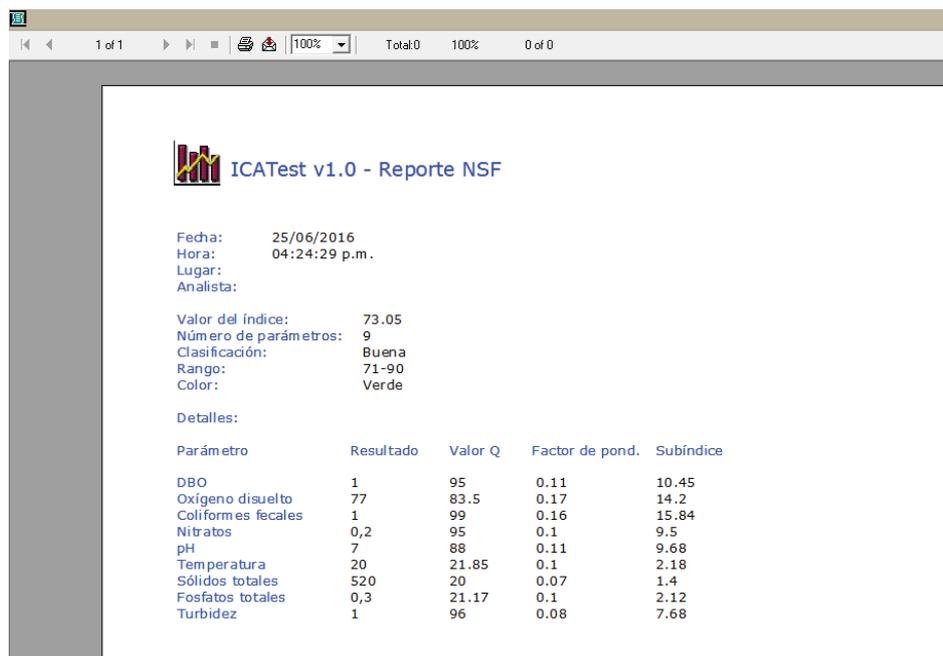
**Resultados**

Número de parámetros: 9  
 Valor del índice: 72.53  
 Clasificación: Buena  
 Rango: 71-90  
 Escala de color: Verde

**Escala de Color**

Excelente	91 - 100	■
Buena	71 - 90	■
Media	51 - 70	■
Mala	26 - 50	■
Muy Mala	0 - 25	■

- La herramienta ICATEST V 1.0 permite guardar los datos respectivos a la muestra y cada una de las variables ingresadas en un reporte o historial.



### 3.2.4. Determinación de metales pesados (Hg, Pb y Cd).

#### 3.2.4.1. Toma de muestra.

Para desarrollar el análisis de metales pesados, se realizó la toma de muestra de agua en mayo del 2015, en la fuente de abastecimiento principal del balneario de Cocalmayo en un recipiente de 03 ltr de capacidad, debidamente etiquetado y rotulado, dicho recipiente contiene 10 mL de ácido nítrico para fijar la muestra de agua y de esa manera ser transportada hacia el laboratorio de análisis químico “QUIMICA LAB” en la ciudad del Cusco. Seguidamente se ingresó a la fuente de abastecimiento de dicho balneario, y aprovechando la correntada de agua presente en la estructura de captación, se colocó dicho recipiente para el llenado de agua inmediato en la totalidad del recipiente sin dejar así espacio alguno dentro de dicho recipiente.

El recipiente una vez lleno de agua, fue colocado en un cooler para su transporte inmediato al laboratorio particular “QUIMICA LAB” para su respectivo análisis.

#### 3.2.4.2. Metodología:

Para la determinación de metales pesados entre estos mercurio, plomo y cadmio se utilizó la metodología denominada extracción orgánica con ditizona en medio clorofórmica con la utilización de equipos entre estos absorción atómica, metodología normalizada para análisis de aguas potables y residuales, dichos análisis fueron realizados por el laboratorio privado “QUIMICA LAB” de la ciudad del Cusco.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Calidad sanitaria de las piscinas en el balneario de Cocalmayo.

Tabla 25: Calificación cualitativa de las piscinas del balneario de Cocalmayo.

criterio	Variable	Rango de Valor	Puntaje	Calificación
1.- Control de Calidad Microbiológica	Cloro residual	<0.4 mg/l	0.00	Mala
	Coliformes Termotolerantes	Ausencia	0.15	Buena
	Turbiedad	< 5.0 UNT	0.05	Buena
2.- Control de Calidad de Equipamiento e Instalaciones	Servicios higiénicos y ducha	S.H. y duchas disponibles,	0.075	Presencia
	Lavapiés	Ausentes o sucios, o malogrados o sin solución desinfectante.	0.00	Ausencia
	Sistema de recirculación	Instalado y en operación	0.21	Buena
3.- Control de Calidad de Limpieza	Limpieza del local	Hay recipientes para residuos y el local está limpio	0.075	Buena
	Limpieza del estanque	Limpio y ausencia de sólidos flotantes	0.075	Buena
4.- Control de Ordenamiento Documentario	Libro de Registro	Libro de registro presente y al día.	0.02	Buena
	Aprobación Sanitaria.	No cuenta con autorización sanitaria o no está vigente.	0.00	Mala
<b>TOTAL</b>			<b>0.66</b>	

Fuente: Elaboración propia.

<b>Calificación Sanitaria</b>	<b>Rango de valores de ICSPS</b>
Saludable	0.80 - 1
Regularmente Saludable	0.40 - 0.79
No saludable	0 – 0.39

Según el cuadro anterior establecido por Directiva Sanitaria N° 033 - MINS/DIGESA – V.01, se observa que las piscinas del balneario de Cocalmayo mediante los 04 criterios de evaluación, obtiene una calificación de 0.66 puntos que corresponde a **REGULARMENTE SALUDABLE**.

Referente al proceso de limpieza de la fuente de abastecimiento y piscinas del balneario de Cocalmayo, este es limpiado y desinfectado por personal de la Municipalidad distrital de Santa Teresa los días martes y viernes de cada semana, utilizando para ello cloro de 70% de pureza en un promedio de 8 Kl por cada intervención.

Así mismo, no disponen de un equipo de desinfección como en las piscinas típicas, debido a la temperatura que presenta sería casi imposible utilizar cloro como insumo desinfectante, ya que el cloro al ser volátil no tendría acción efectiva para realizar la desinfección.

Igualmente dichas aguas por la transparencia que presentan cumplen con los valores establecidos respecto a la medición del parámetro de turbidez y al mismo tiempo se menciona que la presencia de coliformes totales en las piscinas no sobrepasan los valores establecidos según los Estándares nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de uso recreacional.

## 4.2. Calidad bacteriológica y físico-química del agua termal en la fuente de abastecimiento y piscinas del balneario de Cocalmayo.

A continuación se detalla los resultados de los análisis bacteriológicos de la fuente de abastecimiento y las piscinas del balneario de Cocalmayo.

Tabla 26: NMP/100 mL de coliformes por muestreo en la fuente termal.

PUNTO DE MUESTREO	MAYO		LMP		ECA		RESULTADO
	NMP Colif. Tot./100mL	NMP Colif. Termot./100mL	Colif. Totales(100mL)	Colif. Termot(100mL)	Colif. Total. NMP/100mL	Colif. Termot. NMP/100mL	APTO / NO APTO
Captacion N° 01 (M1)	< 1.8	< 1.8	5000	1000	1000	200	APTO
Captacion N° 02 (M1)	< 1.8	< 1.8	5000	1000	1000	200	APTO

< 1.8 = Ausencia

Fuente: Elaborado en base a resultados del análisis de aguas / Ley general de aguas / ECA (D.S.N°: 023-2009-MINAM)

Tabla 27: NMP/100 mL de coliformes por muestreo en piscinas.

PUNTO DE MUESTREO	MAYO				LMP		ECA		RESULTADO
	NMP Colif. Tot./100mL		NMP Colif. Termot./100mL		Colif. Totales(100mL)	Colif. Termot(100mL)	Colif. Total. NMP/100mL	Colif. Termot. NMP/100mL	APTO / NO APTO
	A/U	D/U	A/U	D/U					
M3 - PISCINA 01	2	14	<1.8	4	5000	1000	1000	200	APTO
M3 - PISCINA 02	< 1.8	17	< 1.8	12	5000	1000	1000	200	APTO
M3 - PISCINA 03	14	21	2	20	5000	1000	1000	200	APTO

< 1.8 = Ausencia

Fuente: Elaborado en base a resultados del análisis de aguas / Ley general de aguas / ECA (D.S.N°: 023-2009-MINAM)

Para el caso de la fuente de abastecimiento en la muestra tomada en el mes de mayo, se registra un valor de < 1.8 lo cual indica ausencia de bacterias Coliformes totales y Coliformes termotolerantes (fecales) lo que califica de APTAS para fines recreacionales, porque **CUMPLEN** con los valores permisibles indicados en los Estándares de Calidad Ambiental de agua a nivel nacional (ECA) según D.S. N° 002 2008 – MINAM para aguas recreacionales de contacto primario y secundario. Haciendo un comparativo con los valores establecidos para aguas recreacionales por la Ley General de Aguas DECRETO LEY N° 17752, se evidencia que los valores de la muestra actual también cumplen con la condición establecida en la antigua Ley general de aguas.

Para el caso de las 03 piscinas, se registra ausencia de coliformes totales y termotolerantes antes del uso de los bañistas (A/U), no siendo así, durante el uso (D/U) registrando presencia de ambos grupos de coliformes, no excediendo los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de tipo recreacional – contacto primario y secundario según D.S. N° 002- 2008 – MINAM, así como también se encuentran muy por debajo de los límites bacteriológicos establecidos en la Ley general de aguas DECRETO LEY N° 17752, por tanto las aguas de la piscina 01, piscina 02 y piscina 03 SON APTAS para aguas recreacionales de contacto primario y secundario.

#### 4.2.2. Características físico – químicas de la fuente de agua termal.

Tabla 28: Datos de temperatura del agua termal.

Estructura	Temperatura promedio °C
	Mayo
Captacion N° 01	41°C
Captacion N° 02	44°C
Piscina 01	40°C
Piscina 02	39°C
Piscina 03	38°C

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los parámetros físicos, la tabla N° 28 muestra las temperaturas promedio de la fuente de origen y de las piscinas durante el periodo de evaluación, la diferencia en la disminución de la temperatura registrada en las piscinas obedece principalmente al tamaño de las piscinas.

Es así que para las piscinas, los valores de temperatura fluctúan entre 38°C – 40°C y para el caso de la fuente de abastecimiento la temperatura promedio es de 43°C.

Tabla 29: Datos de pH del agua termal *in situ*.

Estructura	pH promedio
	Mayo
Captacion N° 01	7.1
Captacion N° 02	7.1
Piscina 01	7.0
Piscina 02	7.0
Piscina 03	7.0

Teniendo disponible la cinta pH métrica, se pudo medir este parámetro *in situ*, observándose claramente un valor promedio de 7.1 en la fuente de origen.

Tabla 30: Parámetros físico-químicos de la fuente termal de Cocalmayo – QUIMICA LAB.

CARACTERISTICA	PARAMETRO	UNIDAD	LMP	ECA	MUESTRA
FISICA	Conductividad	µs/cm	1500	**	850
	Turbiedad	NTU	5	100	5
	Solidos Totales	mg/l	1000	**	50
	pH (en lab)	-----	6.5-8.5	6-9 (2,5)	7.1
	Color	UC	15	Sin cambio normal	3
QUIMICA	Alcalinidad Total	mg/lCaCO3	120	**	145
	Dureza Total	mg/lCaCO3	500	**	170
	Cloruros	mg/l	250	**	160
	Acidez	mg/lCaCO3	250	-----	11
	Sulfatos	mg/l	250	**	20
BIOQUIMICOS	Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l	5	>=5	3.9
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	10	5	1
VARIABLES TROFICAS	Nitratos	mg/l	50	10	0.03
	Nitritos	mg/l	3	1(5)	0
	Fosfatos	mg/l	5	**	0.2

\*\* Parámetro no relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

**Fuente:** Elaboración propia en base a resultados del trabajo y su comparativo con valores establecidos en DIRESA-DSA, 2007/LGA/ECA 2009.

En la tabla N° 30 se observa que los parámetros físicoquímicos analizados, **CUMPLEN** con la clasificación IV de la Ley General de Aguas N° 17752, así mismo dichos parámetros se encuentran por debajo de los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental nacional para agua (ECA) según D.S. N° 002- 2008 – MINAM, considerándose como APTOS para aguas superficiales destinadas para recreación – contacto primario y secundario.

Según los resultados del análisis de aguas realizado por la consultora ambiental MWH a través de laboratorios CORPLAB (ver anexo N° 03), se observa que los parámetros evaluados entre físicos, químicos y bacteriológicos en la fuente de captación CUMPLEN con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de uso recreacional – contacto primario y secundario, el cual se encuentra aprobado mediante D.S. N° 002- 2008 – MINAM, por lo que este resultado se asemeja a los del presente estudio.

### 4.3. Índice de Calidad de Agua (ICA) de la fuente de abastecimiento de Cocalmayo.

Tabla 31: Resultado del ICA según método gráfico mes de mayo.

Parámetros	Resultado	Valor de qi	wi	TOTAL
OD (% Saturación)	77 %	73	0.17	12.41
Coliformes fecales (col/100ml)	1	98	0.16	15.68
pH	7.1	90	0.11	9.9
DBO (mg/l)	1	93	0.11	10.23
Variación de Temperatura (°C)	23	9	0.10	0.9
Fosfato total (mg/l)	0.2	90	0.10	9.0
Nitratos (mg/l)	0.03	92	0.10	9.2
Turbidez (NFT)	1	95	0.08	7.6
Solidos totales (mg/l)	520	32	0.07	2.24
<b>RESULTADO ICA</b>				<b>77.16</b>

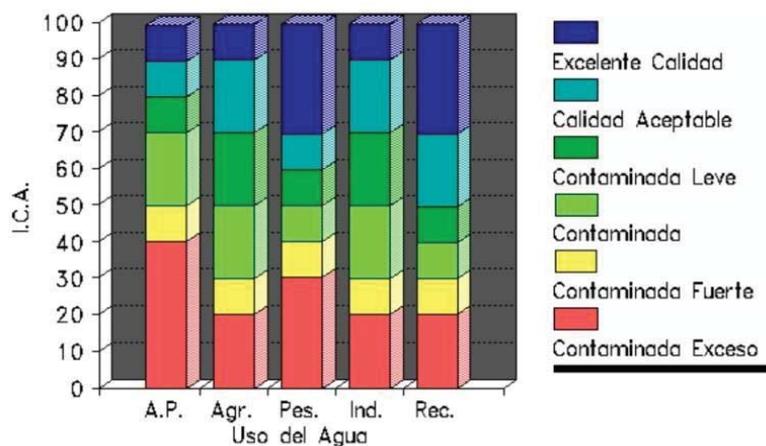
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32: Índice de Calidad de Agua (ICA) de la fuente termal

ESTRUCTURA	CALIFICACION CUANTITATIVA			CALIFICACION CUALITATIVA		
	ICA Metodo Grafico	ICA Icatost V 1.0	PROMEDIO ICA	ICA Metodo Grafico	ICA Metodo Icatost	PROMEDIO ICA
Punto de Origen	77.16	72.73	74.94	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados obtenidos del ICA (Anexo N° 04, 05, 06)

Leyenda:



El Índice de Calidad de agua para la fuente de abastecimiento en mayo 2015, mediante el método gráfico registra un puntaje de 77.16 con una calificación de EXCELENTE para uso recreacional (ver tabla N° 06), del mismo modo a través del Software Ictest V 1.0, se obtiene una calificación de EXCELENTE para uso recreacional con un puntaje de 72.73 (ver tabla N°06), lo cual permite mencionar que el índice de calidad de agua para uso recreacional según normas internacionales de la Fundación Nacional de la Sanidad (NSF) de los Estados Unidos, es “BUENO” y según el uso se considera como “EXCELENTE”. (Ver tabla N° 06 y anexo N° 04, 06)

Cabe indicar que el método mediante el uso del software Ictest V 1.0 determina una calificación del uso de agua de manera general, no detallando así el valor de este respecto al uso según tipo de agua.

#### 4.3.1. Comparación entre el método analítico y el método gráfico para la determinación del ICA de la fuente de abastecimiento.

Tabla 33: Cuadro comparativo entre método gráfico e ICATEST V 1.0

N° de Parámetros	Parámetros	Método Grafico			Método Ictest V 1.0		
		Resultado	Valor Qi	Puntaje total	Resultado	Valor Qi	Puntaje total
1	OD (% Saturación)	77 %	73	77.16	77 %	83.5	72.73
2	Coliformes fecales (col/100mL)	1	98		1	99	
3	pH	7.1	90		7.1	88	
4	DBO (mg/L)	1	93		1	95	
5	Temperatura (C)	23	9		23	17.78	
6	Fosfato total (mg/L)	0.2	90		0.2	27	
7	Nitratos (mg/L)	0.03	92		0.03	90	
8	Turbidez (NFT)	1	95		1	96	
9	Solidos totales (mg/L)	520	32		520	20	
	<b>RESULTADO</b>	<b>EXCELENTE</b>			<b>EXCELENTE</b>		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 33 se muestran los valores de Qi durante la aplicación de ambos métodos (método gráfico y método Ictest) los cuales muestran una diferencia significativa en el valor de fosfatos, mostrando ligera variación en los demás parámetro evaluados.

Es por ello que el resultado del método gráfico para el mes de mayo del 2015 es equivalente a 77.16 puntos, y a través del método Ictest se obtiene un puntaje de 72.73, habiendo una variación de 4.43 puntos entre ambos métodos. (Ver anexo N° 04, 06)

Es importante aclarar que el método gráfico (método clásico) puede conllevar a error, ya que depende principalmente de quien realice el análisis, caso contrario ocurre con el método Ictest V 1.0, el cual es un software que viene siendo aplicado por diferentes profesionales que viene trabajando dicha materia, el cual por la practicidad es mayormente utilizado, en donde los resultados se obtienen en forma inmediata y con mayor precisión.

#### 4.4. Metales pesados en la fuente de abastecimiento.

Tabla 34: Análisis de Metales Pesados

PARÁMETRO	UNIDAD	ECA	Muestra
Plomo	mg/l	0.01	0.00
Mercurio	mg/l	0.001	0.00
Cadmio	mg/l	0.001	0.00
<b>Resultado</b>			<b>CUMPLE</b>

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de Laboratorio Química Lab.2015 / ECA 2009.

Según los resultados del presente estudio realizados en el laboratorio privado "QUIMICA LAB" en mayo 2015, se observa que la fuente termal del balneario de Cocalmayo no registra presencia de metales pesados (Hg, Pb, Cd), por lo cual dichas aguas CUMPLEN con lo establecido en el D.S. N° 002- 2008 – MINAM y por ende son aptos para uso recreacional de contacto primario y secundario.

## DISCUSIONES

- En el presente estudio, se observa la presencia de coliformes en las piscinas según NMP/100 mL, que no supera los límites establecidos en los ECA, por ende se considera que dichas aguas son APTOS para Uso Recreacional. Igualmente los resultados obtenidos de la empresa Luz del Sur, a través de la consultora ambiental MWH y mediante laboratorios CORPLAB SAC para el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Central Hidroeléctrica Santa Teresa II", según análisis bacteriológicos sobre la fuente termal de Cocalmayo, concluye que dichas aguas son APTOS para Uso recreacional, mientras que en la fuente de abastecimiento de Cocalmayo, también son Aptos para uso recreacional, comparando con las aguas minero medicinales de San Pedro y San Pablo de la Provincia de Canchis - Cusco, estas registran coliformes termotolerantes en la fuente de abastecimiento, eso según el estudio presentado por Ojeda, K. (2008).
- Los parámetros analizados, antes del uso (A/U) y durante el uso (D/U) de las piscinas, las aguas del balneario de Cocalmayo se consideran aptos para uso recreacional debido a que los resultados no sobrepasan los valores establecidos en los ECA, lo contrario ocurre para el caso de las piscinas públicas de Quillabamba, La Convención, donde según Cárdenas. (2010) reporta que antes del uso de las piscinas, el 31% del total de muestras analizadas resultaron ser aptas para uso recreacional y el 69% resultaron ser no aptas.
- En la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA) para el mes de mayo 2015, según el uso se obtiene una calificación de EXCELENTE para aguas de Uso Recreacional, según la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) de los Estados Unidos mediante el método gráfico, resultado similar según el método lcatest V 1.0 que determinan un resultado de BUENA.

- La concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cd) es nula, resultado similar se observa en el documento realizado por la empresa Luz del Sur, a través de la consultora ambiental MWH y mediante laboratorios CORPLAB SAC para el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Central Hidroeléctrica Santa Teresa II", (ausencia de dichos metales), ratificándose que dichas aguas son APTOS para Uso Recreacional de uso primario y secundario, según lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para este tipo de uso.
- Según Barrionuevo. (2004). concluye que todas las fuentes termales existentes en la región Cusco, incluidas el balneario de Cocalmayo tienen propiedades medicinales, las cuales se utilizan para el tratamiento de enfermedades artríticas, hepáticas, renales y enfermedades del sistema nervioso, lo propio es afirmado por los bañistas que vienen asistiendo intensamente al balneario de Cocalmayo.

## CONCLUSIONES

1. El Índice de Calidad Sanitaria del Balneario de Cocalmayo, demuestra que las piscinas del Balneario de Cocalmayo muestra un estado de **REGULARMENTE SALUDABLE** con un puntaje de 0.66 puntos.
2. Los factores fisicoquímicos de las aguas termales de la fuente de abastecimiento se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de uso recreacional, considerándose **APTO** para uso recreacional de contacto primario y secundario.
3. Se observa ausencia de bacterias coliformes en la fuente de abastecimiento termal del balneario de Cocalmayo, y en las piscinas se registran presencia de coliformes totales y termotolerantes según la metodología del NMP/100 mL, los cuales se encuentran por debajo de los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de Uso Recreacional, considerándose **APTOS** para uso recreacional de contacto primario y secundario.
4. El Índice de Calidad de Agua (ICA) de las aguas termales de Cocalmayo, a través del método gráfico utilizado y el método del software ICATEST V1.0 registra valores de 77.16 y 72.73 respectivamente, indicando una calificación cualitativa de **EXCELENTE** para aguas de uso Recreacional (método gráfico) y una calificación cualitativa de **BUENA** (método Software Ictest v 1.0).
5. La concentración de metales pesados en la fuente de abastecimiento termal, mercurio (Hg), plomo (Pb) y Cadmio (Cd), es nula y por lo tanto se considera **APTO** para uso recreacional según la legislación nacional vigente.

## RECOMENDACIONES

- ✓ A través de la municipalidad distrital de Santa Teresa realizar las gestiones y estudios necesarios para la obtención de Licencia de uso de agua con fines recreacionales del balneario de Cocalmayo y así acogerse a lo exigido por ley de recursos hídricos, del mismo modo realizar las gestiones necesarias para la obtención de autorizaciones sanitarias para uso recreativo.
- ✓ Por la concurrida afluencia de turistas al distrito de Santa Teresa, se recomienda continuar realizando estudios de investigación sobre calidad de aguas de los diferentes cuerpos de aguas presentes en el distrito.
- ✓ El personal encargado de realizar la limpieza y desinfección del balneario de Cocalmayo requiere mayor capacitación y la dotación de equipos de protección personal para cumplimiento idóneo de sus funciones.
- ✓ Exigir fiel cumplimiento a los diferentes turistas sobre los reglamentos del balneario para así mejorar la calidad higiénica y el orden en los bañistas.
- ✓ Realizar estudios sobre calidad de suelos de la zona de Cocalmayo con la finalidad de evitar los constantes derrumbes y su pronta intervención en lo referente por parte de autoridades del distrito.
- ✓ Por su estrecha cercanía al río Vilcanota, realizar las construcciones de defensa ribereña o similar para así salvaguardar la integridad de balneario de Cocalmayo.
- ✓ A través de autoridades del distrito, realizar campañas de desratización y fumigación en aledaños al balneario, así mismo realizar el monitoreo constante de calidad de aguas en las piscinas.
- ✓ Realizar estudios detallados sobre la flora y fauna del distrito de Santa Teresa y su promoción como destino eco turístico.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Aznar, A. (2000). "Determinación de los Parámetros Físico-Químicos de Calidad de las Aguas", Instituto Tecnológico de Química y Materiales: Álvaro Alonso Barba, Universidad Carlos III, Madrid, España.
2. APHA-AWA-WPCF. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Pollution Control Federation (WPCF) de los Estados Unidos de América (2000). Métodos normalizados para el análisis físicoquímico y bacteriológico de aguas. Edic. Díaz de Santos S.A España.
3. Armiejo-Valenzuela M. y San Martín J. (1994) "Clasificación de las aguas mineromedicinales".
4. Balairón, L. (2002). "Gestión de Recursos Hídricos", Universidad de Catalunya, Barcelona, España.
5. Barionuevo, Y. (2004) "La explotación de las aguas minero termales con fines turísticos".
6. Brown, R., McDelland, N., Deininger, R. and Tozer, R. (1970). "A Water Quality Index – Do We Dare?", Water And Sewage Works, United States.
7. Canter, L.W. (1996). "Environmental Impact Assessment", Ed. McGraw-Hill. United States, p.122–133.
8. Cárdenas, E.V. UNSAAC (2010) "Evaluación Sanitaria Ambiental de las piscinas públicas de la ciudad de Quillabamba- La Convención.
9. Castany, G. (1984) "Las aguas Termo minerales Editorial Omega. Barcelona. España".
10. Castro, C., Londoño, J. y Morales, J. (2004). "Efecto de los Metales Pesados Cadmio Y Niquel sobre la Producción de Metano de un Lodo a Escala de Laboratorio", Universidad de Antioquia, Antioquia, Colombia.
11. CEPIS.OPS/OMS. (1999). Control de contaminación del agua. Impreso: CEPIS. Lima- Perú.
12. Cornelis, R., M. Nordberg. (2007) General Chemistry, Sampling, Analytical Methods, and Speciation. Handbook on the toxicology of metals. Metales Pesados: Importancia Y Analisis
13. Corey, G. (1992) "Efectos para la Salud por el Plomo", Organización Panamericana de la Salud.
14. Das, K., Debacker, V., Pillet, S. et al. (2003). "Heavy Metals in marine mammals". London, UK.
15. Estándares Nacionales de Calidad de Agua (ECA) D.S. N° 002-2008 - MINAM.
16. ESTACIÓN METEOROLÓGICA UNSAAC- filial Quillabamba, (2015).
17. Fernández, N. y Solano, F. (2008) "Índices de Calidad y Contaminación del Agua", Pamplona España.
18. FLORES.C.D y COL. (2006). "Contaminación de Aguas Recreacionales termales en el departamento de Cusco". Facultad de Ciencias Biológicas. UNSAAC.
19. Fundación Nacional de Sanidad - NSF de los Estados Unidos (1970).
20. Guía de muestreo de agua. (2004). CEPIS/OPS, Lima-Perú.
21. Huamani, y Steinmuller. (2000). Aguas termales y minerales en el norte y centro del Perú, Bolet. INGEMMET.
22. Huamani A. INGEMMET (2001) Boletín N° 24 "Aguas termales y minerales en el sur oriente del Perú"
23. Huamani, A. y Valenzuela, G. (2003). Aguas Termales y Minerales en el oriente central del Perú, serie D. Boletín N° 25. Ed. INGEMMET, Lima.
24. IARC (1992) Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer. Solar and Ultraviolet Radiation. On the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Lyon:
25. INEI (2007) Censo Nacional de Población y Viviendas.
26. INNOVITA (2009) Health Through real innovation "Metales pesados: El asesino silencioso".
27. Directiva Sanitaria N° 033 – MINS/DIGESA – V01 (2010).
28. INGEMMET (2010) "Las fuentes termales en el Perú, estado y uso actual".
29. International Energy Consulting - IEC (2013), "El impacto del Proyecto Santa Teresa II sobre los baños termales de Cocalmayo, Santa Teresa, Cusco".
30. Jimeno, E. (1998). "Análisis de aguas y desagües", UNI, Lima, Perú.

31. Kiely, G. (1999). Ingeniería Ambiental. (Prólogo). Mc Graw Hill/Interamericana de España. S.A.U. España.
32. La Torre, L. y Luna, K. UNSAAC (2014), "Índice de calidad de agua y nivel de metales pesados del río Azaña, Quispicanchi – Cusco".
33. León, L. (2003). "Índices de Calidad del Agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala", Instituto Mexicano de tecnología del agua, México.
34. Ley General de Aguas. Decreto Legislativo N° 17752. D.S007-83
35. Legislación Sanitaria, (1990).
36. Lenntech (2006) "Purificación del agua y tratamiento del aire".
37. Ley de recursos hídricos, Ley N° 29338 (2009).
38. Luz del Sur–MWH (2015). Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Central Hidroeléctrica Santa Teresa II"
39. McCutcheon, C., Martín, L. and Barnwell, I. O. (1992). "Water Quality in Maidment, Handbook of Hydrology", McGraw-Hill, New York, United States.
40. MINCETUR (2005) / Dirección de desarrollo de producto turístico, "Fuentes de aguas minero medicinales.
41. Ministerio de comercio exterior y turismo – Prom Perú (2012). "Estimación de arribos turísticos a Machu Picchu
42. Mitchell, M., Stapp, W. y Bixby, K. 1991. "Manual de Campo de Proyecto del Río: Una Guía para Monitorear la Calidad del Agua en el Río Bravo", 2ª ed, Proyecto del Río NET México, Estados Unidos.
43. Moura, F. *et al.* (2005) "Desafío del derecho humano al agua en el Perú", 2da. ed.
44. Municipalidad Distrital de Santa Teresa, (2013) PIP "Mejoramiento de los servicios turísticos en el tramo Santa María La Antigua - Cocalmayo, distrito de Santa Teresa – La Convención - Cusco"
45. Municipalidad distrital de Santa Teresa, (2015) PIP "Creación de los servicios de información y regulación para el uso sostenible y la ocupación ordenada del distrito de Santa Teresa, La Convención, Cusco"
46. Municipalidad distrital de Santa Teresa (2015), Oficina de Rentas, Turismo, OMSABA.
47. Municipalidad distrital de Santa Teresa (2013), PIP "Mejoramiento de los Servicios Turísticos en el tramo Santa María la Antigua - Cocalmayo, Distrito de Santa Teresa – La Convención - Cusco"
48. Municipalidad Distrital de Santa Teresa, (2015) PIP "Instalación del servicio de Zonificación Ecológica, Económica y Ordenamiento Territorial en el distrito de Santa Teresa, La Convención, Cusco"
49. Ojeda, K. UNSAAC (2008). "Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas minero medicinales de San Pedro y San Pablo de la Provincia de Canchis, Cusco"
50. OPS-OMS. (1985), "Guías para la calidad de agua potable y saneamiento ambiental". publicación científica N° 481, Washington. OPS/OMS. México,
51. Ott, W.R. (1978). "Environmental Indices: Theory and Practice", United States.
52. PAZ. L.R. (1999). "Contaminación bacteriana de las aguas termales La Raya-Aguas Calientes (distrito de Marangani) y su prevalencia en el río Vilcanota". Tesis al título profesional de Biólogo - UNSAAC.
53. Perez, G. (2012) "Los efectos del cadmio en la salud" Rev Esp. Méd. Quir.
54. Perry J, Manual del Ingeniero Químico, (1992) México, Mc Graw Hill.
55. Pinuaga J. Instituto Tecnológico Geo minero de España "Infraestructura Hidrotermal".
56. Pontificia Universidad Católica Del Perú (2006), "Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termominerales del Callejón de Huaylas"
57. Prescott, L., M., Harley, J. P. y Klein, 1999. "Microbiología", Graw Hill- Interamericana de España.
58. Ramírez, A. y Viña, G. (1998). "Limnología Colombiana Aportes a su Conocimiento y Estadística de Análisis", 1ª ed., Fundación Universidad de Bogotá: Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.
59. Rheinheimer G, (1987) Microbiología del agua, Microorganismos e impurificación del agua.
60. RODRIGUEZ, S. (2000) "Gestión y técnicas básicas del saneamiento ambiental para el fortalecimiento de las comunidades

- organizadas". Editorial Fotonito América Ltda. Bogotá-Colombia.
61. Sans, R. (1999). "Ingeniería Ambiental, Contaminación y Tratamiento", Ed. Alfa Omega, España.
  62. Schoeller H. (1962) "Les eaux souterraines". Ed. Masson, Paris.
  63. Silva, L. UNSAAC (2010), "Evaluación de los cuerpos lenticos del Parque Nacional del Manu"
  64. Steinmuler, K. y Zavala, B. (1997) "Hidrotermalismo en el sur del Perú, serie D. Boletín N° 18. Ed. INGEMMET, Lima.
  65. Steinmuler, K. y Nuñez, S. (1998) "Hidrotermalismo en el sur del Perú (Sector Cailloma – Puquio)", serie D. Boletín N° 19. Ed. INGEMMET, Lima.
  66. Steinmuler, K. y Huamani, A. 1999. "Aguas Termales y Minerales em el Centro del Peru", serie D. Boletín N° 21. Ed. INGEMMET, Lima.
  67. USCAMAYTA L.A. (1999). "Búsqueda de amebas de vida libre Naepleria, Acantamoeba en Aguas Calientes-La Raya, aguas termales y geomedicinales". Seminario curricular, Facultad de Ciencias Biológicas UNSAAC.
  68. Tebbutt, T. (1994). "Fundamentos de control de la calidad de agua", 3ª ed, Ed. Limusa, México.
  69. Torres, F. (2009). "Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para Ríos en Puerto Rico"
  70. Tortora G, Berdell R. Funke, Christine L. Case (2007)Ed. Médica Panamericana.
  71. Urbani F. (1991) "Geotermia en Venezuela". Ed. GEOS, No. 31, 1-347,
  72. USEPA (2012) (United States Environmental Protection Agency: Agenc de Protec. del Medio Amb. de Estados Unidos).
  73. Vaquero y Toxqui. (2012). "Agua para la Salud, Pasado, Presente y Futuro", Ed. CSIC, España.
  74. Vargas y Cruz, INGEMMET (2010) " Las fuentes termales en el Perú, estado y uso actual"- "XV Congreso Peruano de Geología"
  75. YUPANQUI. E. PUCP (2006), "Análisis fisicoquímico de fuentes de aguas termominerales del Callejón de Huaylas".
  76. Zapata Valle, R. (1973), INGEMMET "Aguas Minerales del Perú", segunda parte, Bolet. N° 21.

### **Biblioteca virtual.**

- Chuquisengo. R. en "El Agua". Consultado en <http://www.monografias.com/trabajos16/agua/agua.shtml>.
- Lenntech. 2006. de Agua residual y purificación del aire. Consultado en <http://www.lenntech.es/biblioteca/>.
- Arosa S. y Hernando R. de XTEC, Xarxa Telemática Educativa de Catalunya. Consultado en [www.ionesenaqua.com](http://www.ionesenaqua.com).
- D.S. N°: 002-2008-MINAM de Estándares de Calidad Ambiental. Consultado en [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. Censo Nacional XI de Población y VI de Vivienda – 2007 [en línea]. Consultado en <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>.
- Ministerio de Educación - España: "Proyecto Biosfera". Consultado en <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/micro/contenidos11.htm>
- (<http://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs>).
- (<http://www.epa.gov/iris/subst/0370.htm>).
- (<http://www.genciencia.com/medio-ambiente/el-desastremiamata>)
- (<http://www.wikipedia.com/itai-ltai/contaminacionporcadmio>)
- ([www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe))
- (<http://www.SENAMHIPERU.com/reporteclimatico>) (2014)
- <http://www.MINAG2006/intencionesdesiembraLaConvencion>.

# **ANEXOS**

## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO 01:** Resultados de Análisis Bacteriológico de la fuente de abastecimiento y piscinas del balneario de Cocalmayo, Lab. Biología - UNSAAC – Cusco.

**ANEXO 02:** Resultados de Análisis Fisioquímico de la Fuente de abastecimiento de Cocalmayo, QUIMICA LAB - Cusco.

**ANEXO 03:** Resultados de Análisis de agua termal de la Fuente de abastecimiento de Cocalmayo - MWH laboratorios CORPLAB.

**ANEXO 04:** Calculo de Índice de Calidad de Agua – Método Grafico

**ANEXO 05:** Gráficos de los Estándares de Índice de Calidad de Agua – Método Grafico.

**ANEXO 06:** Calculo de Índice de Calidad de Agua – Método ICATEST V 1.0

**ANEXO 07:** Estándares Nacional de Calidad Ambiental del Agua. D.S. 002 – 2008 MINAM

**ANEXO 08:** Resultados de Analisis de Calidad de aire en Cocalmayo, MWH Laboratorios CORPLAB.

**ANEXO 09:** Resultados de Analisis de Suelos en Cocalmayo, MWH.

**ANEXO 10:** Registro Fotográfico

## ANEXO N° 01

### **Resultados de Análisis Bacteriológico en la fuente de abastecimiento y piscinas de Cocalmayo – Lab. Biología - UNSAAC – Cusco.**

- **Resultados de análisis - mes de Mayo 2015.**

- APARTADO POSTAL  
N° 921 - Cusco - Perú
- FAX: 238156 - 238173 - 222512
- RECTORADO  
Calle Tigre N° 127  
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398
- CIUDAD UNIVERSITARIA  
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226
- CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210  
243835 - 243836 - 243837 - 243838
- LOCAL CENTRAL  
Plaza de Armas s/n  
Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015
- MUSEO INKA  
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
- CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA  
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
- COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"  
Av. De la Cultura N° 721  
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS TERMALES (SUBTERRANEA)**

**LUGAR : COCALMAYO**  
**DISTRITO : SANTA TERESA**  
**PROVINCIA : LA CONVENCION**  
**DEPARTAMENTO : CUSCO**  
**SOLICITANTE : BACH. ROLANDO CENTENO**  
**FECHA DE MUESTREO : 12-05-2015**  
**FECHA DE CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS: 15 -05-2015**

**RESULTADOS**

Puntos de Muestreo	NMP de Coliformes Totales / 100 ml.	NMP de Coliformes Termotolerantes (Fecales)/100 ml
M1.- FUENTE 1	<1.8	<1.8
M2.- FUENTE 2	<1.8	<1.8
M3.- POZO 01 (antes de ser utilizado por los bañistas)	2.0	<1.8
M4.- POZO 02 (antes de ser utilizado por los bañistas)	<1.8	<1.8
M5.- POZO 03 (antes de ser utilizado por los bañistas)	14	2.0
M6.- POZO 01 (en el momento de ser utilizado por los bañistas)	14	4.0
M7.- POZO 02 (en el momento de ser utilizado por los bañistas)	17	12
M8.- POZO 03 (en el momento de ser utilizado por los bañistas)	21	20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 EL FEDATARIO que suscribe autentica que el presente documento es COPIA FIEL DEL ORIGINAL, de lo que doy fe.  
 04 ENE 2016  
 Sr. Víctor Morales Pareja  
 FEDATARIO REG. Nº R-0288-2015-UNSAAC  
 PARA USO EXCLUSIVO EN LA UNSAAC

- APARTADO POSTAL  
N° 921 - Cusco - Perú
- FAX: 238156 - 238173 - 222512
- RECTORADO  
Calle Tigre N° 127  
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398
- CIUDAD UNIVERSITARIA  
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226
- CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210  
243835 - 243836 - 243837 - 243838
- LOCAL CENTRAL  
Plaza de Armas s/n  
Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015
- MUSEO INKA  
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
- CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA  
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
- COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"  
Av. De la Cultura N° 721  
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

**METODOLOGIA:**

Para el análisis bacteriológico se utilizó el Método del Número Más Probable (NMP), aprobada por el American Public Health Association, APHA, AWW, WEF. 2012. Standard methods for examination of water & wastewater, 22nd Edition.

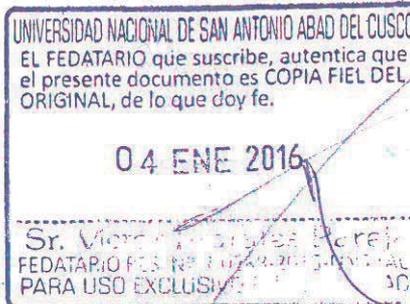
**CONCLUSIÓN:**

En el análisis Bacteriológico de las muestras M1, M2, se encuentran ausentes tanto de Coliformes Totales como de Coliformes Termotolerantes, en M3 ausencia de Coliformes Termotorantes, M4 ausencia para ambos, en cambio en las muestras M5, M6, M7 y M8, presentan Coliformes Totales como Termotolerantes, debiéndose en el momento de la toma de muestra la presencia de bañistas, contaminando con Enterobacterias, que son bacterias patógenas que se encuentran en los intestino grueso de los humanos, siendo una contaminación de origen fecal. De acuerdo a los parámetros establecidos por el ICA estos valores se encuentran dentro de los estándares establecidos para aguas de recreación.

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

*Dra. Hedy Y. Espinoza Carrasco*  
DOCENTE DEL ÁREA DE MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA

Laboratorio de Control de Calidad de Aguas  
Y Alimentos



## ANEXO N° 02

### **Resultados de Análisis Físicoquímico de la Fuente de abastecimiento de Cocalmayo - QUIMICA LAB - Cusco.**

- **Resultados de análisis - mes de Mayo 2015.**

# QUIMICA LAB - CUSCO

DE: ING. MARIO CUMPA CAYURI  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES: AGUAS, SUELOS, MEDIO  
AMBIENTE Y SERVICIOS A FINES  
RUC N° 10238409077 – TELF 271966 COVIDUC A4 – CEL: 984687752

## INFORME N° LQ 0039-15 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA

Solicita : **Bach. Rolando Centeno Terán**

Muestra : Aguas Termales (subterráneo)  
Sector : Cocalmayo  
Distrito : Santa Teresa.  
Provincia : La Convención.  
Departamento : Cusco.  
Fecha : 24/05/15

DETERMINACIONES		Resultado
Plomo	mg/L	0.00
Mercurio	mg/L	0.000
Cadmio	mg/L	0.00

**MÉTODOS DE ANÁLISIS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).



*Mario Cumpa Cayuri*  
**Ing. Mario Cumpa Cayuri**  
Reg. CIP. 16188  
CONSULTOR AMBIENTAL DRE: GR-CUSCO  
CATEGORIA I Y II



# QUIMICA LAB - CUSCO

DE: ING. MARIO CUMPA CAYURI  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES: AGUAS, SUELOS, MEDIO  
AMBIENTE Y SERVICIOS A FINES  
RUC N° 10238409077 – TELF 271966 COVIDUC A4 – CEL: 984687752

## INFORME N° LQ 0039-15 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA

Solicita : **Bach. Rolando Centeno Terán**

Muestra : Aguas Termales (subterráneo)

Sector : Cocalmayo

Distrito : Santa Teresa.

Provincia : La Convención.

Departamento : Cusco.

Fecha : 24/05/15

DETERMINACIONES		Resultado
Dureza Total	mg/L	170
Alcalinidad Total	mg/L	145
Acidez Total	mg/L	11
Cloruros	mg/L	160
Sulfatos	mg/L	20
pH	unidad pH	7.1
Conductividad Eléctrica	µS/cm	850
Turbidez	NTU	1
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.9
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	1
Sólidos Totales	mg/L	520
Nitratos	mg/L N	0.03
Nitritos	mg/L	0.0
Fosfatos	mg/L P	0.2

**MÉTODOS DE ANÁLISIS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

  
*Mario Cumpa Cayuri*  
Ing. Mario Cumpa Cayuri  
Reg. CIP. 16188  
CONSULTOR AMBIENTAL DREM-GR-CUSCO  
CATEGORIA I Y II



## ANEXO N° 03

**Resultados de Análisis de agua termal (Fisicoquímico –  
Bacteriológico) de la Fuente de abastecimiento de  
Cocalmayo, MWH - laboratorios CORPLAB.**

Estación	Fecha	COC1		ECA - MINAM
		23-mar-15		Categoría 1 (B1)
				Contacto Primario
<b>Parámetros de Campo</b>				
pH	u.e.	7.02		6 – 9 (2,5)
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1216		--
Temperatura	°C	41.4		--
O2 Disuelto	mg/l	6.24		>= 5
<b>Parámetros Físicoquímicos</b>				
Bicarbonatos	mg/L CaCO3	194		--
Carbonatos	mg/L CaCO3	< 5.00		--
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	747		--
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	mg/L	< 2.00		--
<b>Parámetros Inorgánicos (Aniones)</b>				
Cloruros	mg/L	241		--
Fluoruros	mg/L	1.22		--
Sulfatos	mg/L	37.6		--
Sulfuros	mg/L	< 0.03		0.05
Cianuro Libre	mg/L	< 0.002		0.022
Cianuro WAD	mg/L	< 0.016		0.08
Fosfatos	mgP-PO4	0.0631		--
Clorofila A	mg/L	< 0.005		--
Nitratos	mg/L N-NO3	0.72		10
Nitritos	mg/L N-NO2	0.0005		1 (5)
<b>Parámetros Orgánicos</b>				
DBO5	mg/L	< 1.07		5
DQO	mg/L	8.8		30
Aceites y Grasas	mg/L	< 1.00		Ausencia de Película Visible
Fenoles	mg/L	< 0.001		--
Detergentes Aniónicos	mg/L	< 0.02		0.5
<b>Parámetros Microbiológicos</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	< 1.8		1000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	< 1.8		200
Escherichia coli	NMP/100 ml	< 1.8		Ausencia
Enterococos Termotolerantes	NMP/100 ml	< 1.8		200
Salmonella	P-A/2 L	Ausencia		0
Vibrio Cholerae	P-A/2 L	Ausencia		Ausencia
Huevos Helmintos	Huevos/L	<1		--
<b>Metales Disueltos</b>				
Aluminio Disuelto	mg/L	< 0.032		--
Antimonio Disuelto	mg/L	< 0.0007		--
Arsénico Disuelto	mg/L	0.1248		--
Bario Disuelto	mg/L	0.0305		--
Berilio Disuelto	mg/L	< 0.0005		--
Boro Disuelto	mg/L	2.09		--
Cadmio Disuelto	mg/L	< 0.0024		--
Calcio Disuelto	mg/L	43.9		--
Cobalto Disuelto	mg/L	< 0.0066		--
Cobre Disuelto	mg/L	< 0.0036		--
Cromo Disuelto	mg/L	< 0.0028		--
Estaño Disuelto	mg/L	< 0.035		--
Estroncio Disuelto	mg/L	1.021		--
Fósforo Disuelto	mg/L	< 1.60		--
Hierro Disuelto	mg/L	< 0.04		--
Litio Disuelto	mg/L	0.994		--
Magnesio Disuelto	mg/L	5.55		--
Manganeso Disuelto	mg/L	0.012		--
Mercurio Disuelto	mg/L	0.00016		--
Molibdeno Disuelto	mg/L	< 0.012		--
Níquel Disuelto	mg/L	< 0.0063		--
Plata Disuelta	mg/L	< 0.0039		--
Plomo Disuelto	mg/L	< 0.01		--
Potasio Disuelto	mg/L	15		--
Selenio Disuelto	mg/L	< 0.0014		--
Silice Disuelto	mg/L	97.2		--
Sodio Disuelto	mg/L	163		--
Talio Disuelto	mg/L	< 0.15		--
Titanio Disuelto	mg/L	< 0.0042		--
Vanadio Disuelto	mg/L	0.0281		--

Estación	Fecha	COC1	ECA - MINAM	
			Categoría 1 (B1)	
		23-mar-15	Contacto Primario	
Zinc Disuelto		mg/L	< 0.14	--
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total		mg/L	< 0.032	0.2
Antimonio Total		mg/L	< 0.0007	0.006
Arsénico Total		mg/L	0.1366	0.01
Bario Total		mg/L	0.0318	0.7
Berilio Total		mg/L	< 0.0005	0.04
Boro Total		mg/L	2.1	0.5
Cadmio Total		mg/L	< 0.0024	0.01
Calcio Total		mg/L	44.6	--
Cobalto Total		mg/L	< 0.0066	--
Cobre Total		mg/L	< 0.0036	2
Cromo Total		mg/L	< 0.0028	0.05
Estaño Total		mg/L	< 0.035	--
Estroncio Total		mg/L	1.0757	--
Fósforo Total		mg/L	< 1.60	--
Hierro Total		mg/L	0.05	0.3
Litio Total		mg/L	1.000	--
Magnesio Total		mg/L	5.61	--
Manganeso Total		mg/L	0.019	0.1
Mercurio Total		mg/L	0.00032	0.001
Molibdeno Total		mg/L	< 0.012	--
Niquel Total		mg/L	< 0.0063	0.02
Plata Total		mg/L	< 0.0039	0.01
Plomo Total		mg/L	< 0.01	0.01
Potasio Total		mg/L	15	--
Selenio Total		mg/L	< 0.0014	0.01
Silice Total		mg/L	98.2	--
Sodio Total		mg/L	167	--
Talio Total		mg/L	< 0.15	--
Titanio Total		mg/L	< 0.0042	--
Vanadio Total		mg/L	0.0284	0.1
Zinc Total		mg/L	< 0.14	3
Cromo Hexavalente		mg/L	< 0.008	0.05
<b>Plaguicidas</b>				
Aldrin (SP)		µg/L	< 0.01	--
Clordano		µg/L	< 0.01	--
o.p-DDT		µg/L	< 0.01	--
P.p-DDT		µg/L	< 0.01	--
Dieldrin (SP)		µg/L	< 0.01	--
Endrin		µg/L	< 0.01	--
Endosulfan I		µg/L	< 0.01	--
Endosulfan II		µg/L	< 0.01	--
Endosulfan Sulfato		µg/L	< 0.01	--
Heptacloro (SP)		µg/L	< 0.01	--
Lindano		µg/L	< 0.01	--
Paration Etil		µg/L	< 0.01	--
Paration Metil (SP)		µg/L	< 0.01	--
Aldicarb		µg/L	< 0.03	--
<b>Nota:</b>				
u.e Unidad Estándar de pH.				
"<" Valor por debajo del límite de cuantificación del método del laboratorio.				
"--" Indica que no hay lineamiento para ese parámetro.				
Una celda con fondo amarillo indica que el valor se encuentra por encima ECA Categoría 1.				
<b>Fuente:</b>				
Estándares de Calidad de Ambiental para Agua (DS N°002-2008-MINAM) - para la Categoría 1 (B1) (Aguas superficiales destinadas a recreación).				

## ANEXO N° 04

### Calculo de Índice de Calidad de Agua – Método Grafico.

**Distrito:** Santa Teresa

**Balneario:** Cocalmayo

**Punto de muestreo:** Origen

**Estación:** Estiaje

**Resultado:** 77.16

**Puntaje:** Bueno

**Color:** Verde

Parámetros	Resultado	Valor de qi	wi	TOTAL
OD (% Saturación)	77 %	73	0.17	12.41
Coliformes fecales (col/100ml)	1	98	0.16	15.68
pH	7.1	90	0.11	9.9
DBO (mg/l)	1	93	0.11	10.23
Temperatura (C)	23	9	0.10	0.9
Fosfato total (mg/l)	0.2	90	0.10	9.0
Nitratos (mg/l)	0.03	92	0.10	9.2
Turbidez (NFT)	1	95	0.08	7.6
Solidos totales (mg/l)	520	32	0.07	2.24
<b>RESULTADO ICA</b>				<b>77.16</b>

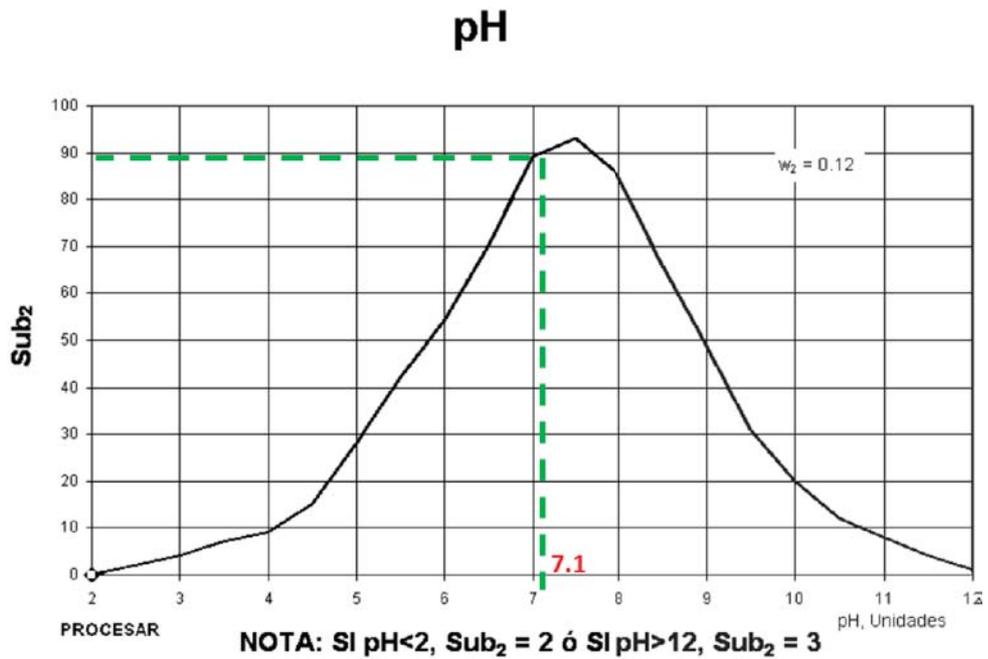
Calidad del Agua	Rango ICA	Color
Muy malo	0 – 25	Rojo
Malo	26 – 50	Naranja
Medio	51 – 70	Amarillo
Bueno	71 – 90	Verde
Excelente	91 - 100	Azul

# ANEXO N° 05

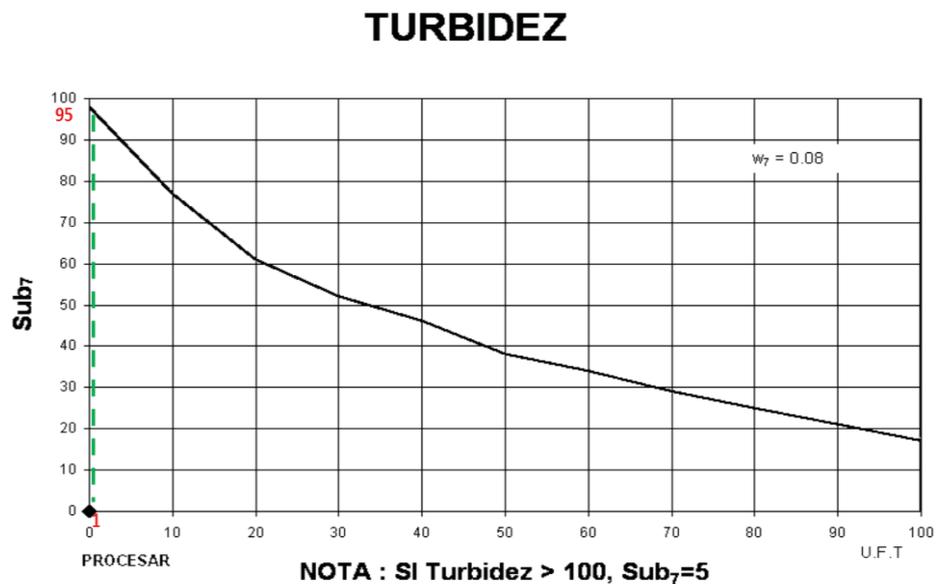
## Gráficos de los Estándares de Índice de Calidad de Agua – Método Grafico.

GRAFICOS ESTANDARIZADOS PARA DETERMINACION DE INDICE DE CALIDAD DE AGUA:

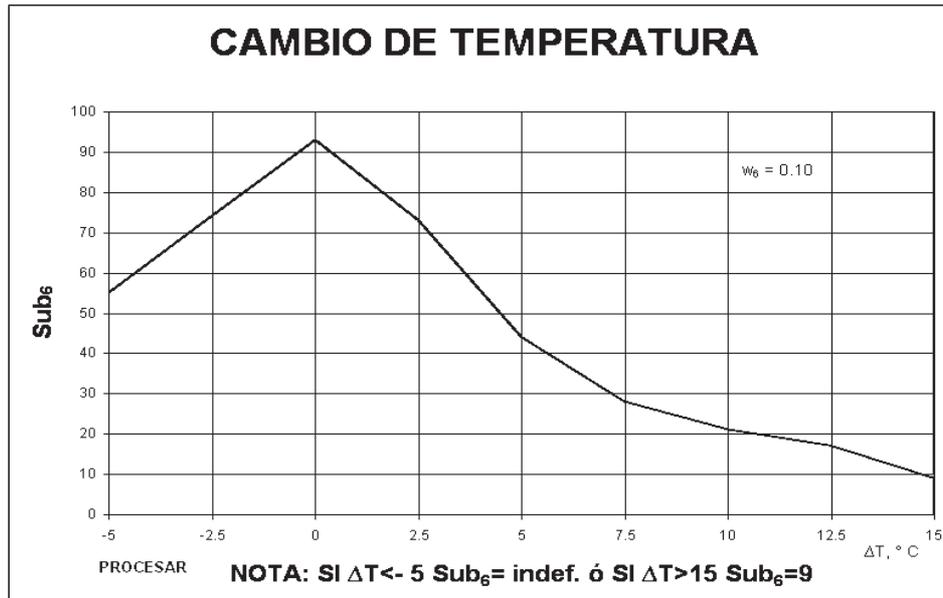
### 1.- pH



### 2.- Turbiedad



### 3.- Temperatura



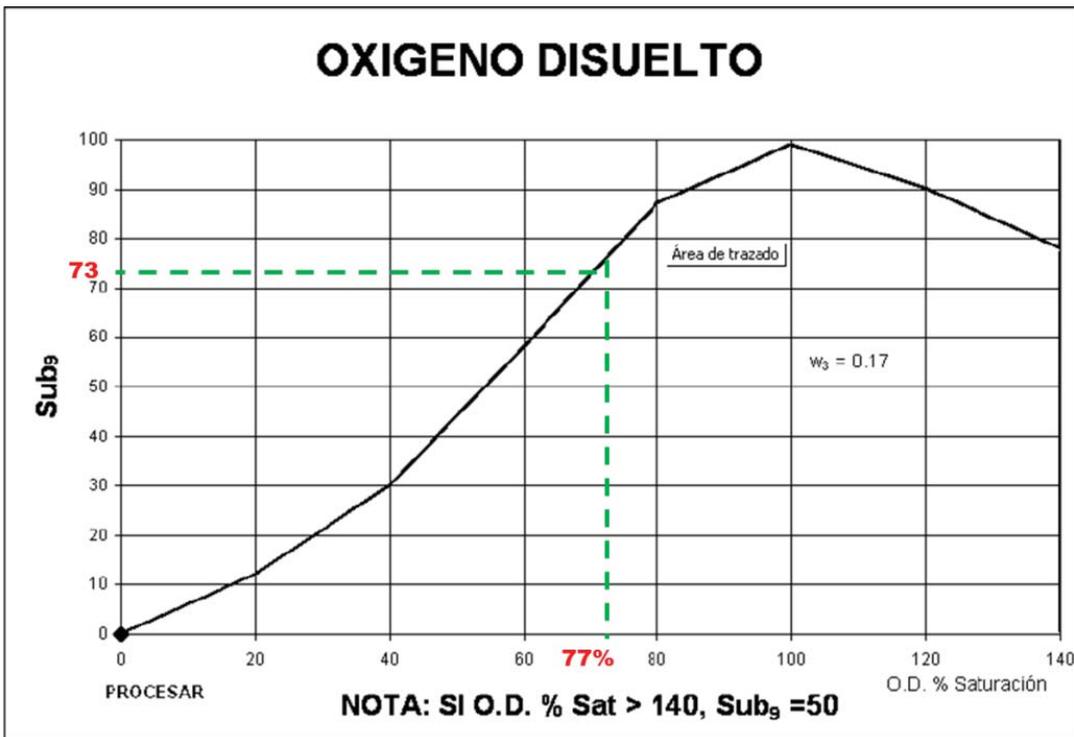
### 4.- Oxígeno Disuelto:

Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L
23	8.56	34	7.05
24	8.4	35	6.93
25	8.24	36	6.82
26	8.09	37	6.71
27	7.95	38	6.61
28	7.81	39	6.51
29	7.67	40	6.41
30	7.54	41	6.31
31	7.41	42	6.22
32	7.28	43	6.13
33	7.16	44	6.04

*Tabla HI-P-2: Valores de Calibración de D*

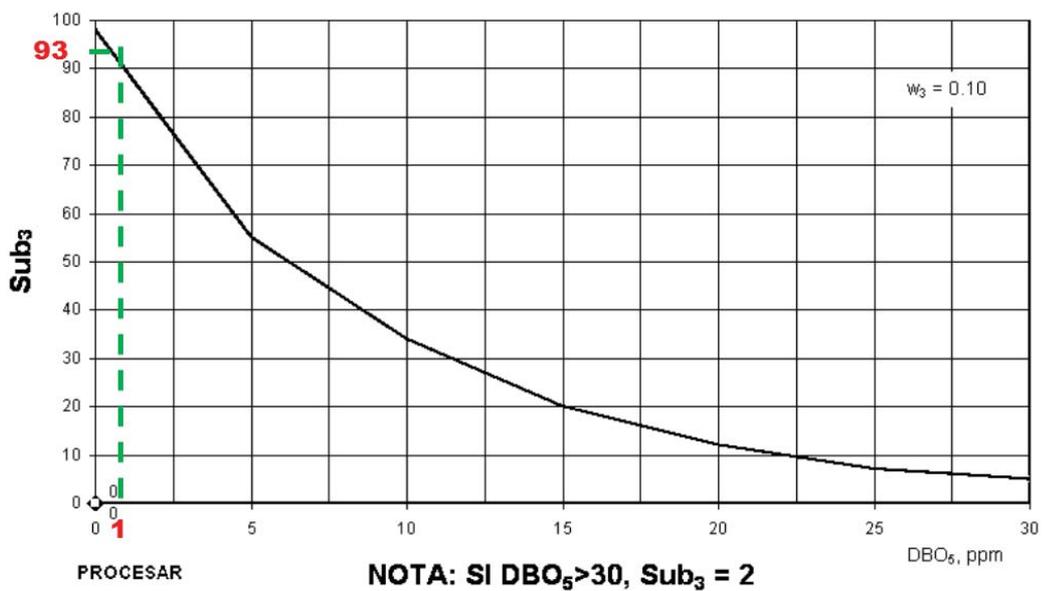
Presión mm Hg	Presión kPa	elevación m	valor de calibración %
768	102.3	-84	1.01
760	101.3	0	1.00
752	100.3	85	0.99
745	99.3	170	0.98
737	98.8	256	0.97
730	97.3	343	0.96
722	96.3	431	0.95
714	95.2	519	0.94
707	94.2	608	0.93
699	93.2	698	0.92
692	92.2	789	0.91
684	91.2	880	0.90
676	90.2	972	0.89
669	89.2	1066	0.88
661	88.2	1160	0.87
654	87.1	1257	0.86
646	86.1	1350	0.85
638	85.1	1447	0.84

$6.1 \times 0.83 = 5.06 \text{ mg/l}$ 
➔
 $5.06 \text{ mg/l} \dots\dots\dots 100\%$ 
➔
 $3.9 \text{ mg/l} \dots\dots\dots X\%$ 
➔
**X = 77.07%**



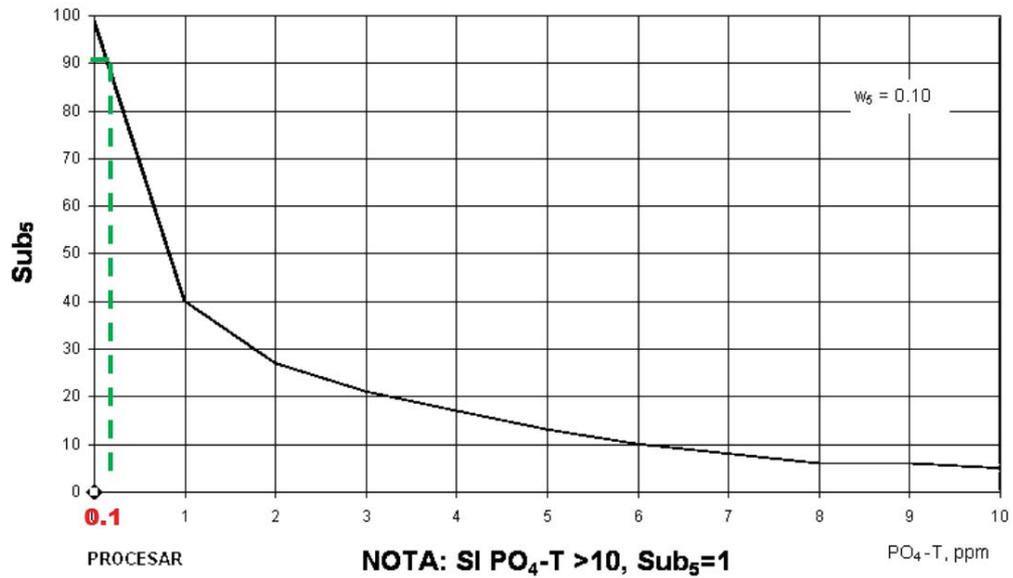
#### 5.- DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO - DBO<sub>5</sub>:

### DBO<sub>5</sub>



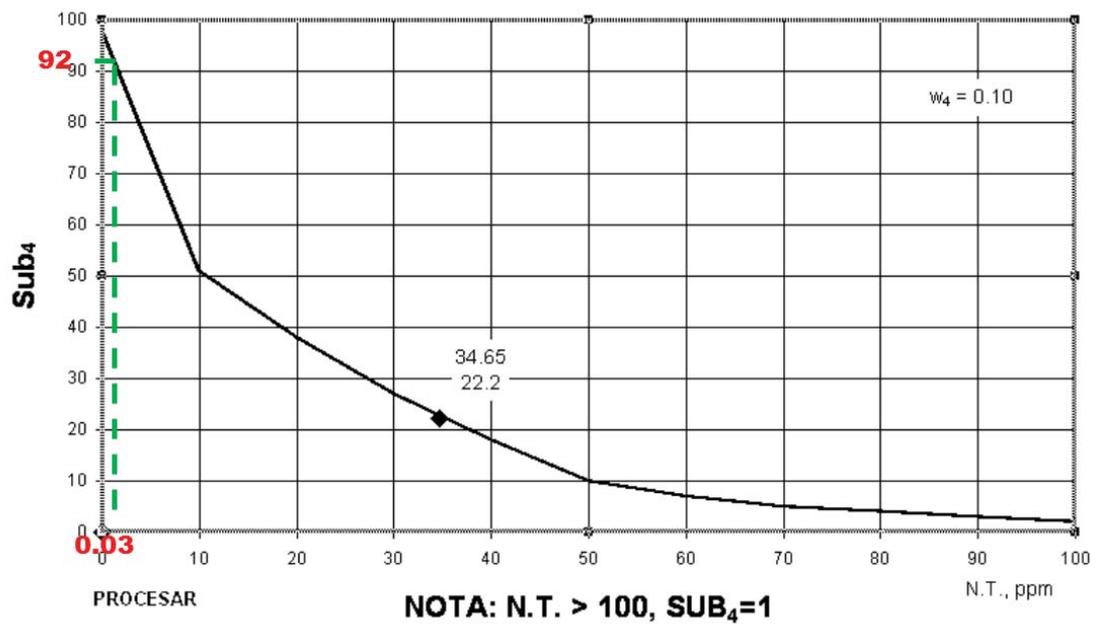
## 6.- Fosfatos:

### FOSFATOS

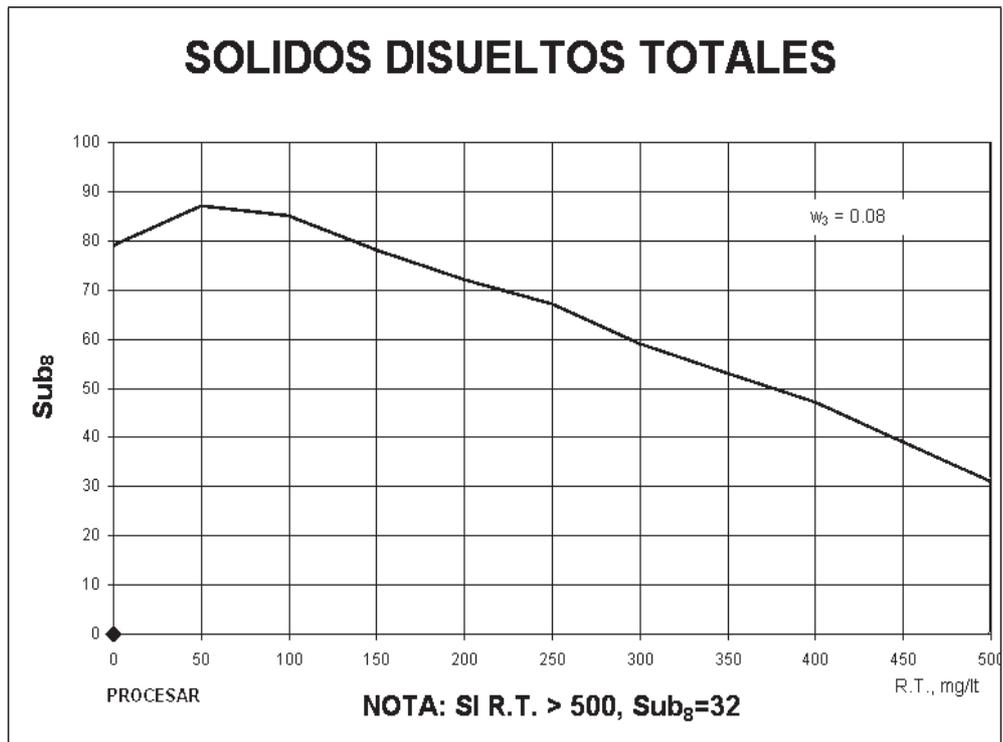


## 7.- Nitratos:

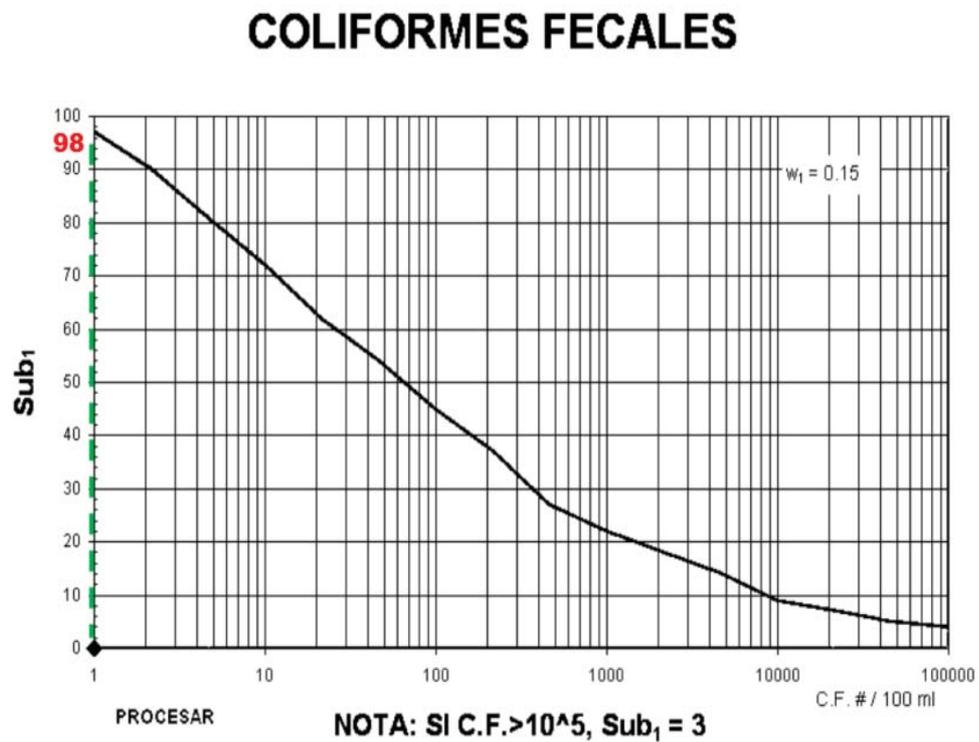
### NITRATOS



### 8.- Solidos Totales:



### 9.- Coliformes Fecales:



# ANEXO N° 06

## Calculo de Índice de Calidad de Agua – Método ICATEST V 1.0

ICATest v1.0



Menú principal    Historial    Ayuda    Acerca de...    Salir

Guardar Archivo

Cargar Archivo

Exportar reporte

Agregar a Historial

Salvar Gráfica

### Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)

Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
DBO	<input type="text" value="1"/> (mg/L)	95	0.11	10.45
Oxígeno Disuelto	<input type="text" value="77"/> (%Sat)	83.5	0.17	14.2
Coliformes Fecales	<input type="text" value="1"/> (Col/100mL)	99	0.16	15.84
Nitratos	<input type="text" value="0.03"/> (mg/L)	90	0.1	9
pH	<input type="text" value="7"/> (Unid)	88	0.11	9.68
Cambio de Temperatura	<input type="text" value="23"/> (°C)	17.78	0.1	1.78
Sólidos Totales	<input type="text" value="520"/> (mg/L)	20	0.07	1.4
Fosfatos Totales	<input type="text" value="0.2"/> (mg/L)	27	0.1	2.7
Turbidez	<input type="text" value="1"/> (NTU)	96	0.08	7.68

#### Resultados

Número de parámetros: 9

Valor del indice: 72.73

Clasificación: Buena

Rango: 71-90

Escala de color: Verde

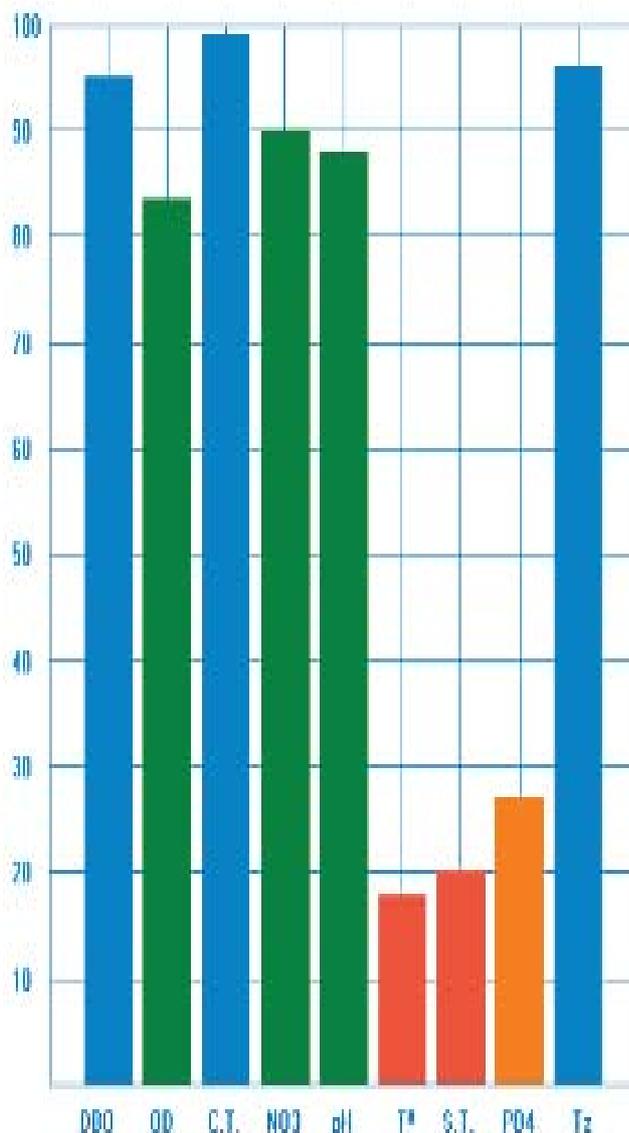
#### Escala de Color

Excelente	91 - 100	
Buena	71 - 90	
Media	51 - 70	
Mala	26 - 50	
Muy Mala	0 - 25	



- Guardar Archivo
- Cargar Archivo
- Exportar reporte
- Agregar a Historial
- Salvar Gráfica

## Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)



### Resultados

Número de parámetros: 9  
 Valor del índice: 72.73  
 Clasificación: Buena  
 Rango: 71-90  
 Escala de color: Verde

### Escala de Color

Excelente	91 - 100	<span style="color: blue;">■</span>
Buena	71 - 90	<span style="color: green;">■</span>
Media	51 - 70	<span style="color: yellow;">■</span>
Mala	26 - 50	<span style="color: orange;">■</span>
Muy Mala	0 - 25	<span style="color: red;">■</span>



## ICATest v1.0 - Reporte NSF

Fecha: 05/12/2015  
Hora: 11:54:29 p.m.  
Lugar:  
Analista:

Valor del índice: 72.73  
Número de parámetros: 9  
Clasificación: Buena  
Rango: 71-90  
Color: Verde

### Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	1	95	0.11	10.45
Oxígeno disuelto	77	83.5	0.17	14.2
Coliformes fecales	1	99	0.16	15.84
Nitratos	0.03	90	0.1	9
pH	7	88	0.11	9.68
Temperatura	23	17.78	0.1	1.78
Sólidos totales	520	20	0.07	1.4
Fosfatos totales	0.2	27	0.1	2.7
Turbidez	1	96	0.08	7.68

# ANEXO N° 07

## AMBIENTE

### Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

#### DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817- Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA

AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

#### Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

#### Artículo 2°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

# El Peruano

DIARIO OFICIAL

## REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica al Congreso de la República, Poder Judicial, Ministerios, Organismos Autónomos y Descentralizados, Gobiernos Regionales y Municipalidades que, para efecto de publicar sus dispositivos y sentencias en la Separata de Normas Legales y Separatas Especiales respectivamente, deberán además remitir estos documentos en disquete o al siguiente correo electrónico. [normaslegales@editoraperu.com.pe](mailto:normaslegales@editoraperu.com.pe)

LA DIRECCIÓN

**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL  
PARA AGUA CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y  
RECREACIONAL**

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm <sup>(a)</sup>	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 6	>= 5	>= 4	>= 5	>= 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT <sup>(b)</sup>	5	100	**	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTPP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs</b>						
1,1,1-Tricloroetano -- 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano -- 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano -- 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno -- 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -- 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano -- 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono -- 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano -- 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
<b>BETX</b>						

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Benceno -- 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno -- 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno -- 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos -- 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)pireno -- 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
<b>Plaguicidas</b>						
<b>Organofosforados:</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Organoclorados (COP)*:</b>						
Aldrin -- 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrín -- 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrín -- 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro -- 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Carbamatos:</b>						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Policloruros Bifenilos Totales</b>						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
<b>Otros</b>						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Documento controlado - www.bjprambiente.com.py

## ANEXO N° 08

### Resultados del análisis de Calidad de Aire en Cocalmayo – MWH – laboratorios CORPLAB

#### V. ESTACIONES DE MONITOREO

##### 5.1 ESTACIONES DE MONITOREO PARA AIRE

ESTACIÓN	COORDENADAS UTM (*)		ZONA 18	DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN
	ESTE	NORTE	ALTITUD (m.s.n.m)	
ST-A05	761 062	8 547 365	1514	Estadio Municipal del Distrito Santa Teresa, sector Siete Vueltas
CM-07	760 128	8 549 475	1415	Ingreso al Complejo Turístico “Aguas Termales de Cocalmayo
CP-A04	757 554	8 551 937	1667	Sector Capaymayo, vía Capaymayo-Santa María, km 0+740, próximo al local comunal de Pacaymayo

(\*) WGS 84

## VI. RESULTADOS DEL MONITOREO

### 6.1 RESULTADOS DE CALIDAD DE AIRE

#### 6.1.1 Partículas PM<sub>10</sub>:

ESTACIÓN	FECHA DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIA PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>
ST-A05	23/03/15	17.3
CM-A07	24/03/15	19.1
CP-A04	25/03/15	22.4
<b>ECA<sup>(1)</sup></b>		<b>150</b>

(1) Decreto Supremo N° 074-2001-PCM-CONAM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire



#### 6.1.2 Partículas PM<sub>2.5</sub>:

ESTACIÓN	FECHA DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIA PM <sub>2.5</sub> µg/m <sup>3</sup>
ST-A05	23/03/15	10.4
CM-A07	24/03/15	12.1
CP-A04	25/03/15	4.6
<b>ECA<sup>(2)</sup></b>		<b>25</b>

(2) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire D.S-003-2008-MINAM



### 6.1.3 ARSÉNICO

ESTACIÓN	FECHA DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIA ARSÉNICO µg/m <sup>3</sup>
ST-A05	23/03/15	< 0.002
CM-A07	24/03/15	< 0.002
CP-A04	25/03/15	< 0.002
<b>ECA<sup>(3)</sup></b>		<b>6.0</b>

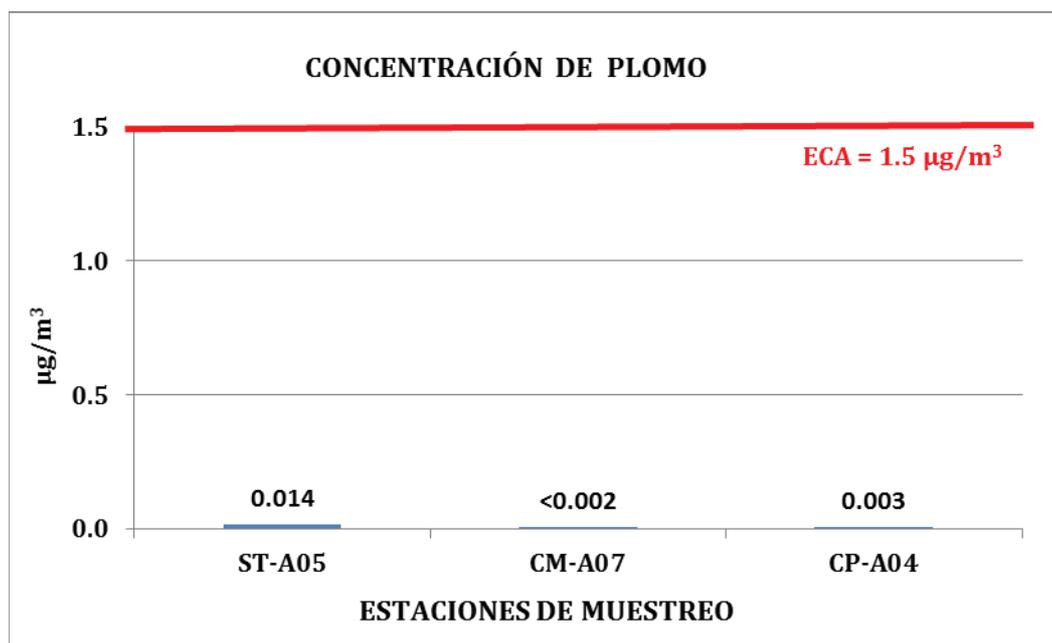
(3) Nivel Máximo Permissible para Arsénico, Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM.



#### 6.1.4 PLOMO

ESTACIÓN	FECHA DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIA PLOMO $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ST-A05	23/03/15	0.014
CM-A07	24/03/15	< 0.002
CP-A04	25/03/15	0.003
<b>ECA<sup>(1)</sup></b>		<b>1.5</b>

(1) Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.



#### 6.1.5 DIÓXIDO DE AZUFRE

ESTACIÓN	FECHA DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN PROMEDIO 1 HORA $\text{SO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DIARIA $\text{SO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ST-A05	23/03/15	12.30	8.10
CM-A07	24/03/15	12.30	9.40
CP-A04	25/03/15	12.00	8.20
<b>ECA<sup>(2)</sup></b>		-	<b>20</b>

(2) Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

(-) Sin Estándar de Calidad Ambiental

(-) = Sin resultado

*Metales Filtros High Vol PM10*

ESTACIÓN	ST-A05	CM-A07	CP-A04	Standards Development Branch Ontario Ministry Of The Environment (µg/ m³)
	23/03/15	24/03/15	25/03/15	
Aluminio (Al)	0,072	0,134	0,157	-
Bario (Ba)	0,0011	0,0017	0,0023	10
Berilio (Be)	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0.01
Bismuto (Bi)	<0,001	<0,001	<0,001	-
Boro (B)	0,003	0,003	0,004	120
Cadmio (Cd)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0.025
Calcio (Ca)	0,15	0,47	0,12	-
Cobalto (Co)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0.1
Cobre (Cu)	0,023	0,028	0,070	50
Cromo (Cr)	0,0029	0,0016	0,0108	0.5
Estaño (Sn)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	10
Estroncio (Sr)	0,0014	0,0046	0,0007	120
Fósforo (P)	0,047	0,024	0,040	-
Hierro (Fe)	0,129	0,274	0,416	4
Litio (Li)	<0,003	<0,003	<0,003	20
Magnesio (Mg)	0,063	0,146	0,058	-
Manganeso (Mn)	0,005	0,006	0,013	0.2
Molibdeno (Mo)	<0,0003	<0,0003	0,0020	120
Níquel (Ni)	<0,001	<0,001	<0,001	0.1
Plata (Ag)	<0,001	<0,001	<0,001	1
Potasio (K)	0,12	0,10	0,11	-
Selenio (Se)	<0,002	<0,002	<0,002	-
Silicio (Si)	<0,002	<0,002	<0,002	-
Sodio (Na)	0,05	0,20	0,02	-
Talio (Tl)	<0,001	<0,001	<0,001	-
Titanio (Ti)	0,0040	0,0056	0,0037	120
Vanadio (V)	<0,001	<0,001	<0,001	2
Zinc (Zn)	0,0071	0,0065	0,0071	120

(-) Sin Estándar De Calidad Ambiental

# ANEXO N° 09

## Resultados del análisis de Suelos en Cocalmayo – MWH

### 1.- UBICACIÓN DE PERFILES MODALES

Perfiles	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Ubicación del Perfil
	Este	Norte		
ST-1	759 730	8'545 798	1 716	Sector El Potrero
ST-2	760 484	8'546 553	1 552	Sector Saucepamapa
ST-3	760 639	8'547 299	1 671	Sector Santa Teresa parte alta
ST-4	759 570	8'546 946	1890	Sector Chilcapata
<b>ST-5</b>	<b>760 302</b>	<b>8'548 279</b>	<b>1 710</b>	<b>Sector Cocalmayo</b>
<b>ST-6</b>	<b>759 795</b>	<b>8'549 226</b>	<b>1 732</b>	<b>Sector Cocalmayo</b>
ST-7	758 584	8'549 091	2 208	Sector Urpipata
ST-8	759 520	8'550 254	1 800	Sector Urpipata
ST-9	758 468	8'550 673	1 753	Sector Urpipata
ST-10	758 174	8'549 595	2 385	Sector Quellohunuyoc
ST-11	757 322	8'550 215	2 143	Sector Quellohunuyoc
ST-12	757 430	8'551 039	1 628	Sector Cebadillaloc
ST-13	756 495	8'551 229	2 058	Sector Pacaymayo - Yananti
ST-14	756 994	8'552 143	1 821	Sector Pacaymayo - Pispitayoc
ST-15	756 326	8'552 309	1 760	Sector Pacaymayo - Pispitayoc
ST-16	756 352	8'558 649	1 896	Sector Alcusana-Arcusana
ST-17	756 748	8'552 980	1 567	Sector Pacaymayo – Mesada
ST-20	756 565	8'553 839	1 882	Sector Jatumpampa-Pacpapata
ST-21	756 039	8'553 490	1 957	Sector Jatumpampa
ST-22	755 449	8'553 029	1 892	Sector Quellomayo-Pacpapata
ST-23	755 604	8'553 783	1 394	El Portal 2 - Pacaymayo
ST-24	755 046	8'553 591	2 201	Sector Buena Vista-Jatumpampa
ST-26	755 484	8'555 658	2 131	Sector Huancarcasa
ST-27	755 100	8'556 122	2 400	Sector Huancarcasa
ST-28	755 196	8'555 640	2 342	Sector Huancarcasa
ST-30	756 462	8'556 113	1 824	Sector Huancarcasa
ST-31	757 610	8'559 623	1 688	Sector Jatumpampa
ST-32	757 038	8'556 003	1 403	Sector Huancarcasa parte baja
ST-40	754 379	8'558 541	2 045	Sector Paucayoc
ST-41	754 795	8'559 373	1 702	Sector Kuquimocco
ST-42	755 251	8'559 800	1 227	Sector Choquechaca, al este de la casa de máquinas y subestación
ST-43	755 553	8'559 283	1 418	Sector Cedrochayoc
Datum de Referencia WGS 84				



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



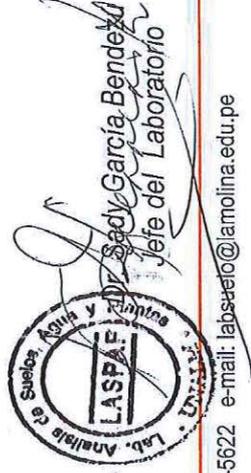
**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : MWH PERÚ S.A.  
 Departamento : CUSCO  
 Distrito : SANTA TERESA  
 Referencia : H.R. 49228-035C-15

Provincia : LA CONVENCIÓN  
 Predio : C.H. SANTA TERESA II  
 Fecha : 14/04/15

Lab	Número de Muestra		C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases		
	Claves	pH (1:1)						Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>				Na <sup>+</sup> + H <sup>+</sup>	
3947	ST-1-1		5.27	0.07	1.87	2.6	88	40	44	16	Fr.	12.32	4.90	2.03	0.32	0.10	0.40	7.76	7.36	60
3948	ST-1-2		5.08	0.04	1.19	2.0	60	38	44	18	Fr.	12.00	3.37	1.68	0.24	0.12	0.20	5.62	5.42	45
3949	ST-1-3		5.13	0.03	0.66	2.1	52	34	42	24	Fr.	10.08	2.50	1.45	0.21	0.13	0.20	4.49	4.29	43
3950	ST-2-1		5.77	0.10	0.80	3.4	66	66	22	12	Fr.A.	6.72	4.06	0.83	0.26	0.10	0.20	5.45	5.25	78
3951	ST-2-2		6.50	0.06	0.18	4.4	44	68	20	12	Fr.A.	4.80	2.63	0.72	0.22	0.11	0.00	3.68	3.68	77
3952	ST-3-1		5.36	0.12	0.92	13.1	345	50	40	10	Fr.	15.52	3.68	1.45	1.15	0.10	0.20	6.58	6.38	41
3953	ST-3-2		5.13	0.13	0.48	3.5	170	34	50	16	Fr.L.	8.48	2.70	0.90	0.55	0.10	0.20	4.46	4.26	50
3954	ST-4-1		4.81	0.05	0.00	2.78	3.1	56	48	38	Fr.	16.32	3.46	1.03	0.23	0.10	0.30	5.13	4.83	30
3955	ST-4-2		4.90	0.03	0.00	1.56	1.4	39	42	40	Fr.	10.88	2.32	0.70	0.20	0.13	0.30	3.65	3.35	31
3956	ST-5-1		7.82	0.14	0.90	1.3	69	50	38	12	Fr.	8.32	7.37	0.60	0.25	0.10	0.00	8.32	8.32	100
3957	ST-6-1		8.19	0.17	4.80	2.1	74	52	30	18	Fr.	11.20	8.92	1.92	0.27	0.10	0.00	11.20	11.20	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



## METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaCO<sub>3</sub>): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %M.O.=Cx1.724.
6. Nitrógeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub>=0.5M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COOCH<sub>2</sub>)N; pH 7.0
10. Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
11. Al<sup>+3</sup>+ H<sup>+</sup>: método de Yuan. Extracción con KCl, N
12. Iones solubles:
  - a) Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
  - b) Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>=</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>=</sup>, NO<sub>3</sub><sup>=</sup> solubles: volumetría y colorimetría. SO<sub>4</sub><sup>=</sup> turbidimetría con cloruro de Bario.
  - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
  - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

### Equivalencias:

- 1 ppm=1 mg/kilogramo
- 1 milimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
- 1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg
- Salies solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
- CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

## TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas	
Clasificación del Suelo					Clasificación	Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	% <2.0	ppm P <7.0	ppm K <100	*Normal	0.2 - 0.3
*ligeramente salino	2 - 4	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg	>0.5
*moderadamente salino	4 - 8	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2
*fuertemente salino	>8				*defc. Mg	>10

Reacción o pH	CLASES TEXTURALES	
Clasificación del Suelo		
*fuertemente ácido	pH <5.5	Fr.Ar.A = franco arcillo arenoso
*moderadamente ácido	5.6 - 6.0	Fr.Ar = franco arcilloso
*ligeramente ácido	6.1 - 6.5	Fr.Ar.L = franco arcilloso limoso
*neuro	6.6 - 7.0	Ar.A = arcilloso arenoso
*ligeramente alcalino	7.1 - 7.8	Ar.L = arcilloso limoso
*moderadamente alcalino	7.9 - 8.4	Ar. = arcilloso
*fuertemente alcalino	>8.5	

Distribución de Cationes %	
Ca <sup>+2</sup>	= 60 - 75
Mg <sup>+2</sup>	= 15 - 20
K <sup>+</sup>	= 3 - 7
Na <sup>+</sup>	<15

## ANEXO N° 10

### REGISTRO FOTOGRÁFICO

Foto N° 01

Vista de falla geológica – parte alta Cocalmayo



Foto N° 02

Proceso de Limpieza de las piscin



**Foto N° 03**  
**Desinfección de Piscinas**



**Foto N° 04**  
**Fijación de muestra in situ para medición de OD.**



Foto N° 05

Medicion de Temperatura en piscinas y punto de origen



Foto N° 06

Mediciones de pH – Cinta pHmetrica



**Foto N° 07**

**Tomas de muestra – Análisis Físicoquímico**



**FOTO N° 08**

**Toma de muestra – Analisis Bacteriologico**



FOTO N° 09

Vista de los Servicios Higiénicos del Balneario



FOTO N° 10

Reglamento del Balneario de Cocalmayo



**FOTO N° 11**

**Vista frontal de los Vestuarios**



**FOTO N° 12**

**Presencia de Bañistas locales y extranjeros**



**FOTO N° 13**  
**Evaluación de parámetros Fisicoquímicos – QUIMICA LAB.**



**FOTO N° 14**  
**Determinación de Conductividad Eléctrica**



**FOTO N° 15**  
**Muestras para análisis bacteriológico – Lab. Biología - UNSAAC**



**FOTO N° 16**  
**Ausencia de GAS – Método NMP – Lab. Biología - UNSAAC**

