

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA
PARA FINES DE CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD
CARATA DEL DISTRITO COATA”**

TESIS

Presentado por:

Bach. Esteban Belizario Mamani

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO

PERÚ

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA FINES DE
CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD CARATA DEL DISTRITO COATA”

TESIS

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Esteban Belizario Mamani

A LA COORDINACION DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA, PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

.....

M.Sc. Oscar R. Mamani Luque

PRIMER MIEMBRO

.....

Ing. Edilberto Huaquisto Ramos

SEGUNDO MIEMBRO

.....

M.Sc. Eduardo L. Flores Quispe

DIRECTOR

.....

Dr. Eduardo Flores Condori

ASESOR

.....

Ing. Germán Belizario Quispe

PUNO

PERÚ

2011

ÁREA : Ingeniería y Tecnología

TEMA: Saneamiento rural

LÍNEA: Ingeniería de Infraestructura Rural

ÍNDICE

RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Justificación	2
1.3 Antecedentes de la investigación	3
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Hipótesis	5
1.5.1 Hipótesis General.....	5
1.5.2 Hipótesis Específicos	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
2.1 Aguas Subterráneas	6
2.2 Agua de pozos	7
2.3 Agua de manantiales	7
2.4 Escases de agua	7
2.4.1 Utilización de agua en el Mundo	9
2.4.2 El agua dulce es un recurso limitado	9
2.5 Calidad de agua	10
2.6 Contaminación de agua	11
6.1 Tipos de contaminación de agua	13
2.7 Importancia de la calidad de agua	15
2.8 Impacto de calidad del agua en la salud	16
2.9 Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica	17
2.10 Calidad de agua y su relación con la agricultura	17
2.11 Factores que influyen en la cantidad y calidad de agua	17
2.11.1 Uso de la tierra y su relación con la calidad de agua	17

2.11.2 La actividad ganadera y su relación con la calidad de agua	19
2.11.3 La agricultura y su influencia en la calidad de agua.....	20
2.11.4 Actividades Humanas	21
2.11.5 Cobertura Vegetal	21
2.11.6 Actividades Forestales	22
2.12 Procesos que afectan la calidad de agua en una microcuenca	22
2.13 Agua de consumo humano	23
2.14 La calidad de agua de consumo humano	24
2.15 Evaluación de calidad de agua	24
2.16 Clasificación de Calidad de Agua para Consumo Humano.....	25
2.17 Normas que Garantizan la Calidad de Agua.....	26
2.18 Principales Indicadores Físicos, Químicos y Biológicos de Calidad de Agua	28
2.18.1 Indicadores Microbiológicos del Agua.....	28
a) Coliformes totales	29
b) Coliformes termotolerantes (Fecales).....	30
b.1 Escherichia coli	32
c) Bacterias.....	32
d) Algas.....	33
e) Insectos.....	35
f) Protozoarios.....	36
2.18.2 Indicadores Organolépticos	36
a) Color	36
b) Olor y Sabor	37
2.18.3 Indicadores Físico Químico de Agua	39
a) Potencial de Hidrogeno (pH)	40
b) Temperatura	42
c) Conductividad eléctrica	43
d) Salinidad.....	44

e) Dureza	45
f) Alcalinidad	47
g) Cloruros	48
h) Sulfatos	50
i) Nitratos	52
j) Nitritos	56
k) Oxígeno disuelto	56
l) Magnesio	57
m) Calcio	57
n) Sólidos totales	58
2.19 Agua y Salud	58
2.20 Impacto de calidad de agua en la salud	59
2.21 Impacto de calidad del agua en la reducción de la pobreza	60
2.22 Impacto de calidad de agua en el desarrollo	61
2.23 Elementos de Vigilancia y Control de Calidad de Agua	62
2.24 Monitorio de calidad de agua	62
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	63
3.1 Descripción del Ámbito de estudio	63
3.1.1 Ubicación Política	63
3.1.2 Ubicación Geográfica	63
3.1.3 Ubicación Hidrográfica	63
3.1.4 Límites	65
3.1.5 Vías de comunicación y accesibilidad a la zona del proyecto de investigación	65
3.1.6 Climatología	65
a. Precipitación	65
b. Temperatura	66
c. Humedad Relativa	66
d. Evapotranspiración Potencial	66
3.1.7 Relieve	66

3.1.8 Hidrología.....	66
3.1.9 Suelo.....	66
3.2 Características de la Comunidad Campesina de Carata	66
3.2.1 Características Socioeconómicas del área de estudio.....	66
3.2.2 Población	67
3.2.3 Educación.....	67
3.2.4 Salud.....	68
3.2.5 Idioma que se habla en la zona	70
3.2.6 Instituciones presentes	70
3.2.7 Organización de barrios y sectoriales	70
3.3 Materiales y Equipos.....	70
3.3.1 Materiales de Escritorio.....	71
3.3.2 Equipos de Cómputo, Georeferenciales, Audiovisuales y Servicios	71
3.3.3 Biológicos (insumos).....	71
3.3.4 Materiales de Vidrio y Equipos de Medición Portátil y de Laboratorio.....	71
a) Para Físico-Químico.....	71
b) Para Bacteriológico	72
3.3.5 Soluciones y Medios	73
a) Para Físico-Químico.....	73
b) Para Bacteriológico	73
3.4 Metodología	73
3.4.1 Planificación de los trabajos.....	74
3.4.2 Definición del ámbito de estudio	74
3.4.3 Desplazamiento hacia el ámbito de estudio.....	74
a) Exploración e inventario de pozos	74
b) Selección de los pozos para fines de consumo humano.....	75
3.4.4 Obtención de información de campo.....	76

a) Ubicación política	78
b) Ubicación del punto de muestreo	78
c) Descripción de observaciones y toma de imágenes	78
d) Análisis organolépticos y físicas del agua “in situ”	79
e) Técnicas de muestreo	79
3.4.5 Procedimiento y análisis de muestras de agua en laboratorio	81
3.4.5.1 Análisis y determinación de los parámetros químicos	81
a) Potencial de Hidrogeno (pH)	81
b) Temperatura	82
c) Conductividad Eléctrica	82
d) Salinidad	82
e) Dureza Total	83
f) Alcalinidad	84
g) Cloruros	84
h) Sulfatos	85
i) Nitratos	86
j) Calcio	86
k) Magnesio	87
l) Sólidos totales	87
3.4.5.2 Análisis y determinación de Grupo de Coliformes	88
3.4.6 Procesamiento de información	94
3.4.7 Interpretación de resultados	94
3.4.7.1 Marco legal	94
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	104
4.1 Determinación e Interpretación de Calidad de Agua Subterránea de la Comunidad Carata del distrito Coata	104
4.1.1 Determinación de las características físico-químico	104
4.1.1.1 Color	104
4.1.1.2 Olor y Sabor	105
4.1.1.3 Potencial de Hidrogeno (pH)	105

4.1.1.4 Temperatura.....	106
4.1.1.5 Conductividad Eléctrica.....	106
4.1.1.6 Salinidad	107
4.1.1.7 Dureza Total.....	108
4.1.1.8 Alcalinidad.....	109
4.1.1.9 Cloruros	110
4.1.1.10 Sulfatos	111
4.1.1.11 Nitratos.....	112
4.1.1.12 Calcio	113
4.1.1.13 Magnesio.....	113
4.1.1.14 Sólidos totales.....	114
4.1.2 Determinación de las Características Microbiológicas del Agua	114
4.1.2.1 Determinación de Grupo de Coliformes	114
4.1.2.2 Identificación de Grupo de Bacterias	115
4.2 Aptitud de Agua Subterránea (Pozos) para consumo Humano	118
4.3 Definición del Problema y sus Causas.....	120
4.4 Propuesta de acciones estructurales para mejorar la calidad de agua subterránea de consumo humano en la comunidad Carata del distrito Coata	123
4.4.1 Métodos de desinfección de agua cruda.....	123
4.4.1.1 Desinfección física	124
4.4.1.2 Desinfección química	128
4.4.2 Propuesta de cómo proteger los acuíferos y construcción de pozos	131
4.4.2.1 Cómo realizar un pozo familiar protegido.....	132
4.4.2.2 Cómo mantener un pozo.....	132
4.5 Propuesta de acciones no estructurales para mejorar la calidad de agua de consumo humano.....	133
4.3.1 Educación sanitaria.....	133
4.6 Propuesta de acciones que se deben implementarse en el ámbito de estudio.....	134

4.6.1 Construcción e instalación de letrinas ecológicas	134
4.6.2 Construcción de sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo	134
4.6.3 Capacitación y asistencia técnica en saneamiento y medio ambiente	135
CAPÍTULO V CONCLUSIONES	136
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES	138
CAPÍTULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
CAPÍTULO VIII ANEXOS	144
Anexos A: Cuadros	144
Anexos B: Tablas	148
Anexos C: Registro Fotográfico	160
Anexos D: Planos	166

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 01: Relación entre el volumen de agua y el número de habitantes, expresados en % a nivel de Continentes.....	9
Cuadro 02: Accesibilidad a la zona del proyecto	65
Cuadro 03: Principales causas de morbilidad general 2010 Distrito de Caota.....	69
Cuadro 04: Inventario de pozos	75
Cuadro 05: Identificación y selección de pozos	76
Cuadro 06: Resultados de análisis de dureza total (mg/l).....	108
Cuadro 07: Resultados de Análisis de Alcalinidad (mg/l).....	109
Cuadro 08: Resultados de Análisis de Cloruros (mg/l)	110
Cuadro 09: Resultados de Análisis de Sulfatos (mg/l)	111
Cuadro 10: Resultados de Análisis de Calcio (mg/l).....	112
Cuadro 11: Resultados de Análisis de Magnesio (mg/l)	113
Cuadro 12: Clasificación de aguas subterráneas (Coliformes totales) de la comunidad Carata del distrito Coata.....	115
Cuadro 13: Clasificación de aguas subterráneas (Coliformes fecales) de la comunidad Carata del distrito Coata.....	115
Cuadro 14: Identificación de Bacterias en los Pozos de Consumo Humano	116
Cuadro 15: Identificación de Bacterias Según su Genero y Patógenos.....	116
Cuadro 16: Origen de Contaminación y Causas en la Salud Humana	117
Cuadro 17: Aptitud de agua subterránea para fines de consumo humano con respecto al análisis físico químico.....	119
Cuadro 18: Aptitud de agua subterránea para fines de consumo humano con respecto al análisis bacteriológico	119
Cuadro 19: Materiales que se necesita para fabricar el filtro	127
Cuadro 20: Resumen de las características y datos de toma de muestras de agua subterránea	145

Cuadro 21: Resultados de análisis físico-químico de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunidad Carata del distrito Coata	146
Cuadro 22: Identificación de bacterias coliformes en cada muestra de agua de pozo	147
Cuadro 23: Resultados de diferenciación bioquímica entre coliformes.....	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Clasificación de Aguas para Consumo Humano	26
Tabla 02: Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos	27
Tabla 03: Límites o estándares permisibles para agua de pozo (agua cruda), según OMS, CEPIS, INDECOPI, SUNASS	27
Tabla 04: Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica	28
Tabla 05: Estándares permisibles para determinar la calidad de agua cruda (Coliformes totales)	30
Tabla 06: Estándares permisibles para determinar la calidad de agua cruda (Coliformes termotolerantes)	31
Tabla 07: Tipos de microorganismos en el agua	33
Tabla 08: Olores característicos de agua y su origen	38
Tabla 09: Límites de percepción de algunas sales y compuestos en el agua (mg/L)	38
Tabla 10: Clasificación de agua en términos de dureza	46
Tabla 11: Principales formas de cloro en agua natural	49
Tabla 12: Estándares nacionales de calidad ambiental para agua categoría 1: población y recreacional	149
Tabla 13: Riego de vegetales y bebidas de animales	152
Tabla 14: Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto	153
Tabla 15: Conservación del ambiente acuático	155
Tabla 16: Para calcular los mg de sulfatos	156
Tabla 17: Índice de ponderación limnología	157
Tabla 18: Reacciones bioquímicas de enterobacteriaceae en TSI-LIA	157
Tabla 19: Número más probable por 100ml	158
Tabla 20: Differentiation of enterobacteriaceae by biochemical "TEST"	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Ocurrencia del ciclo hidrológico del agua.....	6
Figura 02: Fuentes de contaminación de aguas subterráneas	15
Figura 03: Factores que influyen en la calidad de agua en una microcuenca.....	18
Figura 04: Bacterias patógenas en el agua	33
Figura 05: Algas presentes en el agua	35
Figura 06: Animales invertebrados de vida libre presentes en el agua.....	35
Figura 07: Escala de pH	41
Figura 08: Macrolocalización del proyecto de investigación	64
Figura 09: Microlocalización del proyecto de investigación.....	64
Figura 10: Principales causas de Morbilidad en el distrito de Coata.....	69
Figura 11: Imagen del instrumento empleado en la ubicación del punto de muestreo	78
Figura 12: Toma de imágenes considerando las características del punto de muestreo.....	79
Figura 13: Termómetro ambiental para medir la temperatura del agua	79
Figura 14: Imagen de envases esterilizados para la toma de muestra	80
Figura 15: Medición de la temperatura.....	82
Figura 16: Medición de la salinidad	83
Figura 17: Indicador de heliantina.....	84
Figura 18: Agregado de cloruro de bario	86
Figura 19: Esterilización de materiales y preparación de medios de cultivo.....	88
Figura 20: Preparación de material, soluciones y medios de cultivo.....	89
Figura 21: Sembrado de la muestra de agua en tubos de ensayo con caldo lactosa	90
Figura 22: Colocado del sembrado de muestras en la incubadora	90
Figura 23: Resultado del sembrado en la incubadora y la primera lectura	91
Figura 24: Resultados en donde se observa la diferencia de colonias	92
Figura 25: Siembra de reacciones más críticas de (EMB) en TSI, LIA, Citrato e Indol	92

Figura 26: Resultado de identificación de grupo de bacterias.....	93
Figura 27: Suscriben nueva Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos.....	96
Figura 28: Priorización de pozos subterráneos en las zonas de investigación	104
Figura 29: Resultado de aptitud de agua subterránea de acuerdo a los resultados del análisis físico químico	119
Figura 30: Resultado de aptitud de agua subterránea de acuerdo a los resultados del análisis bacteriológico.....	119
Figura 31: Se observa el filtrado y asentado de la cantidad de sólidos en suspensión	125
Figura 32: Filtro lento de arena para el hogar; más seguro, efectivo y económico	125
Figura 33: Filtro de bioarena fijo y muy económico para el hogar.....	127
Figura 34: Cantidad de cloro necesario para desinfectar el agua	129
Figura 35: Se muestra pozos protegidos de agua más confiables y seguras para los usuarios	132
Figura 36: Se observa un pozo seguro que ayuda a prevenir la contaminación	123
Figura 37: Diseño de letrina ecológica acorde a la realidad de la zona de estudio.....	133
Figura 38: Diseño de reservorio de almacenamiento.....	135

DEDICATORIA

A Dios; por darme la vida y por estar siempre conmigo en instantes más felices y difíciles de mi vida, por guiarme por el buen camino, de la felicidad, de los triunfos y en especial por haberme permitido llegar a este momento tan maravilloso de mi vida.

A mi adorada Madre Valentina Mamani Belizario; Que desde el cielo nos ilumina, nos guía y nos protege con la bendición de nuestro Señor. Por el cariño, amor que nos brindó cuando estuvo junto con nosotros y estará orgulloso de sus hijos.

A my padre José Belizario Coila; por el sacrificio incomparable e invaluable que hizo posible para ser profesional. Le agradezco el cariño, amor, comprensión y el apoyo que me brindó para culminar mis estudios.

A mis hermanos, por su incondicional y incomparable apoyo en los momentos más difíciles y felices de mi vida, quienes gracias a la confianza y amistad que siempre me han brindado en todo momento y durante mi formación profesional.

A mis amigos; en especial a mi mejor amiga por la confianza y la amistad que me brinda. Por su apoyo moral, motivación y por ser fuente de ilusión y fuerza para hacer realidad todo mis sueños.

GRACIAS POR CONFIAR EN MÍ

ESTEBAN.....

AGRADECIMIENTO

En esta etapa de culminación agradezco a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo y logro de esta nueva meta.

- ☞ En primer lugar doy gracias a Dios, por cuidarme y guiarme por el buen camino, por permitir concluir mis estudios y a la vez por darme el cumplimiento del presente trabajo.
- ☞ A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por haber contribuido en mi formación profesional durante mis años de estudio.
- ☞ Al Dr. Eduardo Flores Condori, director del presente trabajo de investigación, por su apoyo incondicional y acertada dirección.
- ☞ Al Ing. Germán Belizario Quispe, asesor del presente trabajo de investigación, por su valioso y acertada orientación y apoyo incondicional.
- ☞ Mis cordiales agradecimientos a cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme brindado sus conocimientos y experiencias durante los cinco años de estudio.
- ☞ A la Dra. Eva Laura Chauca por su apoyo en la realización del presente trabajo de investigación, como docente y especialista en Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA-Puno.
- ☞ Al Ing. Germán Quille Calizaya por su apoyo en la realización del presente trabajo de investigación, como docente y analista químico de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-Puno.
- ☞ Agradecimiento sincero a todas las personas, amigos y familiares, por los favores directos e indirectamente, motivaron y contribuyeron en la ejecución y culminación de la presente tesis de investigación.

QUE DIOS LOS BENDIGA Y NOS PROTEJA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado, “Evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunidad Carata del distrito Coata”. El estudio se realizó en la comunidad Carata del distrito Coata, provincia y departamento de Puno, en el periodo de Julio 2010 a Abril del 2011, con el objetivo de evaluar la calidad sanitaria de agua subterránea para consumo humano, identificar e implementar programas de educación sanitaria, con el uso de tecnologías apropiadas para la desinfección de agua. Se hicieron análisis de laboratorio de las principales fuentes de agua de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de agua. Se realizó en los laboratorios de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas y laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano.

El diseño metodológico empleado en la investigación fue un método aleatorio estratificado y se consideró un tamaño de 08 muestras de pozos subterráneos en las cuatro zonas estratégicas. La recopilación de información local del uso y manejo de agua se obtuvo mediante una metodología participativa mediante el recorrido por los principales fuentes de agua para consumo humano en el ámbito de estudio, con la aplicación de encuestas a la población y usuarios, en donde se dialogó de las actividades que desarrollan alrededor del pozo, así mismo de la calidad de agua, de las fuentes que contribuyen en la contaminación de agua. Información que llevó al planteamiento de alternativas de mejorar la calidad de agua para consumo humano dentro de los estándares establecidos por las Normas Técnicas Nacional e Internacional.

Los resultados obtenidos mostraron que la calidad de agua de las muestras provenientes de los pozos subterráneos destinados al consumo humano de la comunidad Carata del distrito Coata; el 25% de las muestras son buenas (aptas), el 25% de las muestras es regular y el 50% de las muestras es deficiente (mala). En líneas generales la calidad de agua para consumo humano en el ámbito de estudio es deficiente para este fin y la mayoría de los usuarios se ven afectados por la contaminación biológica con bacterias y en la parte física por sólidos, algas y material orgánica. Asimismo se ha apreciado la carencia de educación sanitaria por los usuarios en la utilización de este recurso y no toman mucho interés al uso de tecnologías apropiadas de desinfección propuesta debido a la desinformación en cuanto a la salud y poca preocupación por su nivel de vida. La mayoría de los pozos requieren de urgencia de un tratamiento sanitario adecuado, limpieza y cuidado en forma permanente.

Palabras Clave: Calidad de agua, agua de consumo humano, coliformes fecales, tecnologías de desinfección de agua, contaminación, educación sanitaria, uso de agua.

SUMMARY

The present work of titled investigation, Evaluation of the subterranean-water quality for ends of human consumption of the community Carata of district Coata. The study was carried out in the community Carata of the district Coata, province and department of Puno, in the period from July 2010 to April of 2011, with the objective of evaluate the sanitary quality of subterranean-water for human consumption, inform and proposed solution the existent contamination, with the use of appropriate technologies for disinfection of water. It came true in the microbiology laboratories of the biological-sciences faculty and chemistry laboratory of the chemical engineering Faculty of the high Plateau's National University.

The design methodological employee in the investigation was a stratified aleatory method and it was considered a size of 8 samples from groundwater wells in the four strategic areas. The local data collection and management of water use was obtained through a participatory approach through the tour of the main sources of drinking water in the field of study with the implementation of population surveys and users, where they spoke of their activities around the borehole and the same water quality of the sources contributing to water contamination. Information that I imply to the alternatives proposal of improving the water quality in order to human consumption inside the settled standards for the Technical Standards National and International.

The obtained results showed that the quality of water of the subterranean will's originating signs human consumption of the community Carata of district Coata; 25% of the samples they are good (capable), 25% of the samples it is to regulate and 50% of the samples it is faulty (bad). On line general the quality of water for human consumption in the environment of the study it is faulty for this end and most of the users they are affected by the biological contamination with bacterias and in the physical part for solidses, algaeas and organic material. Also the lack has been appreciated of the sanitary education for the users in the use of the this resource and they don't take a lot of interest to the use of the appropriate technologies of the disinfection proposed due to the disinformation as for the health and little concern for its level of the life. Most gives the wells they require of the urgency of the an appropriate sanitary treatment, cleaning and care in permanent form.

Key Words: Water quality, drinking water, fecal coliforms, water disinfection technologies, contamination, sanitary education, use of water.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Frente al crecimiento demográfico mundial, nacional y regional, la demanda de agua es uno de los recursos naturales más importantes y cada vez más escaso, ya que el agua es un elemento principal, fundamental y esencial para la vida en nuestro planeta, es mucho más que un bien. Este elemento es esencial para todos los seres vivos. Prácticamente todas las actividades humanas están vinculadas con el agua y son infinitos los usos del agua para consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la higiene personal, es requerida en el proceso de elaboración de muchos productos industriales, para la producción de alimentos, electricidad, medios de transporte, mantenimiento de la salud y aun es más importante para desarrollo humano, económico, social y ambiental, es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra.

En la actualidad es escasa la información sobre la calidad de agua subterránea y por lo tanto se desconoce la calidad de la misma para fines de consumo humano en el ámbito de estudio. Además se tiene conocimiento que la mayoría de la población no cuenta con servicio de agua potable, las familias tienen la necesidad de consumir agua de pozos manuales y artesanales las cuales no son tratadas y por ende repercute directamente e indirectamente en la salud de las familias que consumen este elemento vital. Por eso es necesario realizar una investigación sobre el problema existente de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano, efectuando el análisis físico-químico y bacteriológico del agua.

La mayoría de la población de la zona, carece de conocimiento, uso adecuado y de recursos económicos para su mantenimiento de los pozos artesanales y manuales; esta situación se debe a la no existencia de programas de vigilancia de calidad de agua y educación sanitaria por parte de las instituciones competentes en el ámbito de estudio. El desconocimiento de la calidad de agua subterránea para fines de consumo, nos lleva a plantear las siguientes interrogantes:

¿Cuál será la calidad de agua subterránea para consumo humano en la Comunidad Carata?

¿Qué propuesta técnica de solución se adoptará para la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano?

1.2 Justificación

El estudio se justifica y fundamenta en la necesidad de investigar y contar con una información base, real, precisa para evaluar y determinar el estado actual de la calidad de agua subterránea en el ámbito de estudio, que es escasa la información referente al tema de investigación. Se efectuará la evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano con la finalidad de determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua en el sistema de abastecimiento público (pozos), para luego obtener resultados precisos y comparar sus características de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles establecidos en las normas de calidad de agua. (MINSA-DIGESA y por la OMS).

La contaminación y la escasez de agua para la alimentación y la higiene provocan la muerte de 12 millones de personas en el mundo al año. Además, el problema de agua atrapa a millones de personas en la pobreza, porque gastan mucho tiempo en buscar agua limpia, que tomar agua contaminada. En la Conferencia sobre Agua Dulce, realizada en Bonn (Alemania). El Programa PNUMA estableció en 50 litros por persona por día, la necesidad básica de agua. Sin embargo, las personas más pobres cuentan con 10 litros de agua diaria por persona para sobrevivir y, en el otro extremo, las personas de países desarrollados utilizan 250 litros o más día por persona, (PNUMA, 2004).

Mediante el estudio de calidad de agua subterránea con fines de consumo humano se tomará en cuenta la existencia y la oferta de agua, ya que en los últimos tiempos la demanda de agua subterránea de buena calidad está aumentando aceleradamente por parte de la población rural y urbana en nuestra localidad, región y país, en su mayoría para autoconsumo. Un papel fundamental de agua de calidad para consumo humano es la disminución de enfermedades de origen intestinal y viral como por ejemplo la hepatitis A, producto del deficiente saneamiento ambiental. Para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo es necesaria una adecuada protección, conociendo las zonas de mayor vulnerabilidad a la contaminación. Con esta base se puede establecer en ellas programas específicos de inspección y monitoreo sobre posibles fuentes de contaminación y buscar medidas correctivas para su mitigación. Además se tiene conocimiento que la mayoría de la población no cuenta con servicio de agua potable, las familias tienen la necesidad de consumir agua de pozos manuales y artesanales las cuales no son tratadas y por ende repercute directamente e indirectamente en la salud de las familias que consumen este elemento vital. Por eso es necesario realizar una investigación sobre el problema existente de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano, efectuando el análisis físico-químico y bacteriológico del agua.

1.3 Antecedentes de la investigación

El presente trabajo de investigación tiene como antecedentes, estudios realizados en la zona y zonas adyacentes sobre el tema. Se puede manifestar que en el ámbito de estudio no se han realizado estudios con mayor detalle sobre la calidad de agua subterránea. Así mismo las Instituciones como: DIGESA, MINSA, la municipalidad y entre otras instituciones no toman mucha importancia de la situación actual de calidad de agua subterránea en la comunidad y en las demás comunidades del distrito, a pesar que el recurso hídrico es cada vez más escaso en la zona en estos últimos tiempos. En la actualidad existen pozos con bombas manuales en toda la comunidad ejecutados por FONCODES en el año 2000, que tiene uso múltiple para las familias, dichos pozos sirvieron como instrumentos para el presente proyecto de investigación.

Curasi (2010) realizó el estudio titulado: “Evaluación de la calidad de agua subterránea con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno”, nos manifiesta que se ha identificado en su totalidad 73 pozos subterráneos con fines de consumo doméstico de las cuales 19 pozos subterráneos fueron seleccionados para efectuar el análisis de la calidad de agua y concluye que la aptitud del agua subterránea de la ciudad de Puno es buena para este fin, pero se ve afectado por la contaminación biológica con bacterias y en la parte física por sólidos, algas y material orgánica en algunos pozos. Y los factores condicionantes en la contaminación del agua se debe principalmente a la disposición de residuos sólidos, presencia de animales, heces de animales y humanos, material vegetal en descomposición, material orgánica en el entorno de la fuente de suministro.

Chullunquia (2005) realizó el estudio titulado: “Contenido bacteriológicos en aguas provenientes de cuatro manantiales para consumo humano en el barrio Santiago Chejoña-Puno”, en el cual determina que de las 4 muestras de agua provenientes de manantiales del barrio Santiago de Chejoña se encontró que el 75% de suministro de agua es de calidad aceptable y el 25 % de suministro de agua de calidad ideal de acuerdo a los índices canadienses de la calidad del agua cruda que se considera menos de 100NMP/100ml y menos de 1000NMP/100ml de muestra de agua. Así mismo concluye que los factores que influyen en la contaminación del agua son por la disposición de residuos sólidos, heces de origen animal y humano en el entorno de la fuente de suministro.

Quispe (1996) realizó el estudio: “Contenido bacteriológico en aguas de consumo humano en los centros educativos de la ciudad de Puno”, concluye que el único manantial que sirve de abastecimiento de agua en un centro educativo de nivel inicial es positivo a bacterias coliformes (39

NMAP/100ml de agua) esto se debería a que este manantial es superficial, por lo tanto, está sujeta a cualquier riesgo de contaminación también se determinó, que las condiciones sanitarias de la red pública es de 5.4% buena, 89.2% regular y 5.4% mala condición, así mismo el 10% de los pozos protegidos están en regulares condiciones, 33.33% de manantiales es de buena condición, 33.33% en regular y 33.33% en malas condiciones sanitarias.

Vilca (2005) realizó la investigación titulado: “Estudio de aguas subterráneas en las comunidades de Alto Ccatacha, Central Chañocahua y Chañocahua joven de la Provincia de Lampa”, en el cual determinó de los 36 muestra de agua provenientes de pozos, obteniéndose las siguientes características: conductividad eléctrica entre 0.145 a 2.498 mmhos/cm. A 13 °C, el análisis químico, no presenta peligro de cloruros ni nitrato para riego sin embargo para consumo humano el nivel de nitratos lo hace inaceptable. El carbonato de sodio residual es bajo y aceptable.

IRH-ATDR-RAMIS (2003) “Inventario de recursos superficiales, subterráneas y la identificación de puntos de monitoreo de parámetros físicos del agua de los pozos de la cuenca del río Ramis” en el presente documento se propone; promover, apoyar y participar en trabajos de investigación sobre uso y aprovechamiento del recurso hídrico, así como el ordenamiento territorial y la elaboración de planes Maestros de gestión en la cuenca del río Ramis. Así mismo el objetivo es evaluar el nivel freático de las aguas subterráneas y las características físicas de los pozos para así más adelante proponer programas de perfeccionamiento de los procesos técnicos que garanticen el aprovechamiento racional de los recursos hídricos.

Claret (2003) realizó el estudio denominado: “Análisis del agua subterránea en pozos destinados para consumo humano”, se estableció alto porcentaje de contaminación de agua con Coliformes fecales en un (78.3%) y de Coliformes totales en un (88%) en el área de estudio y su expresión espacial en secano mediterráneo de Chile.

Mejía (2005) realizó el estudio titulado: “Análisis de la calidad de agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras”, con el objetivo de contribuir a la identificación y caracterización de tecnologías sencillas, eficientes, amigables con el ambiente, de fácil implementación en regiones rurales de escaso desarrollo socioeconómico, que permita mantener y mejorar la calidad del agua para consumo humano.

1.4 Objetivos del estudio

1.4.1 Objetivo General

- ☞ Evaluar la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano en la comunidad Carata del distrito Coata, para su mejor desinfección con tecnologías apropiadas, al alcance de la población local.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ☞ Analizar e interpretar las características físico-químico y bacteriológicas de agua para el consumo humano en base a los estándares de calidad de agua.
- ☞ Identificar las principales causas de la contaminación existente e implementar programas de educación sanitaria y desinfección de agua.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

- ☞ La calidad de agua subterránea en la comunidad Carata del distrito Coata, son aptas para el consumo humano según los estándares de calidad de agua (DIGESA y la OMS).

1.5.2 Hipótesis específicos

- ☞ Las características físicas - químicas y bacteriológicas del agua subterránea son diferentes en el ámbito de estudio y se encuentran dentro de los estándares de calidad de agua.
- ☞ Mediante la evaluación se obtiene una información real de las principales causas de la contaminación existente y la implementación de programas de educación sanitaria y desinfección de agua contribuyen en el cuidado de la salud de los usuarios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Aguas subterráneas

Villón (2002) define las aguas subterráneas como el agua que ocupa parcial o totalmente los vacíos dentro del estrato geológico, comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático.

El agua subterránea es de gran importancia, especialmente en aquellos lugares secos, donde el escurrimiento se reduce mucho en algunas épocas del año. Las aguas subterráneas provienen de la infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirectas de ríos o lagos.

Leal y Rodríguez (1998) definen que las aguas subterráneas son parte del ciclo hidrológico que comprende el movimiento continuo de agua entre la tierra y la atmósfera por medio de la evaporación y la precipitación. Parte del agua que cae por la precipitación de lluvia y nieve se incorpora a lagos, ríos, arroyos y océanos. Otra parte es absorbida por la vegetación, la cual transpira el agua de nuevo hacia la atmósfera. El agua que no se evapora directamente de los lagos y ríos o es transpirada por las plantas, se filtra a través del subsuelo y pasa a formar los acuíferos subterráneos. La calidad del agua subterránea puede ser afectada por los contaminantes que se introducen en la superficie de la tierra, pueden infiltrarse a la capa freática y fluir hacia un punto de descarga, ya sea un pozo o un arroyo.

Figura 01: Ocurrencia del ciclo hidrológico del agua



Fuente: <http://ga.wáter usgs.>

Arellano (2002) afirma que las aguas subterráneas son las que se encuentran en el subsuelo por filtración y son el resultado del ciclo hidrológico, por ejemplo los mantos freáticos.

2.2 Agua de pozos

Leal y Rodríguez (1998) señalan que un pozo es un hoyo taladrado con una maquinaria o una excavación manual hecho por el hombre en el suelo que alcanza una fuente de agua o donde el agua brota superficialmente como un surtidor, son el resultado de la perforación o excavación como una vertiente o el acuífero confinado cuyo nivel freático es superior al nivel del suelo. Un pozo que da agua para un pueblo entero se llama un pozo de pueblo y un pozo que solo da agua a una casa se llama un pozo privado.

2.3 Agua de manantiales

Leal y Rodríguez (1998) definen que el manantial es un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área pequeña. Pueden aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, riachuelos o ríos, lagunas o lagos. Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes, y tener su origen en el agua de lluvia que se filtra o tener un origen ígneo.

La composición del agua de los manantiales varía según la naturaleza del suelo o la roca de su lecho. El caudal de los manantiales depende de la estación del año y del volumen de las precipitaciones. Los manantiales de filtración se secan a menudo en periodos secos o de escasas precipitaciones; sin embargo, otros tienen un caudal copioso y constante que proporcionan un importante suministro de agua local.

2.4 Escasez del agua

PNUMA (2003) afirma que doscientos científicos de 50 países han determinado que la escasez de agua, es uno de los dos problemas más acuciantes del nuevo milenio (el otro es el cambio climático).

Desde 1950, se ha triplicado con exceso el uso del agua en el mundo. Durante los últimos 25 años, la disponibilidad de agua en el mundo disminuyó un 50%. Si continúa la tendencia actual, en los próximos 20 años, los seres humanos utilizarán un 40% más de agua que en la actualidad. Según proyecciones, para el año 2025, se predice que 3,500 millones de personas (casi la mitad de la población total), sufrirán problemas con el agua. Así mismo, la cantidad de gente que vive en países con estrés por falta de agua, pasará de los 470 millones actuales a 3.000 millones en el año 2025. La mayor parte de esa gente vive en países en desarrollo.

Los problemas del agua, están más relacionados con una mala gestión que con la escasez de ese recurso. En algunos casos hasta el 50%, del agua en las zonas urbanas, y el 60%, del agua utilizada para la agricultura se desperdicia por pérdidas y evaporación. La explotación forestal y la conversión de la tierra para dar lugar a las demandas de los seres humanos, han reducido a la mitad los bosques del mundo entero, lo cual ha aumentado la erosión de la tierra y la escasez de agua.

PNUMA (2000) afirma que las fuentes, los manantiales y las cuencas están en acelerada vía de extinción, hay cambios de clima y de suelo, inundaciones, sequías y desertización. Pero es la acción humana la más drástica: ejerce una deforestación delirante, ignora los conocimientos tradicionales sobre todo de las comunidades indígenas locales, retira el agua de los ríos de diferentes maneras, entre otras con obras de ingeniería, represas y desvíos.

Y es que ante una situación de escasez del agua la amenaza se cierne sobre tres aspectos fundamentales del bienestar humano: la producción de alimentos, la salud y la estabilidad política y social. Esto se complica aún más si el recurso disponible se encuentra compartido, sin considerar el aspecto ecológico.

La conceptualización de la conservación del recurso agua debe entenderse como un proceso que cruza a varios sectores, por lo que la estrategia debe considerar todo: lo económico, lo social, lo biológico, lo político, etcétera.

La calidad del agua es fundamental para el alimento, la energía y la productividad. El manejo juicioso de este recurso es central para la estrategia del desarrollo sustentable, entendido éste como una gestión integral que busque el equilibrio entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental a través de un mecanismo regulador que es la participación social efectiva.

El agua es un recurso imprescindible pero escaso para la vida. Menos del 1% del agua del planeta es dulce y accesible para el hombre, aunque este porcentaje varía considerablemente según el lugar, el clima o la época del año.

Reynolds (2002) señala que los recursos hídricos se encuentran en peligro, los más importantes y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de proteger y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los que les corresponde cuidarlos y utilizarlos.

Zapata (2006) afirma que el siglo pasado la guerra fue por el petróleo. La guerra de este siglo, será por el agua. Mucha gente no lo comprende porque no tiene conciencia pero, de acuerdo a resultados de estudios realizados, en el caso del Perú, por ejemplo, los glaciares que están por debajo de los 5.500 metros, podrían desaparecer de aquí al 2015 o 2020. Hablando de promedios, entre 25, 100 o 200 años, muchos glaciares pueden desaparecer. Se trata de 3 a 4 generaciones más adelante. Para fines de este siglo XXI, la temperatura puede incrementarse entre 1.4 y 5.8 grados centígrados. En el caso de la Antártida, se proyecta que las temperaturas pueden subir hasta 9 grados. El nivel del mar se incrementa, aproximadamente, en 7 milímetros por año. A fines del siglo XXI, podría aumentar a 70 centímetros o un metro.

2.4.1 Utilización del Agua en el Mundo

UNESCO (2003) afirma que en un mundo globalizado como el actual, es importante destacar la relación que existe entre el agua dulce renovable y el número de habitantes de los diferentes continentes, además del estado actual en términos de calidad y acceso. De esta manera se estará en condiciones de entender mejor las posiciones políticas sobre el destino de este recurso a nivel mundial.

Cuadro 01 relación entre el volumen de agua y el número de habitantes, expresados en % a nivel de continentes.

Continente	Agua %	Habitantes %
Asia	36	60
África	11	12
América del Norte y Central	15	8
América del Sur	26	6
Australia	4	1
Europa	8	13

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO 2003).

2.4.2 El agua dulce es un recurso limitado

PNUMA (2003) señala que el agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97,5% del agua es salada, sólo el 2,5% es dulce. Los casquetes de hielo y los glaciares contienen el 74% del agua dulce del mundo. La mayor parte del resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en la tierra en forma de humedad. Sólo el 0,3% del agua dulce del mundo se encuentra en los ríos y lagos. Para uso humano se puede acceder, a menos del 1% del agua dulce superficial subterránea del planeta.

En 25 años, es posible que la mitad de la población del mundo, tenga dificultades para encontrar agua dulce en cantidades suficientes para consumo y para riego. En la actualidad, más de 80 países, (el 40% de la población mundial) sufren una escasez grave de agua. Las condiciones pueden llegar a empeorar en los próximos 50 años, a medida que aumente la población y que el calentamiento mundial perturbe los regímenes de precipitaciones. Un tercio de la población mundial vive en zonas con escasez de agua, en las que el consumo supera el abastecimiento. Asia occidental es la región más amenazada. Más del 90% de la población de esa región, padece un gran estrés por escasez de agua y el consumo de agua supera en un 10% los recursos de agua dulce renovables.

2.5 Calidad del agua

Mendoza (1996) afirma que el término de calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industrias. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución.

Zea (2010) señala que un agua potable e inocua debe ajustarse a las siguientes características de calidad de agua. Debe ser o estar:

1. Libre de organismos patógenos.
2. Baja en concentración de compuestos muy tóxicos o que tengan efectos serios a largo plazo, tales como el plomo.
3. Clara
4. No salina (salada).
5. Libre de compuestos que provoquen un olor o sabor desagradable.
6. No corrosiva, ni debe ocasionar incrustaciones en las tuberías o manchas en la ropa.

OPS/CEPIS (2004) señalan que el término *calidad del agua* es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria.

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

OMS/OPS (2007) señalan que el término **calidad del agua** es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

2.6 Contaminación del agua

Solsona (2002) indica que el agua se contamina cuando se echan residuos o materiales contaminantes a las fuentes de agua y a las cabeceras de cuencas. Puede ser una industria que vierte los desechos de sus procesos químicos al río; puede ser un agricultor que emplea sustancias tóxicas para eliminar plagas o hierbas en sus cultivos; puede ser una persona que deposita basura en los ríos o lagos, y hasta nosotros mismos en nuestras casas cuando arrojamos por el inodoro pinturas, aceites o sustancias venenosas. Es decir, desde las grandes empresas a los agricultores a mineros y a cada uno de nosotros, todas las personas tienen algún grado de responsabilidad en relación con la contaminación. Y si bien es cierto que algunos contaminan más que otros, en realidad, todos somos contaminantes potenciales. Dicho de otro modo, el cuidado y protección de la calidad del agua es responsabilidad de todos.

Desde el punto de vista de la salud, y tal como se ha mencionado, la contaminación más importante es la microbiológica y las fuentes de esa contaminación son las que deben vigilarse con mayor atención. La calidad del servicio de agua es investigar los valores máximos de contaminantes que puede tener determinada agua es verificar su calidad a fin de decidir si la misma es buena o mala, segura o no segura. Pero es importante dar un paso más allá y evaluar cuáles son las probabilidades de que esa agua, que eventualmente en el momento de la prueba podría tener una calidad aceptable, deje de ser segura en pocos días u horas. Por lo tanto, se debe analizar también el riesgo de contaminación potencial que se pueda presentar. Ello significa que no solo se debe evaluar la calidad intrínseca del agua, sino también la calidad del servicio, entendiendo por el mismo el agua y los elementos que lo contienen o que sirven para su conducción, almacenamiento y

entrega a los usuarios.

Además de los valores de calidad, un buen servicio debe cumplir con los siguientes requisitos que son los denominados “los requisitos de las siete C”:

- ☞ *Calidad*: significa que el agua debe estar libre de elementos que la contaminen a fin de evitar que se convierta en un vehículo de transmisión de enfermedades.
- ☞ *Cobertura*: significa que el agua debe llegar a todas las personas sin restricciones, es decir, que nadie debe quedar excluido de tener acceso al agua de buena calidad.
- ☞ *Cantidad*: se refiere a la necesidad de que las personas tengan acceso a la cantidad suficiente de agua para su uso personal, para los usos necesarios en su hogar y otros que demanden sus necesidades.
- ☞ *Continuidad*: significa que el servicio de agua debe llegar en forma continua y permanente, pues el suministro por horas puede generar problemas de contaminación en las redes de distribución.
- ☞ *Condición*: se refiere a las condiciones en que se encuentran las instalaciones que llevan el agua a la escuela y en donde se mantiene almacenada. Tiene que ver con la situación de seguridad ante la contaminación, el estado de limpieza de las instalaciones, sobretodo de los tanques y depósitos, y el estado físico general, incluidas las fugas, roturas, pérdidas, etc.
- ☞ *Costo*: significa que además del valor natural, el agua segura tiene un costo que debe ser cubierto por los usuarios para cubrir el valor de los insumos necesarios para purificarla, el valor de las instalaciones, su mantenimiento y reparación. El costo debe ser razonable para cubrir los costos de tratamiento y también para que los usuarios lo puedan pagar.
- ☞ *Cultura hídrica o cultura del agua*: significa que las personas, al reconocer el valor del agua y su relación con la salud, deben hacer un uso racional de ella, preservándola adecuadamente para evitar su contaminación y tomando las medidas sanitarias para asegurar el consumo de las futuras generaciones. Quien tiene cultura hídrica reconoce el costo de producir el agua potable y estará dispuesto a pagar ese costo.

Gallego (2000) nos indica que la contaminación del agua es la acción y efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto que impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

Arellano (2002) define como la presencia de sustancias u organismos extraños en un cuerpo de agua en tal cantidad y con tales características que impiden su utilización con propósitos determinados. La contaminación puede ser natural o antropogénica, sin embargo existen dos tipos de tratamientos de agua: el tratamiento de aguas para su acondicionamiento al consumo humano, ya que el agua tal y como se encuentra en la naturaleza no puede ser utilizada por el hombre, dado que puede contener sustancias que provoquen daños en la salud, y el tratamiento de aguas residuales, que se avoca a disminuir la gran cantidad de contaminantes de agua una vez que fue utilizada por el hombre para actividades: agrícolas, industriales o domésticas.

Sagardoy (1994) afirma que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la noción de contaminación del agua comprende cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración impida los usos benéficos del agua.

2.6.1 Tipos de contaminación

UNICEF (1999) señala que las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Estas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénico. Dependiendo de su origen existen dos tipos de contaminación de las aguas:

- a. *Contaminación puntual*: es aquella que descarga sus aguas en un cauce natural, proviene de una fuente específica, como suele ser un tubo o un dique. En este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada. Este tipo de contaminación está generalmente asociada a las industrias y a las aguas negras municipales.
- b. *Contaminación difusa*: es el tipo de contaminación producida en un área abierta, sin ninguna fuente específica; este tipo de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de la tierra tales como: la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales.

La contaminación puntual es fácil de eliminar, si se cuenta con los medios para almacenar el agua vertida, contaminada y tratarla. Generalmente se utilizan tanques de sedimentación, donde se depositan los sedimentos en el fondo y luego se trata con químicos el agua para ser vertida las aguas naturales. El sedimento luego se utiliza como abono orgánico y se estabiliza en un lugar seguro. En el caso de la contaminación difusa, su control es más difícil debido a su naturaleza intermitente y su mayor cobertura. Entre las fuentes de mayor dificultad de controlar, y que causan mayor impacto, se encuentran las fuentes no puntuales

de contaminación, caso de parcelas donde fluye el agua sobre la superficie de la tierra arrastrando nutrientes, fertilizantes, plaguicidas y otros contaminantes aplicados en las actividades agropecuarias y forestales.

Ongley (1997) las fuentes de contaminación se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo arrastrado por el agua de lluvia. Estos contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos, lagos, y finalmente hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas. La repercusión de estos contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta graves catástrofes ecológicas sobre peces, aves, mamíferos y salud humana. La caracterización principal de estas fuentes es que responden a las condiciones hidrológicas.

Villegas (1995) señala que este tipo de contaminación es causada por escorrentías de tierras agropecuarias, silvicultura, y ocupación urbana. No se produce de un lugar específico y único, sino que resulta de la escorrentía, precipitación y percolación, se presenta cuando la tasa a la cual los materiales contaminantes que entran en el cuerpo de agua, exceden los niveles naturales.

Figura 02: Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas



Fuente: <http://www.udep.edu.pe/recursoshidricos/vulnerabilidad.pdf>

2.7 Importancia de la calidad del agua

Vallejos (2001) lo define como un elemento vital y se usa como parte de la dieta para las necesidades hídricas del organismo. Desde el punto de vista bromatológico interesa por su abundante uso en la industria alimentaria y su uso como bebida. El agua como alimento debe reunir requisitos de composición química e higiene. El agua pura no interesa porque no es alimento. Interesan las aguas naturales con más iones, concentrados de sustancias orgánicas y minerales que proceden del contacto del agua con la atmósfera y el suelo.

Randulovich (1997) afirma que cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incremento en el consumo per cápita, contaminación de las fuentes de agua en general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas.

Molina (2002) indica que la importancia del recurso hídrico para la sociedad está considerada como un bien esencial en el crecimiento económico y desarrollo social de las naciones. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 2002), un sector importante para la economía de muchos países como lo es la agricultura, utiliza alrededor del 70% del total del agua extraída, mientras que el sector industrial utiliza el 20% y el 10% restante es para consumo doméstico. Además de la disponibilidad, otro problema es la mala calidad del agua. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS 2000), hay más de 1000 millones de personas que carecen de acceso a agua no contaminada, siendo las zonas rurales donde al menos el 29% de los habitantes carece de agua no contaminada y el 62% de sistemas de saneamiento, mientras que en los países en desarrollo, del 90% al 95% de las aguas residuales y el 70% de los desechos industriales se vierten sin ningún tipo de tratamiento en aguas superficiales, de modo que contaminan las existencias de agua utilizable. A su vez las actividades agrícolas, principalmente de países industrializados, ocasionan gran contaminación de los mantos freáticos y los cuerpos superficiales de agua, a través del escurrimiento de fertilizantes y plaguicidas y la lluvia ácida.

Ongley (1997) señala aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual genera el estrés hídrico. En la región Centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal.

OPS. En (1999) afirma, el peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública. Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales.

Lo anterior tiene una estrecha relación con la escorrentía superficial, una forma de contaminación difusa o no localizada. La contaminación por fuentes no localizadas contribuye significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las fuentes de aguas superficiales, especialmente por coliformes fecales de origen humano y animal. En este sentido, un suministro seguro de agua para uso potable en cantidad, calidad y continuidad, contribuye a la reducción de la probabilidad de enfermedades transmitidas por la vía fecal y oral.

2.8 Impacto de la calidad de agua en la salud

Solsona (2002) indica que el agua tiene una estrecha relación con la vida humana por su utilidad directa y por ser un elemento esencial para la conservación del ecosistema. Es también un agente básico de salud o enfermedad.

Tener acceso a un agua segura es fundamental para la salud de las personas, ya que si está contaminada se convierte en uno de los principales vehículos de transmisión de enfermedades, las que afectan a los grupos más desprotegidos de la población, entre ellos, a los niños.

Las enfermedades transmitidas por el agua, especialmente las diarreas, se encuentran entre las principales causas de morbilidad y mortalidad en la mayoría de los países en desarrollo. Los niños pueden contraer esas enfermedades al beber agua contaminada, pues los microorganismos que causan esas enfermedades son ingeridos con el agua.

Entre las principales causas de las diarreas están la inapropiada disposición de excretas, las prácticas higiénicas inadecuadas y la mala calidad del agua de bebida. Si bien es cierto que esas causas se engloban dentro del contexto de la pobreza, también se deben a la falta de educación y a las pautas culturales inapropiadas.

Es importante señalar que la magnitud y el peso de una planificación inapropiada representan riesgo sobre la calidad de vida de los individuos y sobre la economía de la humanidad en su conjunto.

2.9 Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica

Faustino (1996) lo define que la cuenca hidrográfica es la unidad de análisis y planificación para darle el enfoque integrado al estudio del recurso hídrico superficial y subterráneo. Es el territorio o espacio de terreno limitado por cerros, partes elevadas y montañas, de los cuales se configura una red de drenaje superficial, que en presencia de precipitación de lluvias, forma el escurrimiento de un río para conducir sus aguas a un río más grande o a otro río principal, lago o mar.

Ramakrishna (1997) señala que en una cuenca hidrográfica se da el deterioro de los suelos, bosques y agua, daño a las aguas superficiales, los cuales se reflejan como una respuesta inmediata de la cuenca a las alteraciones en la ocurrencia temporal del flujo y el deterioro de la calidad de las aguas de ríos.

Los recursos naturales de una cuenca (agua, suelo, biodiversidad) son renovables si se pueden reemplazarse por la vía natural o mediante la intervención humana. Por el contrario, son no renovables cuando no se les puede reemplazar en un periodo de tiempo significativo en términos de las actividades humanas a que están sometidos.

2.10 Calidad de agua y su relación con la agricultura

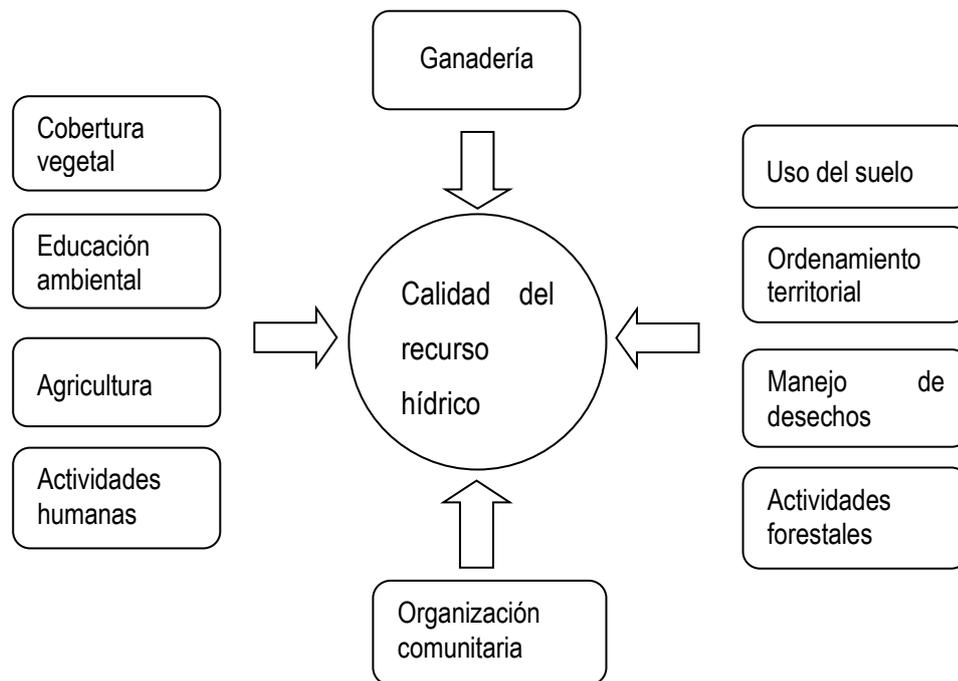
Perdomo (2002) nos indica que la calidad del agua se refiere al grado de salubridad y pureza de esta para el consumo humano en muchos países se ha constatado que la actividad agrícola puede afectar la calidad de agua superficial (ríos y lagos) como superficiales (acuíferos). Los contaminantes más importantes relacionados con la actividad agrícola son el Nitrato (NO_3) y los agroquímicos, la contaminación del agua con nitrato puede provocar la toxicidad aguda en seres humanos (conocida con la enfermedad de niño azul), también algunos estudios indican que el consumo prolongado de agua con altas concentraciones de (NO_3) puede provocar cáncer, aun esta teoría no está confirmada, OMS ha fijado un valor crítico del nitrógeno en forma de nitratos de 10.5 mg/l, por encima del cual ese agua no es aceptable para consumo humano. En el caso de pesticidas, si bien no son frecuentes los reportes de toxicidad grave, se cree que el consumo del agua contaminada con estos productos puede llevar también a crónicos, no fácilmente detectables.

2.11 Factores que influyen en la cantidad y calidad de agua

2.11.1 Uso de la tierra y su relación con la calidad de agua

Mitchell, Stapp y Bixby (1991) afirman que la investigación explora los factores, actividades, procesos y condiciones sociales que estén incidiendo en la cantidad y calidad del agua de la microcuenca como se muestra en la Figura.

Figura 03: Factores que influyen en la calidad del agua en una microcuenca.



Fuente: Mitchell, Stapp y Bixby (1991).

Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados. Éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua.

Sanfeliú (2001) lo afirma que el 80% del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua.

El uso de la tierra tiene efectos sobre los procesos hidrológicos y de sedimentación, y está relacionada con la escorrentía, inundaciones, recarga de agua subterránea, erosión y carga de sedimentos. El tamaño de los granos del suelo, su ordenamiento y su contenido de materia orgánica son factores íntimamente ligados a la capacidad de infiltración y de retención de humedad, por lo que el tipo de suelo predominante en la cuenca, así como su uso, influye de manera notable en la magnitud y distribución de los escurrimientos.

Los impactos de las prácticas del uso de la tierra se pueden agrupar en dos categorías: impactos sobre los valores de uso y valores de no uso. Los valores de uso pueden ser consuntivos, por ejemplo, el riego y el uso doméstico, y no consuntivos, como el transporte.

Las masas de agua y las zonas de ribera pueden tener también valores de usos no significativos, por ejemplo como almacén de biodiversidad.

La incertidumbre existente en las relaciones entre las actividades del uso de la tierra en la cuenca alta y los impactos sobre los usuarios de los recursos de la cuenca baja, crea a su vez una incertidumbre en los valores económicos.

2.11.2 La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua

Brooks, Gregersen y Thames (1991) afirman que la ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más comunes, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobre-pastoreo, es un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico. Generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les de protección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspensos.

Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando el ganado pasta en áreas muy cercanas a las fuentes de agua. En un estudio realizado, la cantidad de bacterias en el suelo fue en función del tipo y del número de ganado, y la forma en que los desechos fueron tratados o almacenados.

Vidal, López y Valles (2000) señalan por otra parte que un efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobre-pastoreo, ya que afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo, de tal forma que al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada fácilmente, e inevitablemente ocurrirá arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Se ha estimado que en áreas de ganadería con 1% de pendiente basta con 8 toneladas de peso seco por hectárea de estiércol para que las aguas superficiales sean enriquecidas por nitrógeno y fósforo.

Los factores que controlan y disminuyen los efectos de la contaminación por el estiércol están íntimamente relacionados a la capacidad de absorción de los cultivos al nitrato y la capacidad de absorción del amonio por parte del suelo. Siendo afectada esta última por la compactación del suelo, lo que provoca una baja liberación de amonio en el suelo y seguido por el transporte a las fuentes de agua mediante la escorrentía.

2.11.3 La agricultura y su influencia en la calidad del agua

FAO (1993) menciona que la agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química. La agricultura tiene un fuerte impacto sobre el ambiente, especialmente sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas, es considerada como una fuente importante de contaminación en las aguas dulces de América Latina.

Las principales fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas y la ausencia del manejo de desechos sólidos. La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad.

Ongley (1997) señala que la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos proveniente de agroquímicos. Esto justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a escala mundial.

Vidal et al. (1997) manifiestan que la expansión agrícola y la deforestación en países tropicales son causas de degradación del agua. Se ha demostrado que plaguicidas asociados con sedimentos son una fuente muy común en países del trópico. En la actualidad, los organismos dedicados a determinar la calidad de agua realizan muestreos más diversos, incluyendo agua, sedimento y biota, con la finalidad de determinar con mayor precisión los plaguicidas que se encuentran en el medio acuático.

Wagner, Shillings y Libra (2000) señalan que en la mayor parte de los países latinoamericanos, uno de los problemas más fuerte es la contaminación derivada de las fuentes no puntuales, como es el caso de la agricultura, dada por el uso de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas y residuos que son arrastrados por las lluvias a las fuentes de agua.

La contaminación de aguas superficiales está íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos, por el arrastre de sedimentos debido a la agricultura. Ésta posee dos dimensiones principales: la dimensión física, consistente en la pérdida de la capa arable del suelo, y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y cárcavas que provocan los altos

niveles de turbidez. El nitrato es típicamente lixiviado desde los campos cultivados y se mueve a poca profundidad, subterráneamente, hacia las fuentes superficiales; esta lixiviación se reduce hasta en un 15% cuando se dan prácticas de manejo de conservación de suelos y agua.

Chambers et al. (2002) opinan de igual manera al usar estiércol de ganado como abono en la agricultura, una porción significativa de amonio puede ser transportada a los cuerpos de agua por escorrentías de los campos agrícolas. También se han encontrado altos niveles de nitrato en aguas debajo de las tierras de cultivo; el uso excesivo de fertilizantes, así como las corrientes de agua de tormentas conteniendo nitratos de fertilizantes, parece ser la causa.

2.11.4 Actividades Humanas

Mendoza (1996) señala que el uso inapropiado que el hombre ha hecho de la tierra, eliminado las masas boscosas, ha sido causa principal en relación con el caudal de los ríos. Es decir, se refleja en la más rápida evacuación del agua y en la calidad de la misma. La recepción de aguas contaminadas se da a través de dos fenómenos: las aguas de lluvias que discurren por el suelo y el subsuelo, que luego de su contacto con ella arrastran sub productos de las actividades humanas que cambian su calidad natural, y las aguas que luego de ser usada y transformada su calidad físico- química, son reintegradas a los cuerpos de aguas naturales. El receptor de todas las aguas que discurren por el territorio de la cuenca es el océano. De igual forma, los acuíferos que son otras fuente de abastecimiento de agua pueden ser contaminadas por las actividades del ser humano.

Colon (2003) menciona que el deterioro de la calidad causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, induciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por agua de calidad.

2.11.5 Cobertura Vegetal

Fassaert (2000) pone de manifiesto que la falta de cobertura vegetal aumenta la escorrentía superficial, agrava el efecto de la lluvia sobre el suelo, haciendo que se aumente la escorrentía superficial, que se rompan los agregados del suelo y que con mayor facilidad las aguas las transporten. Esto evidencia que el estado del suelo y de la vegetación eleva la tasa de sedimentos arrastrados. También manifiesto que la alta cantidad de sedimentos que transportan estas corrientes por la erosión de las zonas agua arriba significa una calidad inferior del recurso agua, limitando su uso en procesos industriales, hidro-energéticos, de irrigación en zonas agua abajo y un

mayor costo en su purificación para el consumo humano.

2.11.6 Actividades Forestales

Fassaert (2000) menciona de otros factores que afectan la cantidad y calidad del agua son las prácticas de manejo forestal que se realizan en terrenos. Esto se da cuando el manejo forestal cambia la producción del área afectando los niveles de las corrientes externas e internas provocando sedimentación de los canales de riego, incremento de avenidas, riesgos y daños por inundaciones.

Una atención singular merece la cobertura forestal y principalmente la boscosa, la cual es fundamental para garantizar la calidad de agua y niveles aceptables de escorrentía y conservación de suelos. Cuando el bosque está intacto el agua se mantiene limpia, pero cuando existe la necesidad de talar los árboles con el objetivo de sembrar, la necesidad de leña, la quema en los terrenos, erosión por la necesidad de infraestructura, manejo de la ganadería al aire libre, se tiene un agua con exceso de sedimentos. La cuenca poco a poco se va degradando a tal nivel que hay cauces donde ya no corre el agua.

2.12 Procesos que afectan la calidad de agua en una microcuenca

Córdoba (2002) afirma que existen procesos y actividades que se dan en las microcuencas derivadas de sus usos actuales, que causan efectos en la calidad del agua dentro de los más importantes están:

- Existe una sobreutilización de productos agroquímicos en áreas pequeñas, lo que está contribuyendo al deterioro de los suelos y por consiguiente, a la contaminación de las fuentes superficiales.
- No existe un manejo ni conocimiento en la disposición de los desechos sólidos provenientes, tanto de las actividades agrícolas como de las domésticas, que tienen como destino final el cauce del río.
- La compactación de los suelos comprende procesos que afectan principalmente sus características físicas y constituyen una de las causantes de los procesos de erosión hídrica. También modifican la capacidad de infiltración y alteran el escurrimiento superficial. Cuando el escurrimiento es rápido por no existir cobertura vegetal ni trabajo de conservación de suelos no hay infiltración adecuada y como consecuencia el caudal de los nacimientos baja considerablemente en perjuicio de los habitantes que abastece.

- En las cuencas hidrográficas existen relaciones recíprocas entre el agua, vegetación y el suelo, las cuales al ser alteradas o modificadas por la acción del hombre provocan cambios en su sistema hidrológico que pueden ser apreciados a través de su régimen de caudales y su respuesta hidrológica.

El uso de la tierra es uno de los factores que más influyen en la escorrentía de un área; si una cuenca posee una cobertura vegetal adecuada sobre el suelo, la lluvia no impactará directamente en el mismo, entonces no sólo habrá una alta interceptación sino que la escorrentía llegará a los canales de drenaje en forma lenta y sin mayor arrastre de sedimentos.

La contaminación del agua debido a la actividad del beneficiado de café se caracteriza por un elevado consumo de agua y la consecuente generación de grandes cantidades de agua residual, debido al proceso de beneficiado húmedo del café por el arrastre de las aguas mieles, agua de despulpado, aguas del proceso de lavado (Córdoba 2002).

Las actividades económicas que se realizan generalmente en las cuencas principalmente el cultivo de café y la ganadería, tienen un alto impacto en las partes altas de las cuencas. La consecuencia de estas actividades son principalmente el vertido de las aguas mieles sobre los ríos, panorama muy común en el área rural, donde existe la costumbre y en muchos casos la necesidad, por parte de la población, de utilizar los ríos como fuente de agua para consumo humano.

Las malas prácticas desarrolladas a través del tiempo han provocado un desequilibrio ambiental; los suelos presentan alto nivel de degradación, pobres con fuertes pendientes donde se cultivan granos básicos y hortalizas, provocando el arrastre de agroquímicos residuales por la escorrentía superficial proveniente del cultivo de café que se encuentra en las partes altas de las microcuenca. A esto se le suma una fuerte deforestación en las zonas de laderas para el establecimiento de sistemas de ganadería, café y granos básicos; también en las riveras de los ríos la vegetación es aún más escasa, lo que facilita el arrastre de los residuos utilizados en las prácticas agrícolas.

Entre los problemas más graves que se visualizan están el arrastre por arroyos y quebradas de desechos provenientes de productos químicos que los productores dejan en las parcelas, basura y detergentes, asociados principalmente por el lavado de ropa en los ríos; a esto se le suma la contaminación por plaguicidas producto del lavado de bombas, mochilas y el vertido de aguas mieles y pulpa de café. Sumado a los problemas anteriores, existe un fuerte limitante para el desarrollo y manejo de las microcuencas, debido a la falta de información real de la calidad del agua.

2.13 Agua de consumo humano

Vargas (1996) manifiesta agua de consumo humano al agua que no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana.

OPS/COSUDE (2007) señalan que el agua distribuida a través de los sistemas de abastecimiento debe ser inocua. Para ello, la calidad del agua debe cumplir con las condiciones físico químicas y bacteriológicas establecidas por el Ministerio de Salud, de tal manera que el consumo no dañe la salud de los usuarios.

Los compuestos y elementos perjudiciales y peligrosos para la salud, además de bacterias patógenas, que se tomarán en cuenta para determinar la calidad de las aguas deben estar en concordancia con las normas y/o estándares de calidad del agua para consumo humano.

La OMS en (1993) define el agua de consumo humano como "adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la higiene personal".

2.14 La calidad de agua de consumo humano

OPS/COSUDE (2007) afirman que la calidad del agua de consumo humano se refiere a que el agua se encuentre libre de elementos que la contaminen y conviertan en un vehículo para la transmisión de enfermedades. Por su importancia para la salud pública, la calidad del agua merece especial atención. Sin embargo y sobre todo en los países en desarrollo a este problema se le ha prestado poca atención en comparación con otros aspectos como la cobertura.

La cantidad y la cobertura son tan importantes como la calidad de la misma para prevenir las enfermedades de origen hídrico. El acceso a los servicios de agua potable debería ser garantía de que se está consumiendo agua segura, sin embargo, en muchos casos no es así porque el agua es de mala calidad y no cumple las normas de potabilidad, aunque se distribuya a través de redes entubadas y conexiones domiciliarias.

2.15 Evaluación de la calidad de agua

UNICEF (1999) precisa que la evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud.

OPS/CEPIS (2004) nos indica que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminología empleadas.

Para una correcta interpretación de los datos obtenidos, los resultados de los análisis deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etcétera. El uso de gráficos ayuda a mostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por tanto, a realizar adecuadamente la evaluación de los recursos hídricos.

OMS En (1993) afirma que la evaluación de la calidad de agua es un estudio técnico, que determina las características organolépticas, físicas, químicas y biológicas del agua en sistemas de abastecimiento público, redes de suministro, drenaje municipales o industriales, descargas de aguas residuales, cuerpos receptoras, canales y vasos de captación, etc.

Los estudios de este tipo, incluyen la elaboración del programa de muestreo, las campañas de monitoreo, la caracterización analítica en situ y en laboratorio, la revisión de resultados y el dictamen sobre la calidad de diferentes corrientes de agua de suministro y de los efluentes que se generan en centros urbanos y/o industriales, así como de cuerpos de agua territoriales y costeros con respecto a la normatividad vigente, criterios ecológicos o de aprovechamiento.

2.16 Clasificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Las aguas se clasifican en cuatro grupos (ver tabla 01), según su calidad para el consumo humano. Para hacer esta clasificación se usan unos 20 parámetros de los que los más importantes son: DQO, DBO₅, NH₄⁺, NTK, conductividad, Cl⁻, CN⁻, recuentos microbiológicos y algunos metales (Fe, Cu, Cr).

Tabla 01: Clasificación de las Aguas para Consumo Humano

Tipo	Clasificación de las aguas para consumo humano
A1	Aguas potabilizadas con un tratamiento físico simple como filtración rápida y desinfección.
A2	Aguas potabilizadas con un tratamiento físico-químico normal, como pre cloración, floculación, decantación, filtración y desinfección.
A3	Potabilización con un tratamiento adicional de la A2, tales como ozonización o carbón activo.
A4	Aguas no utilizables para suministro de agua potable, salvo casos excepcionales, y con un tratamiento intenso.
A5 *	Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
A6 *	Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

(*) Clasificación de las aguas para otros usos: pesca, recreativa, deportiva y otros.

Fuente: http://www.Tecnología/microbiologia2_parte2.htm.

2.17 Normas que Garantizan la Calidad de Agua

Solsona (2002) indica que desde el punto de vista institucional, la garantía de que el agua de bebida esté libre de riesgos microbiológicos es una responsabilidad de las autoridades sanitarias. Para ello, cada país debe establecer un marco de referencia para evaluar si el agua está en buenas condiciones, si es segura o si está contaminada. Este instrumento se llama Norma de Calidad de Agua de Bebida (NCAB).

“Por definición, una norma es una regla o principio que una autoridad considera, por consentimiento general, como una base de comparación. Es algo normal o promedio en cuanto a la calidad y la forma más común de su especie. Una norma adecuada para la calidad del agua de bebida (NCAB) es la referencia que garantiza que el agua no sea perjudicial para la salud humana”.

OMS En 1995 señala que los límites permisibles de la calidad del agua para el consumo humano, también llamada agua potable, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de éstas, se toman en cuenta normas internacionales. Los límites máximos permisibles (LMP) referenciales para el agua potable de los parámetros que se controlan actualmente, se indican en las tablas N° 12 al 13 del Anexo.

Villegas (1995) afirma que los indicadores deberían ser explicados bajo el concepto de sostenibilidad dentro de un proceso lógico, fusionando los aspectos ecológicos, económicos y sociales. Estos se definen ante una situación única y dentro de un escenario específico.

DIGESA (2000) establece a la ley general de Salud Ley N° 26842, la propuesta de Reglamentación de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de asegurar la calidad del agua para consumo, cuyos valores permisibles se muestran en las Tablas N° 02 y 03.

Tabla 02: Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos

Parámetros	Unidad de medición	Límite Máximo Permissible
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml a 35 °C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 ml a 44.5 °C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 ml a 44.5 °C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/ml a 35 °C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes de protozoarios patógenos.	N° org/l	0
6. Virus	UFC/ml	0
7. Organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos.	N° org/l	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = <3/100 ml

Fuente: Valores establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, MINSA-DIGESA-Lima-Perú, 2010.

Tabla 03: Límites o estándares permisibles para agua de pozo (agua cruda), según OMS, CEPIS, INDECOPI, SUNASS.

Calidad	Límite o estándar permisible
Ideal	≤ 10 C. T./ C.F/100ml
Aceptable	100 C. T./ C.F/100ml
No aceptable (rechazable o contaminado)	≥ 1,000 C. T./ C.F/100ml

Fuente: Blgo Msc. Eva Laura Chauca, UNA-Puno 2010.

Tabla 04: Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica

Parámetro	Unidad de medición	Límite recomendado MINSa-DIGESA (2010)	Límite Máximo Permisible OMS (2005)
1. Olor	---	Aceptable	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15	15
4. Turbiedad	UNT	5	5
5. pH *	Valor de Ph	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5
6. Conductividad (25 °C)	µmhos/cm	1500	2000
7. Sólidos totales disueltos	mg/l	1000	1000
8. Cloruros	CL ⁻ mg/l	250	200 a 300
9. Sulfatos	SO ₄ ⁼ mg/l	200	250
10. Dureza total	CaCO ₃ mg/l	500	250 – 500
11. Alcalinidad	CaCO ₃ mg/l	120	200 - 500
12. Amoníaco	N mg/l	1.5	1.5
13. Aluminio	Al mg/l	0.2	0.2
14. Calcio	Ca mg/l	75	200
15. Cobre	Cu mg/l	2.0	1.0
16. Hierro	Fe mg/l	0.3	0.3
17. Magnesio	Mg mg/l	125	150
18. Manganeso	Mn mg/l	0.1	0.5
19. Nitrato	NO ₃ mg/l	<1	5
20. Sodio	Na mg/l	200	200
21. Zinc	Zn mg/l	3.0	3.0 – 15.0

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Valores establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, MINSa-DIGESA-2010, OMS- 2005.

2.18 Principales Indicadores Físicos, Químicos y Biológicos de Calidad de Agua

2.18.1 Indicadores Microbiológicos de Agua

OPS/CEPIS (2004) afirma que la gran variedad de microorganismos patógenos que pueden encontrarse en una muestra de agua, así como la complejidad de la mayor parte de las técnicas de enriquecimiento y aislamiento e identificación, hace inviable el control rutinario de todos estos microorganismos indicadores, que deben cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- ❑ Ser fáciles de cultivar en el laboratorio
- ❑ Ser relativamente inocuos para el hombre y los animales.
- ❑ Su concentración debe tener relación con la cantidad de microorganismos patógenos presentes en el agua.

La evaluación de la calidad microbiológica del agua de abastecimiento humano se efectúa mediante la determinación de indicadores. Los que comúnmente se utilizan son los coliformes totales, los coliformes termotolerantes (fecales), la *Escherichia coli* y las bacterias heterotróficas mesófilas aerobias viables.

Se han efectuado interesantes estudios con el objeto de conocer la relación que existe entre la presencia de determinados indicadores de contaminación en el agua de bebida y la prevalencia de enfermedades diarreicas.

Grupo coliforme. Los coliformes son bacterias que habitan en el intestino de los mamíferos y también se presentan como saprofitos en el ambiente, excepto la *Escherichia*, que tiene origen intestinal. Los coliformes tienen todas las características requeridas para ser un buen indicador de contaminación. Este grupo de microorganismos pertenece a la familia de las enterobacteriáceas. Se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en un lapso de 24-48 horas y producir ácido y gas. Los siguientes géneros conforman el grupo coliforme:

- *Klebsiella*
- *Escherichia*
- *Enterobacter*
- *Citrobacter*
- *Serratia*

De este grupo, la *Escherichia* y ocasionalmente la *Klebsiella* tienen la capacidad de fermentar la lactosa no solo a las temperaturas indicadas, sino también a 44,5 °C. A los miembros de este grupo se les denomina *coliformes termotolerantes* (fecales).

a) Coliformes totales

OPS/CEPIS (2004) afirma que los coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas. Tienen la enzima cromogénica B galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador. Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo. La reacción se detecta por medio de la técnica de sustrato definido. Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana.

Los coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la que circula en el sistema de distribución. No constituyen un indicador de contaminación fecal.

DIGESA (2000) señala que los Coliformes Totales se pueden hallarse tanto en heces como en el medio ambiente, por ejemplo aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición. También hay especies que nunca o casi nunca se encuentran en las heces pero que se multiplican en el agua.

Características:

El grupo coniforme está formado por todas las bacterias Gram. Negativas aerobias y anaerobias facultativas, no formadoras de esporas, con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35 °C y desarrollándose en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos.

Riesgos:

- Su presencia indicaría ineficiencia en el tratamiento de aguas y de la integridad del sistema de distribución.
- Por ingestión o inhalación puede ocasionar gastroenteritis.
- Por contacto infección a la piel, ojos y oído.

Tabla 05: Estándares permisibles para determinar la calidad de agua cruda (Coliformes totales)

Ideal	Aceptable	Máximo permisible
Por lo menos el 95% de la muestras de un periodo consecutivo de 30 días deberán tener una densidad de coliformes totales menos de 100NMP/100ml.	Por lo menos 90% de las muestras de un periodo consecutivo de 30 días deberán tener una densidad de coliformes totales menos de 1000NMP/100ml.	Por lo menos el 90% de la muestras de un periodo consecutivo de 30 días deberán tener una densidad de coliformes totales menos de 5000NMP/100ml.

Fuente: Canadian Drinking wáter standard and objetives-2000

b) Coliformes termotolerantes (Fecales)

OPS/CEPIS (2004) señala que el término de *coliformes termotolerantes*, hace referencia a un grupo de microorganismos que se caracteriza por tener propiedades químicas del grupo de las coniformes. Pero además por su crecimiento a temperaturas elevadas de incubación (44-45.5 °C), en este grupo se incluyen a los géneros *Escherichia* y *Klebsiella*.

El término Coliforme fecal es aquel que se caracteriza directa e incuestionablemente relacionado con el hábitat fecal. Uno de los hábitats típicos de este grupo de bacteriano es el tracto digestivo de los animales de sangre caliente, aunque también se encuentran en el suelo, plantas, agua, en este grupo se incluye a *Escherichia*, sin embargo como la detección de coliformes fecales se realiza por su termotolerancia, muchos resultados pueden ser falsos positivos, debido al a presencia de de *Klebsiella*, que no tiene porque indicar contaminación fecal. Por este motivo se requieren métodos sensibles que permitan medir el grado de contaminación fecal.

Se denomina *coliformes termotolerantes* a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes

totales que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal. Por este motivo, antes recibían la denominación de *coliformes fecales*; estos coliformes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos. Los coliformes termotolerantes crecen a una temperatura de incubación de 44,5 °C. Esta temperatura inhibe el crecimiento de los coliformes no tolerantes.

Se miden por pruebas sencillas, de bajo costo y ampliamente usadas en los programas de vigilancia de la calidad del agua. Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana; actualmente el mercado ofrece otras técnicas más avanzadas, pero el empleo de las técnicas tradicionales está aprobado por los estándares internacionales.

DIGESA (2000) señala que los Coliformes Termotolerantes diferentes de *Escherichia coli* pueden proceder a aguas orgánicamente enriquecidas como efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición.

Características:

- Comprende a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Este grupo de organismos puede fermentar la lactosa entre 44 – 45 °C.

Riesgos para la salud:

- Es poco probable que los organismos coliformes termotolerantes vuelvan a desarrollarse en un sistema de distribución a menos que estén presentes nutrientes en cantidad suficiente o que materiales inadecuados entren en contacto con el agua tratada.
- Por contacto directo pueden infectar heridas, mucosas de ojos y oídos.
Por ingestión ocasionan gastroenteritis aguda.

Tabla 06: Estándares permisibles para determinar la calidad de agua cruda (Coliformes termotolerantes)

Ideal	Aceptable	Máximo permisible
Por lo menos el 95% de la muestras de un periodo consecutivo de 30 días deberán tener una densidad de coliformes termotolerantes menos de 10NMP/100ml.	Por lo menos 90% de las muestras de un periodo consecutivo de 30 días deberán tener una densidad de coliformes termotolerantes menos de 100NMP/100ml.	Por lo menos el 90% de la muestras de un periodo consecutivo de 30 días deberán tener una densidad de coliformes termotolerantes menos de 1000NMP/100ml.

Fuente: Canadian Drinking water standard and objectives-2000

b. 1 *Escherichia coli*

DIGESA (2000) señala que la *Escherichia Coli* abunda en las heces de origen humano y animal. Se halla en agua residual, en agua y suelos naturales que han sufrido contaminación reciente, ya sea de seres humanos, operaciones agrícolas o de animales y aves salvajes.

Características:

- Pertenece a la familia de las enterobacteriaceas, posee las enzima beta-galactosidasa, betaglucuronidasa. Se desarrolla a 44 – 45 °C en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol liberando ácido y gas, produciendo índole a partir del triptófano. Algunas cepas pueden desarrollarse a 37 °C pero no a 44 – 45 °C y algunas no liberan gas. *Escherichia Coli* no produce oxidasa ni hidroliza la urea.

Riesgos para la salud:

- La vía de infección primaria es la ingestión. Habitualmente no es patógeno pero puede ocasionar gastroenteritis.
- Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente

OPS/CEPIS (2004) afirma que es el principal indicador bacteriano en el agua. Diversos estudios han demostrado que la *E. coli* está presente en las heces de los seres humanos y los animales de sangre caliente entre 10⁸ y 10⁹ por gramo de heces. No se multiplican en forma apreciable en el ambiente.

La *E. coli* fermenta la lactosa y produce ácido y gas. Tiene la enzima cromogénica B glucuronidasa, que actúa sobre el nutriente indicador MUG22. Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto se visualiza por la fluorescencia en el medio de cultivo.

c) Bacterias

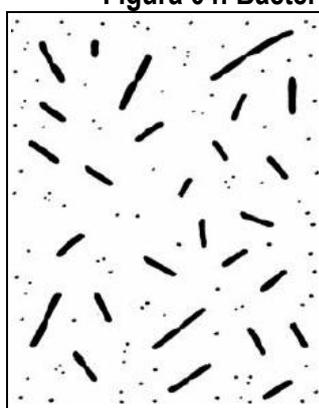
OPS/CEPIS (2004) afirma que son seres de organización simple, unicelulares. Se distribuyen en una amplia variedad de sustratos orgánicos (suelo, agua, polvo atmosférico). La mayor parte de bacterias son beneficiosas para el ecosistema acuático. De ellas depende la mayor parte de las transformaciones orgánicas. Favorecen la autodepuración de los cuerpos de agua. Existe otro grupo de bacterias que son patógenas y que pueden causar enfermedades graves en el hombre y en los animales.

Tabla 07: Tipos de microorganismos en el agua

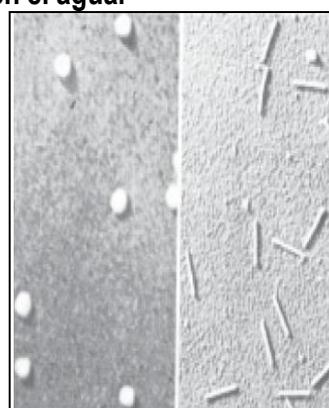
Bacterias	Escherichia coli, Salmonella, Shigella, Vibrio cholerae, Yersinia enterocolitica, Campylobacter jejuni.
Virus	Enterovirus, Rotavirus, Adenovirus.
Protozoos	Guardia, Cryptosporidium, Entamoeba histolytica, Balantidium coli.
Helmintos	Ascaris, Trichuris, Taenia.
Cianobacterias	Anabaena, Microcystis.

Fuente: <http://www.cepis.ops-oms.org>

Figura 04: Bacterias patógenas en el agua.



Bacilos de E. coli



Bacterias Patógenas

Fuente: <http://www.cepis.ops-oms.org>

d) Algas

OPS/CEPIS (2004) lo define plantas de organización sencilla, fotosintéticas. Presentan clorofila. Existen en formas unicelulares, coloniales y pluricelulares. La clasificación sanitaria de las algas está basada en sus características más saltantes y de fácil observación. Dicha clasificación considera los siguientes grupos:

- algas azul-verdes
- algas verdes
- diatomeas y
- algas flageladas.

En las aguas superficiales existe una diversidad de algas: flotantes, epifitas, litorales y bentónicas. Su reproducción guarda estrecha relación con la naturaleza de los distintos hábitats, caracterizados a su vez por diferentes factores ecológicos como la luz, la temperatura, los nutrientes como los nitratos y los fosfatos, el oxígeno, el anhídrido carbónico y las sales minerales.

El incremento anormal de las algas se produce por el exceso de nutrientes y cambios en la temperatura. Este fenómeno se conoce como *eutrofización* o *eutroficación* y tiene como

consecuencia múltiples dificultades en el tratamiento y la desinfección del agua por la producción de trihalometanos y otras sustancias químicas que alteran el sabor y el olor del agua tratada.

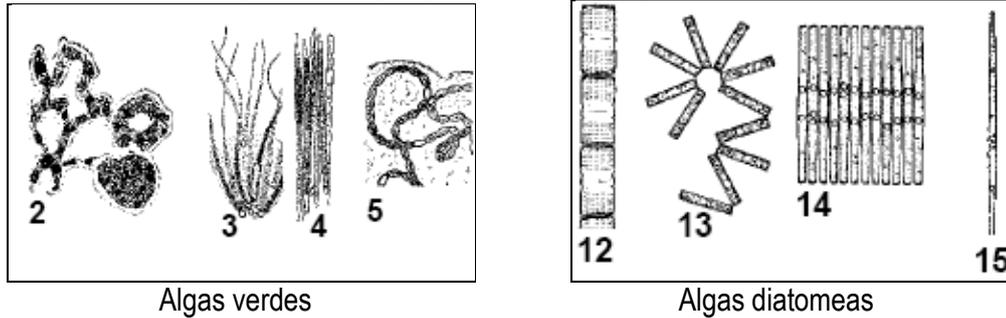
Cuando las algas traspasan ciertos valores por unidad de volumen —valores que dependen de la especie de alga predominante, la temperatura del agua, el tipo de tratamiento, etcétera—, causan problemas en las plantas de tratamiento.

Estos problemas son los siguientes:

- *Sabor y olor.* Se ha detectado que algunas algas producen olor a pescado, tierra y pasto, entre otros.
- *Color.* La abundancia de las algas clorófitas produce un color verde en el agua; otras, como la *Oscillatoria rubens*, originan un color rojo.
- *Toxicidad.* Algunos tipos de algas azul-verdes, actualmente denominadas *cyanobacterias*, causan disturbios gastrointestinales en los seres humanos.
- *Corrosión.* Algas como la *Oscillatoria* pueden producir corrosión en las piezas o tubos de concreto armado y en los tubos de acero expuestos a la luz. Algunas veces el agua influye en la modificación química del medio.
- *Obstrucción de filtros.* Cuando la decantación no se realiza en forma adecuada, pueden pasar organismos al filtro y colmatarlo. Las diatomeas constituyen el grupo de algas que causa mayores problemas por poseer cubiertas de sílice que no se destruyen después de su muerte.
- *Dificultad en la decantación química.* Existen algunos tipos de Cyanobacterias que al envejecer, forman bolas de aire en su citoplasma. Los flocúlos de hidrógeno de aluminio aglutinan estas algas sin decantar y causan problemas.
- *Alteración del pH.* Esta alteración se produce debido al consumo de CO₂ con precipitación de CaCO₃, lo que aumenta el pH. El control de la densidad de algas en las fuentes de agua destinadas al abastecimiento debe efectuarse en forma preventiva. Se debe limitar el ingreso de nitrato y de fosfatos a la fuente. En el caso de que se requiera un proceso correctivo, este puede efectuarse mediante el uso de alguicidas como el sulfato de cobre, el cloro o una combinación de ambos.

En este proceso se deben tomar en cuenta muchos aspectos. Uno de ellos es la cantidad de alguicida que se debe emplear. Se debe utilizar una dosis que no afecte al hombre ni a los peces. La dosis debe calcularse según la especie predominante y su concentración. El sulfato de cobre es uno de los alguicidas más usados. Debe emplearse en dosis inferiores a una parte por millón. En la figura siguiente se puede apreciar algas presentes en el agua.

Figura 05: Algas presentes en el agua.



Fuente: <http://www.cepis.ops-oms.org>

e) Insectos

OPS/CEPIS (2004) define que el agua constituye el hábitat de diversos insectos acuáticos que desarrollan su ciclo evolutivo en los diferentes estratos de la columna de agua. Otro grupo de insectos solo desarrolla parte de su ciclo evolutivo en el agua, y en sus estadios larvarios y como huevos conforman el zooplancton en forma temporal.

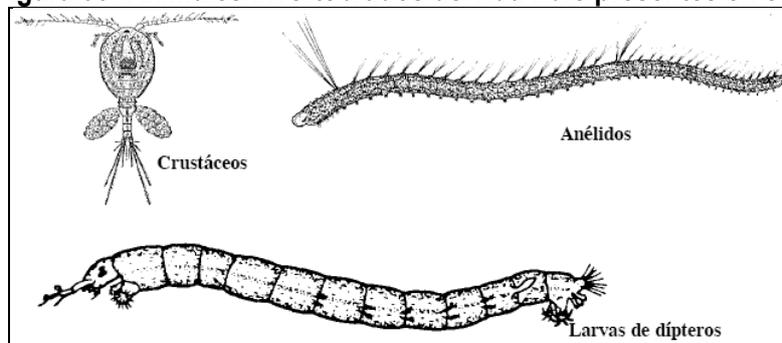
Los grupos de organismos antes mencionados están en permanente actividad dentro del cuerpo de agua, pero ninguno vive aislado. Su existencia depende del medio, definido tal como vimos anteriormente.

Como puede observarse, los factores que intervienen en los ecosistemas de aguas superficiales son múltiples. Se considera que la calidad del agua superficial es muy variable y necesita caracterizarse durante un periodo determinado para definir los aspectos que deben considerarse en el tratamiento y los parámetros que servirán para el control del mismo.

En conclusión, la presencia de los organismos de vida libre en condiciones normales es beneficiosa para las aguas superficiales. Se convierte en un problema cuando su concentración y composición alteran la calidad del agua y se presentan dificultades para el uso y tratamiento del recurso hídrico.

En el apartado siguiente se puede apreciar algunos de los insectos que pueden estar presentes en las aguas.

Figura 06: Animales invertebrados de vida libre presentes en el agua



Fuente: <http://www.cepis.ops-oms.org>

f) Protozoarios

OPS/CEPIS (2004) indica que son organismos unicelulares, con una amplia distribución en los cuerpos acuáticos. La mayor parte de los protozoarios son beneficiosos, pues contribuyen a preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Su incremento anormal puede ocasionar alteraciones en el ecosistema acuático; otro grupo de protozoarios son parásitos y pueden causar enfermedades en el hombre y en los animales.

Rotíferos, Copépodos y otros Crustáceos. Conforman los grupos predominantes del zooplancton de aguas superficiales y, al igual que los protozoarios, participan en la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos. El incremento anormal del zooplancton causa un desequilibrio en el sistema y trae consecuencias negativas como la disminución del oxígeno disuelto, alteraciones en el pH, en el olor y el color del agua, entre otras.

Insectos. El agua constituye el hábitat de diversos insectos acuáticos que desarrollan su ciclo evolutivo en los diferentes estratos de la columna de agua. Otro grupo de insectos solo desarrolla parte de su ciclo evolutivo en el agua, y en sus estadios larvarios y como huevos conforman el zooplancton en forma temporal.

En conclusión, la presencia de los organismos de vida libre en condiciones normales es beneficiosa para las aguas superficiales. Se convierte en un problema cuando su concentración y composición alteran la calidad del agua y se presentan dificultades para el uso y tratamiento del recurso hídrico.

2.18.2 Indicadores Organolépticos

OPS/CEPIS (2002) indica que las características organolépticas del agua, pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, gusto, tacto y etcétera), tienen directas incidencias sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran importantes las siguientes:

a) Color

OPS/CEPIS (2004) afirma que esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:

- ☞ la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal
- ☞ la descomposición de la materia
- ☞ la materia orgánica del suelo

- ☞ la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos; y
- ☞ una combinación de los procesos descritos.

En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados.

Se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural y color verdadero al que queda luego de que el agua ha sido filtrada.

Existen muchos métodos de remoción del color. Los principales son la coagulación por compuestos químicos como el alumbre y el sulfato férrico a pH bajos y las unidades de contacto o filtración ascendente.

Debido a que el color del agua se origina, en muchos casos, por la presencia de compuestos de naturaleza orgánica, se recomienda que la desinfección se realice luego de que este haya sido removido, para evitar que la aplicación de cloro como desinfectante pueda dar origen a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen efecto cancerígeno en animales. El valor guía de la OMS y del Canadá es 15 unidades de color (UC) para aguas de bebida.

DIGESA (2000) afirma que las aguas superficiales pueden parecer altamente coloreadas debido a la presencia de materia pigmentada en suspensión, cuando en realidad el agua no tiene color. El material colorante resulta del contacto con detritus orgánico como hojas, agujas de coníferas y madera, en diversos estados de descomposición, está formado por una considerable variedad de extractos vegetales.

Características

El color causado por la materia en suspensión es llamado color aparente y es diferente al color debido a extractos vegetales u orgánicos, que son coloidales, al que se llama color real. En el análisis del agua es importante diferenciar entre el color aparente y el real.

riesgos para la salud

- No permite el paso de la luz para el desarrollo de la biodiversidad.
- Su presencia indicaría ineficiencia en el tratamiento de aguas y de la integridad del sistema de distribución.

b) Olor y Sabor

OPS/CEPIS (2004) indica que el sabor y el olor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”.

Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.

En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

En la tabla 08 presenta un resumen de algunos olores característicos del agua, de acuerdo con su origen.

Tabla 08: Olores característicos de agua y su origen

Naturaleza	Origen
Olor balsámico	Flores
Dulzor	<i>Coelosphaerium</i>
Olor químico	Aguas residuales industriales
Olor a cloro	Cloro libre
Olor a hidrocarburo	Refinería de petróleo
Olor medicamentoso	Fenol, yodoformo
Olor a azufre	Ácido sulfhídrico, H ₂ S
Olor a pescado	Pescado, mariscos
Olor séptico	Alcantarilla
Olor a tierra	Arcillas húmedas
Olor fecaloide	Retrete, alcantarilla
Olor a moho	Cueva húmeda
Olor a legumbres	Hierbas, hojas en descomposición

Fuente: <http://www.cepis.ops-oms.org>

Las sustancias generadoras de olor y sabor en aguas crudas pueden ser compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas o provenir de descargas de desechos industriales.

En el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo.

En la tabla 09 se muestra los límites de percepción de algunas sales y compuestos presentes en el agua.

Tabla 09: Límites de percepción de algunas sales y compuestos en el agua (mg/L)

Sustancias	Netamente reconocible	Debidamente perceptible	No apreciable
CaCl ₂ ; NaCl	600	300	150
MgCl ₂	100	60	---
FeSO ₄	---	3.5	1.75
CuSO ₄	7	3.5	1.75
H ₂ S	1.15	0.55	0.3
H ₂ SO ₄	4	2	1
Cl ₂	0.1	0.05	0.05
Ca(OCl) ₂	0.5	0.2	0.2

Fuente: <http://www.cepis.ops-oms.org>

En algunos casos, la eliminación de los olores puede realizarse mediante la aereación o la adición

de carbón activado.

La cloración en presencia de compuestos fenólicos puede imprimir un mal sabor en el agua, por la formación de derivados clorados que producen un sabor a derivados fenólicos.

La EPA y la OMS recomiendan como criterio que por razones organolépticas, las fuentes de abastecimiento deben estar razonablemente exentas de olor y sabor; es decir, en términos generales, que se encuentren en un nivel aceptable.

DIGESA (2000) señala que el agua en su forma pura, no produce sensaciones olfativas. El olor en el agua puede utilizarse de manera subjetiva para describir cualitativamente su calidad, estado, procedencia o contenido. Aun cuando esta propiedad pueda tener un amplio espectro de posibilidades, para propósitos de calidad de aguas existen ciertos aromas característicos que tipifican algunas fuentes u orígenes, más o menos bien definidos.

Además de estos aromas típicos, existen otras fragancias que tipifican un origen en particular, pero que son menos frecuentes en los estudios de calidad de aguas. Así por ejemplo, las aguas residuales de industrias vinícolas, de industrias cerveceras, de industrias lecheras y de empresas relacionadas con la explotación o procesamiento del petróleo, tienen olores distintivos que son fácil y rápidamente perceptibles y que deben registrarse en las libretas de campo.

Características

El olor se reconoce como factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable (y de los alimentos preparados con ella) que pueda corromperse con la presencia, de peces y otros organismos acuáticos y anular la estética de las aguas de instalaciones de recreo.

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 en muy pequeñas concentraciones.

Riesgos para la salud

- malestar, dolor de cabeza, mareos
- alergias dependiendo del causante del olor

2.18.3 Indicadores Físicos y Químicos del Agua

OPS/CEPIS (2004) lo define que los parámetros físicos-químicos o las características físicas-químicas del agua se considera que el agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor. Se consideran importantes las siguientes:

a) Potencial de Hidrogeno (pH)

Zea (2010) señala que es un término universal usado para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución. Más exacta es la manera de expresar la concentración de iones hidrógeno.

- ☞ Un pH entre 0 y 7 indica solución ácida. La solución es más ácida cuanto menor de 7 sea el pH.
- ☞ Un pH entre 7 y 14 indica que la solución es alcalina. Siendo la solución más alcalina cuanto mayor de 7 sea el pH.
- ☞ Un pH igual a 7, indica que la solución es neutra.

DIGESA (2000) señala que el pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrogeno presentes.

Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por encima de 7 indican que es básica o alcalina.

Cuando una sustancia es neutral el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Cuando el número de átomos de hidrógeno (H+) excede el número de átomos del oxhidrilo (OH-), la sustancia es ácida.

Características:

La concentración de ión hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales.

Todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como o la neutralización ácido – base, depende del pH.

El agua residual con concentración de ión hidrogeno presenta elevadas dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ión hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ión hidrogeno.

El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro.

Riesgos para la Salud:

El pH no ejerce efectos directos en los consumidores, es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua. Para que la desinfección con cloro sea eficaz es preferible que sea un pH interior a 8.

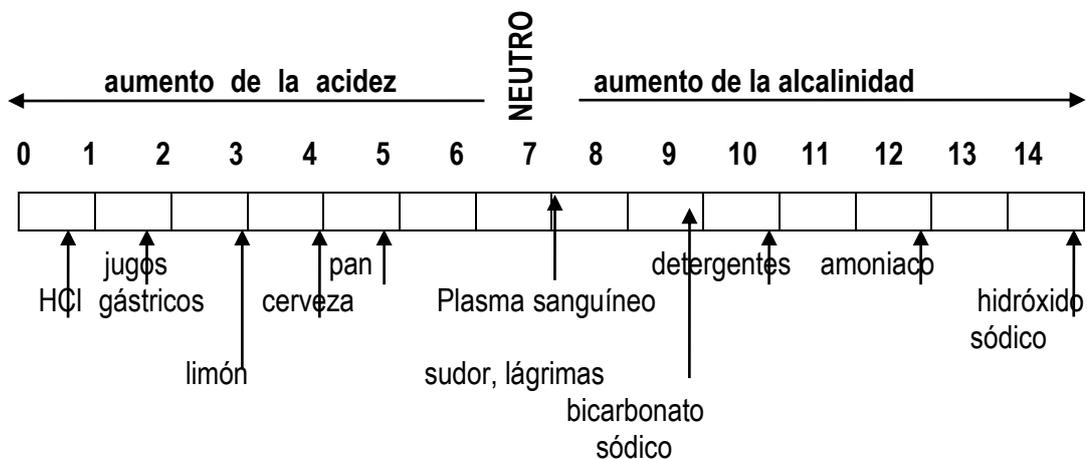
En valores superiores de pH11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos.

UNALM y PASSIM EDUCATIVA (2004) explica que, en cualquier forma que se presenta el agua, además de moléculas de (H₂O), siempre habrá iones libres de hidrogeno. El peso de esos iones en su conjunto que determinan el valor de pH. Esos iones libres pueden ser negativos de radical hidroxilo (HO⁻) (aniones) o (H⁺) son los que determina la acidez. El grado de acidez se determina por el peso de los mismos en gramos por litro de agua (g/l).

Cada ion de hidrogeno se acopla a una molécula de agua. De ese modo una molécula con un ion agregado deja de ser H₂O y pasa a ser H₃O⁺. Es así que se forma un ion hidronio.

Un agua neutra contiene igual peso de iones hidroxilo (HO⁻) que de hidrogeno (HO⁺). Mediante cuidadosas mediciones se pudo establecer que en un litro de agua neutra existen 1/107 gramos de cada tipo de ion. Esto significa que existe una molécula de de agua asociada en sus iones componentes (H⁺ y HO⁺) cada diez millones de moléculas de agua. En la relación logarítmica entre 1/102 y 1/103 (pH 2 y pH 3 respectivamente) pH 2 representa una concentración de una milésima 1/103 (o sea 10 veces menor). Esta escala llevada a un pH muy extremo convertirá el agua en un medio corrosivo (con extrema ácida) o cáustico (con extrema alcalinidad).

Figura 07: Escala de pH



Fuente: <http://www.cepis.ops-oms.org>

La importancia que esto tiene en cualquier actividad donde los valores de pH deben mantener dentro de ciertos parámetros, se pone en evidencia. Un punto de pH significa diez veces mayor o menor que la anterior o posterior, que en algunos casos puede significar una concentración de una millonésimos = 1/106 (pH 6), un diez millonésimo 1/107 (pH 7) o un cien millonésimos 1/108 (pH 8). Son simplemente dos puntos de pH pero la concentración es sustancialmente diferente.

b) Temperatura

OPS/CEPIS (2004) afirma que es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

DIGESA (2000) señala que la temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

Características:

- El oxígeno es menor soluble en agua caliente que en agua fría.
- El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento en la temperatura, combinado con la reducción de oxígeno presente en las aguas superficiales.
- Es causa frecuente del oxígeno presente en las aguas superficiales, reduciéndose más en los meses de verano.
- Un cambio brusco de temperatura puede conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática.
- Las temperaturas elevadas pueden dar lugar a conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática.
- La temperatura óptima para el desarrollo de las actividades se detienen cuando se alcanza los 50 °C a temperaturas de alrededor de 15 °C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad.

Riesgos para la Salud:

- Las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos.
- En periodos extendidos de continua inmersión en agua más fría ó < 15 °C puede causar la muerte de algunos bañistas y será riesgo para todo los bañistas y será riesgo para todos los bañistas que no usen ropa protectora de inmersión. La sobrevivencia de un individuo sumergido en agua de 34 a 35 °C va depender de la tolerancia a una elevada temperatura

corporal interna, a un riesgo de daño con la exposición prolongada.

Ministerio de Energía y Minas (1993) afirma que el agua extraída de los pozos productivas del Perú tiene temperaturas elevadas en algunos casos (por ejemplo la selva amazónica) y, por lo general, retornan al medio ambiente antes de enfriarse hasta temperatura ambiente. Las descargas de agua a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización.

Chávez (1996) menciona que la temperatura es una de las constantes físicas que tienen más importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua, y determina la evolución o tendencia de sus propiedades, ya sean físicas, químicas o biológicas. La temperatura desempeña un papel muy importante en la solubilidad de las sales y principalmente de los gases, por lo tanto, también en la conductividad y en la determinación del pH, sobre todo. Un incremento de más de 3 °C en una zona respecto de las adyacentes, sería síntomas de que se está produciendo una contaminación térmica, es decir se está produciendo un vertido de aguas más calientes que las del medio receptor.

c) Conductividad eléctrica

DIGESA (2000) señala que la conductividad depende de la actividad de los tipos de iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición.

El agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma.

De la conductividad eléctrica, que indica la presencia de sales en el agua, lo que hace aumentar su capacidad de transmitir una corriente eléctrica, propiedad que se utiliza en mediciones de campo o de laboratorio, expresadas en micro siemens/l ($\mu\text{s/l}$). A partir de la conductividad se puede obtener los sólidos disueltos multiplicando por un factor entre 0.55 y 0.75.

Los sólidos disueltos totales, expresados en mg/l, pueden ser obtenidos por multiplicación de la conductividad por un factor comprendido entre 0,55 y 0,75. Este factor puede ser determinado para cada cuerpo de agua, pero permanece aproximadamente constante, según las proporciones iónicas

en el cuerpo de agua y si éstas permanecen estables.

Características:

- Las soluciones de la mayoría de ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad relativamente adecuados.
- Las moléculas de los compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas tienen una conductividad muy escasa o nula.
- La conductividad eléctrica de un agua se utiliza como una medida indirecta de su concentración de sólidos disueltos totales o de minerales en el agua.
- La salinidad del agua se determina midiendo su conductividad eléctrica. La presencia de sales afecta el crecimiento de las plantas por tres mecanismos.
 1. Efectos osmóticos, provocados por la concentración total de sales en el agua del suelo.
 2. Toxicidad de iones específicos, provocada por la concentración de un ión determinado.
 3. Dispersión de las partículas de suelo, provocada por la presencia importante de sodio y por una baja salinidad.
- Es habitual encontrar valores de 700 umhos/cm. a 1200 umhos/cm de manera natural en cuerpos de agua superficiales.
- La conductividad eléctrica se expresa en uhm/cm.

Ministerio de Energía y Minas (1993) afirma que la conductividad eléctrica de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. En el caso de salmueras de campos petroleros y efluentes de refinería, es simplemente un indicador de la salinidad del agua.

d) Salinidad

Walter y Weber (2003) señalan que la salinidad es el contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua. Dicho de otra manera, es válida la expresión salinidad para referirse al contenido salino en suelos o en agua. El sabor salado del agua se debe a que contiene cloruro de sodio. El porcentaje medio que existe en los océanos es de 35 g/l de agua. Además esta salinidad varía según la intensidad de evaporación o el aporte de agua dulce de los ríos aumenten en relación a la cantidad de agua. La acción y efecto de variar la salinidad se denomina saladura.

Ministerio de Energía y Minas (1993) nos indica que las aguas naturales pueden convertirse en salinas por residuos industriales, aguas de drenaje de carreteras, irrigación, penetración de agua de mar o vertidos mineros o petrolíferos, así mismo las variaciones en los niveles de salinidad pueden

ocurrir debido al cambio climático natural. Que origina la pérdida de calidad para el agua potable, efectos sobre los organismos acuáticos y alteraciones en el crecimiento de plantas y producción de las cosechas. Es importante monitorear todos los cambios en la salinidad usando Cl (cloruros) o la (conductividad eléctrica) y, se fuera posible, caracterizar la fuente de salinidad, usando uno o más de los indicadores secundarios.

e) Dureza

OPS/CEPIS (2004) indica que corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de calcio y los de magnesio.

Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud.

Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado.

La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos.

Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos.

La remoción de la dureza en el tratamiento se lleva a cabo mediante la precipitación con cal o mediante el proceso combinado cal-carbonato, conocido como *ablandamiento cal-soda*.

En términos generales, puede considerarse que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/L; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/L; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/L (en todos los casos, como CaCO_3). Las normas de calidad no establecen un límite específico para la dureza en el agua para consumo humano.

DIGESA (2000), Señala que la dureza total del agua en general se origina en áreas donde la capa superficial del suelo es gruesa y contiene formaciones de piedra caliza.

Son aguas satisfactorias para el consumo humano (por simple desinfección) pero para fines de limpieza, a mayor dureza, mayor es la utilización de jabón (mayor costo).

El agua dura se crea cuando el magnesio y el calcio los dos minerales disuelven en el agua. También se debe a la presencia de hierro el grado de dureza de un agua aumenta, cuanto más calcio y magnesio hay disuelto. Magnesio y calcio son iones positivamente cargados. Debido a su presencia, otros iones cargados positivamente se disolverán menos fácil en el agua dura que en el agua que no contiene calcio y magnesio.

Características:

- La dureza de las aguas varía considerablemente en los diferentes sitios. En general, las aguas superficiales son más blandas que las aguas profundas. La dureza de las aguas refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las que el agua ha estado en contacto.
- El umbral del gusto es de: 100-300 mg/l y en concentraciones de 200 mg/l puede causar incrustaciones

Riesgos:

- El agua dura no tiene ningún riesgo a la salud pero puede crear problemas a los consumidores a partir de concentraciones superiores a 200 mg/l pueden afectar la tubería, los calentadores de agua y los lavaplatos. La aceptación de la dureza del agua por el público puede ser muy variable y está en función de las condiciones locales. el umbral de sabor del ion calcio es 100 a 300 mg/l y el umbral de sabor del magnesio es menor al del calcio. en algunos casos, los consumidores toleran una dureza de más de 500 mg/l.

Zea (2010) señala como aguas duras que son generalmente aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma o hacer espuma y que también producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

La dureza del agua varía considerablemente de lugar a lugar. En general, las aguas superficiales son más blandas que las aguas subterráneas. La dureza del agua refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las cuales ha estado en contacto. En el laboratorio la dureza se expresa en mg/l como CaCO_3 .

Las aguas se pueden clasificar en términos de dureza:

Tabla 10: Clasificación de agua en términos de dureza

Rango	Clasificación
0 a 0.75 mg/l	Aguas blandas
75 a 150 mg/l	Aguas moderadamente duras
150 a 300mg/l	Aguas duras
>300mg/l	Aguas muy duras

Causas de dureza: en la práctica, se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitaciones y con ciertos aniones

presentes en el agua para formar incrustaciones.

f) Alcalinidad

OPS/CEPIS (2004) indica que es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad.

La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica.

Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa.

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor.

Durante el tratamiento, las aguas crudas de muy baja alcalinidad pueden requerir la adición de un alcalinizante primario (como el hidróxido de calcio).

La EPA no hace recomendaciones respecto a la alcalinidad en fuentes de agua, ya que esta se liga a factores como el pH y la dureza, pero concluye que una fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua.

DIGESA (2000) señala que la alcalinidad de muchas aguas superficiales depende primordialmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Los valores determinados pueden incluir también la contribución de boratos, fosfatos, silicatos y otras bases. La determinación de la alcalinidad se utiliza en el control de los procesos de tratamiento de aguas.

El agua de mar tiene un grado de acidez (pH) que fluctúa entre un valor de 7.6 y 8.4, lo que le confiere cierta propiedad alcalina.

Características:

- La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad de neutralizar ácidos también se utiliza el término capacidad de neutralización de ácidos (CNA).
- La alcalinidad de las aguas naturales se debe primariamente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también pueden contribuir.
- La alcalinidad del agua natural puede ser causada por, de acuerdo con sus valores de pH,

como sigue: hidróxido, carbonato y bicarbonato.

- La alcalinidad debido a otros materiales es mínima y en realidad no es significativa.
- La alcalinidad del agua se debe principalmente a sales de ácidos débiles y a bases fuertes, y esas sustancias actúan como amortiguadores para resistir la caída del pH.
- Generalmente se expresa en mg/l de CaCO_3 .
- Riesgos es un indicador de la calidad general del agua. Si bien no existen riesgos de salud por alcalinidad, se supervisa para controlar el proceso de tratamiento.

g) Cloruros

Zea (2010) señala que las aguas naturales contienen cloruros en concentraciones que varían ampliamente. Usualmente, aguas de manantiales o vertientes tienen una concentración baja de cloruros, mientras que aguas de río o subterráneas, usualmente tienen una cantidad considerable. El agua del mar tiene grandes consideraciones de cloruros. Concentraciones razonables de cloruros, no son dañinas a la salud de los humanos.

Concentraciones cercanas a los 205 mg/l de cloruros da un sabor salado al agua, resultando que sea rechazado por mucha gente. Es importante en áreas donde el agua escasea, se usan fuentes de agua conteniendo tanto como 2,000 mg/l de cloruros, para uso doméstico, sin que se desarrolle efectos adversos, desde que el cuerpo humano se adapta al agua. Para gentes no acostumbradas al uso de esta agua, al ingerirlas, ésta actuaría como laxante.

OPS/CEPIS (2004) afirman que las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas.

En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad.

A partir de ciertas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción disolvente sobre ciertas sales presentes en el agua y también sobre algunos componentes del cemento, al impartirles una acción corrosiva y erosionante, en especial a pH bajo.

Por sus características químicas y la gran solubilidad de la mayoría de los cloruros, su remoción requiere métodos sofisticados y costosos, muchos de ellos impracticables, especialmente cuando se trata de volúmenes relativamente altos.

El método tradicional, que puede resultar más eficiente y práctico, es el de la destilación. Actualmente se está trabajando en este campo para lograr unidades que aprovechen la energía solar y eliminen los cloruros de manera eficiente y a bajo costo. Este sistema puede resultar

especialmente útil en comunidades costeras cuya única fuente sea el agua del mar.

Los límites fijados en el agua por las normas de calidad se sustentan más en el gusto que le imparten al agua que en motivos de salubridad.

Tomando en cuenta el límite de percepción del sabor de los cloruros en el agua, se ha establecido un límite de 250 mg/L en aguas de consumo, concentración que puede ser razonablemente excedida según las condiciones locales y la costumbre de los consumidores. La OMS considera que por encima de esta concentración, los cloruros pueden influir en la corrosividad del agua.

DIGESA (2000) señala que la concentración de cloruros es una medida específica de la salinidad de las descargas de la industria petrolera. Los cloruros son los principales componentes de las salmueras de petróleo.

El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado. Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante.

El cloruro, en forma de ión (cl.-) es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. Así mismo el ion cloruro es una de las especies de cloro de importancia en aguas. Las principales formas de cloro en aguas y su correspondiente número de oxidación son:

Tabla 11: Principales formas de cloro en agua natural

Compuestos	Nombre	Número de oxidación
HCL	Ácido clorhídrico	-1
Cl ⁻	Ion cloruro	-1
Cl ₂	Cloro molecular	0
HOCl	Ácido hipocloroso	1
OCl ⁻	Ion hipoclorito	1
HClO ₂	Ácido cloroso	3
ClO ₂ ⁻	Ion clorito	3
ClO ₂	Dióxido de cloro	4
HClO ₃	Acido clórico	5
ClO ₃ ⁻	Ion clorato	5

Fuente: <http://www.cepis.ops-oms.org>

La infiltración de aguas subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas constituye también una potencial fuente de cloruros y sulfatos.

Características:

- Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. En el caso de las aguas

costeras, su presencia también es debida a la intrusión de aguas saladas. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales.

- Las heces humanas, por ejemplo suponen unos 6 gr. de cloruros por persona día. En lugares donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua son también una importante fuente de aportación de cloruros.
- Un contenido elevado de cloruro puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.
- El umbral del gusto de los cloruros es de 200 mg/l a 300 mg/L.

Riesgos

- Los cloruros no tienen un efecto nocivo en la salud, pero en concentraciones superiores a 250 mg/l este valor está basado en el sabor del agua el cual es percibido organolépticamente, y no en algún daño fisiológico conocido.

Chávez (1996) afirma que los contenidos de cloruros de las aguas son extremadamente variables, y se deben principalmente a la naturaleza de los terrenos drenados. El gran inconveniente de los cloruros es el sabor desagradable que le proporcionan al agua. También pueden corroer las canalizaciones y depósitos. Además, para el uso agrícola, los contenidos en cloruros del agua pueden limitar ciertos cultivos.

Los cloruros, muy fácilmente solubles, no participan en los procesos biológicos, no desempeñan ningún papel en los fenómenos de descomposición y no sufren, pues, modificaciones. Cuando se comprueba que hay un incremento del porcentaje de cloruros, hay que pensar que hay contaminación de origen humano.

h) Sulfatos

OPS/CEPIS (2004) afirma que los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad.

Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.

Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo.

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio.

Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas

condiciones.

Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas.

La remoción de sulfato puede resultar costosa y requerir métodos complicados, por lo cual es preferible elegir fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites aconsejados.

Por sus efectos laxantes, su influencia sobre el sabor y porque no hay métodos definidos para su remoción, la OMS recomienda que en aguas destinadas al consumo humano, el límite permisible no exceda 250 mg/L, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua. Las

Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan un máximo de 500 mg/L.

DIGESA (2000) señala que los sulfatos están presentes en forma natural en numerosos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en las industrias químicas. Se descargan a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos; no obstante las mayores concentraciones se dan, por lo común, en las aguas subterráneas estas se forman al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas. El sulfato (SO_4^{-2}) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por litro. Los residuos del drenado de minas pueden aportar grandes cantidades de SO_4^{-2} debido a la oxidación de la pirita.

Usos

Los sulfatos se aplican en: detergentes, es uno de las siete principales clases de constituyentes en detergentes polvo, vidrio, en teñidos se utilizan para diluir tinturas. el sulfato de aluminio, se emplea para eliminar impurezas solubles del agua, antes de utilizarse en el consumo humano, en la fabricación de papel.

Características:

- los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. el sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia.
- El umbral del sabor para el sulfato de sodio y sulfato de calcio en agua es: 250 mg/l y 100 mg/l respectivamente

Riesgos

El sulfato es uno de los aniones menos tóxicos; sin embargo, en grandes concentraciones, se han observado catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal.

- Las personas que no están acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato pueden experimentar diarrea y deshidratación. los niños son a menudo más sensibles al sulfato que los adultos. como precaución, aguas con un nivel de sulfatos superior a 400 mg/l no deben ser usadas en la preparación de alimentos para niños. niños mayores y adultos se acostumbran a los niveles altos de sulfato después de unos días
- Si el sulfato en el agua supera los 250 mg/l, un sabor amargo o medicinal puede hacer que sea desagradable beber esa agua
- Debido a los efectos gastrointestinales por la ingestión del agua se recomienda, concentraciones no mayores á 500 mg/litro.
- Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua. Las bacterias, que atacan y reducen los sulfatos, hacen que se forme sulfuro de hidrógeno gas (H₂S).

i) Nitratos

OPS/CEPIS (2004) afirma que el nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoniaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO₃) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO₂) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores

abióticos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.

Después de la absorción, tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos.

Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso (Fe^{2+}) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico (Fe^{3+}), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/L de nitratos (como N) y como resultado de la conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/L de nitrato (10 mg/L como $\text{NO}_3\text{-N}$).

Aunque se ha comprobado que bebés menores de 6 meses que ingieren nitratos en concentraciones altas pueden morir si no reciben tratamiento inmediato, es importante anotar que no todos los niños que ingieren aguas con altos contenidos de nitratos (10 mg/L o más) necesariamente desarrollan la enfermedad. Para ello se requiere una predisposición natural. En este caso, la edad es un factor determinante, porque rara vez se presenta en niños de más de seis meses y mucho menos en adultos. La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales.

Aunque la toxicidad relativa de los nitratos es bien conocida, es difícil establecer cuál es el nivel de una dosis nociva. Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado.

Es importante destacar que aunque el agente responsable de esta enfermedad son los nitritos, debido a que estos se forman naturalmente a partir de los nitratos, un factor determinante en la incidencia de esta enfermedad es la concentración de nitratos en el agua y los alimentos. Para dar una idea de la gravedad y magnitud potencial de este problema, basta mencionar que los datos obtenidos a través del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (GEMS, por sus siglas en inglés) indican que 10% de los ríos estudiados en todo el mundo tenían concentraciones de nitratos por encima del límite recomendado por la OMS. Los estudios de GEMS también encontraron que en Europa 15% de los ríos tenían concentraciones de nitratos hasta 45 veces mayores que la concentración natural.

Los métodos tradicionales de floculación e incluso ablandamiento con cal no son efectivos para la remoción de nitratos. El más eficiente es el de resinas de intercambio iónico, que puede remover

concentraciones tan altas como 30 mg/L y reducir las hasta 0,5 mg/L en procesos continuos.

En la práctica, difícilmente los nitritos se encuentran en aguas tratadas debido a que se oxidan fácilmente y se convierten en nitratos durante la cloración.

Por sus efectos adversos para la salud de los lactantes y porque no se tienen procesos definitivos para su remoción, el contenido de nitratos en aguas de consumo público no debe exceder, según la EPA, de 10 mg/L. Puesto que los nitritos tienen un efecto tóxico superior a los nitratos, el contenido no debe exceder de un mg/L; en ambos casos, medidos como nitrógeno.

La OMS establece un valor guía provisional de 50 mg/L (N-NO₃) y 3 mg/L (N-NO₂), mientras que el Canadá recomienda un máximo de 10 mg/L para el primero y un mg/L para el segundo.

DIGESA (2000) señala que los nitritos (NO₂) son oxidados por el grupo de nitrobacterias para formar nitrato (NO₃). Los nitratos formados pueden servir como fertilizantes para las plantas. Los nitratos producidos en exceso para las necesidades de la vida vegetal, son transportados por el agua, luego estas se filtran a través del suelo, debido a que el suelo no tiene la capacidad de retenerlos pudiendo encontrarse en concentraciones superiores en aguas subterráneas.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados incluyendo el amoníaco así como la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales puede contribuir a elevar la concentración de nitratos en el agua, estos son solubles y no adsorben a los componentes del suelo, por lo que son movilizados con facilidad por las aguas superficiales y subterráneas.

Usos

El nitrato de potasio (KNO₃) o "sal nitro", o el de sodio (NaNO₂), es usado como agentes antimicrobianos para controlar el crecimiento de bacterias ácido-butíricas formadoras de gas nitrato de amonio para uso minero.

Características

- Es más difícil eliminar los nitratos que los fosfatos, se utilizan para su eliminación bacterias desnitrificantes para convertir el nitrato en nitrógeno gaseoso.
- Son muy solubles en el agua debido a la polaridad del ion, esta es la forma del nitrógeno más estable termodinámicamente en presencia de oxígeno, por lo que los sistemas acuáticos y nitrogenados tienden a transformarse en nitrato ión NO₃⁻ - y sus sales o sales del ácido nítrico, HNO₃.
- Son nutrientes fácilmente asimilables por las plantas, por lo que son utilizadas como fertilizantes. Los aportes de nitratos al mar y al agua de ríos y lagos favorecen el crecimiento de algas (eutrofización).
- El nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se puede encontrar en las aguas

residuales. Cuando un efluente secundario deba ser recuperado para la recarga de agua subterránea, la concentración del nitrato es importante.

- Se recomienda < 1 mg/l.

Riesgos

- Los riesgos por la exposición a nitratos y nitritos para la salud no dependen únicamente de la exposición, sino que también influyen la existencia de condiciones favorables para la reducción de nitratos a nitritos y algunos factores inherentes al individuo, esto impide que se pueda formular una relación de dosis-respuesta con respecto a la presencia de nitratos en el agua o en los alimentos
- En niños menores de 6 meses que consuman agua con concentraciones elevadas de nitratos y nitritos, podrían enfermar gravemente de metahemoglobinemia infantil.

j) Nitrito

DIGESA (2000) señala que las heces de los animales contienen proteínas no asimiladas (nitrógeno orgánico) y las proteínas que queda en los cuerpos de los animales y plantas que mueren se convierten en gran medida en amoníaco por acción de las bacterias heterótrofas, en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

El amoníaco liberado por la acción de las bacterias sobre la urea y las proteínas es utilizado por las plantas. Si se libera en exceso es oxidado por las bacterias (nitrosomas) que en condiciones aeróbicas convierten el amoníaco a nitrito.

Usos:

ión NO_2^- y sus sales o sales del ácido nitroso, HNO_2 . Tienen aplicaciones industriales. Son sustancias tóxicas a partir de las cuales pueden formarse nitrosaminas, que son cancerígenas, son solubles en agua se forman a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana, el ion nitrito es menos estable que el ion nitrato, y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que se encuentra en condiciones de baja oxigenación, esta es la causa por lo que los nitritos se transforman rápidamente en nitratos, estos últimos son los que más predominan en el agua tanto superficiales y subterránea.

Características:

Esta forma de nitrógeno rara vez se encuentran en concentraciones mayores que 1 mg/l la concentración en aguas superficiales es bastante menor que 0.1 mg/l.

Riesgos:

Cuando el nitrito entra en el flujo sanguíneo, reacciona con la hemoglobina y forma un compuesto

llamado metahemoglobina. Este compuesto reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. El nivel de oxígeno disminuye, y los bebés muestran síntomas de una enfermedad llamada metahemoglobinemia entre los síntomas se incluyen dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico.

k) Oxígeno disuelto (OD)

OPS/CEPIS (2004) señala que su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua. Puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua. La ley de Henry y Dalton dice: "La solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial e inversamente proporcional a la temperatura". El agua destilada es capaz de disolver más oxígeno que el agua cruda.

No es posible establecer un contenido ideal de oxígeno en el agua, ya que hay aspectos positivos y negativos de su presencia. Sin embargo, si el agua contiene amoníaco o hierro y manganeso en sus formas reducidas, es preferible que el OD esté cercano al punto de saturación.

Las aguas superficiales no contaminadas, si son corrientes, suelen estar saturadas de oxígeno y a veces incluso sobresaturadas; su contenido depende de la aireación, de las plantas verdes presentes en el agua, de la temperatura y de la hora del día (mañana o tarde), etcétera.

De la observación de los datos de OD en algunos ríos se deduce que en la mayoría de ellos se presentan contaminaciones esporádicas que no afectan para nada el estado general de los mismos y representan solamente fenómenos locales.

Por otra parte, durante el verano el caudal de un río disminuye, por lo que también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por tanto, el consumo de este por los seres vivos acuáticos aumenta por unidad de volumen. Por eso no es extraño que haya grandes diferencias entre el verano y el invierno en lo que se refiere al OD.

Igualmente ocurre que este contenido varía del día a la noche, ya que los seres vivos consumen oxígeno para la respiración las 24 horas del día. Sin embargo, la fotosíntesis solo se realiza con el concurso de la luz solar.

Se ha demostrado la existencia de una estrecha relación entre la distribución de oxígeno y la productividad de materia orgánica, viva o muerta. Por otro lado, la cantidad de OD en un cuerpo de agua está relacionada con su capacidad de autodepuración.

En la práctica, se puede comprobar que a 10 °C, la distribución del oxígeno en el agua está regida

por la presencia de materias vivas mediante la respiración y muertas mediante la descomposición. En cambio, a temperaturas de 20 °C o mayores, es el metabolismo del conjunto de los organismos vivos presentes el que determina esta distribución.

El agua potable debe contener cierta cantidad de oxígeno disuelto. Debe estar bien aereada y es muy importante tener en cuenta las variaciones relativas de oxígeno disuelto, ya que si estas son grandes, es síntoma de un probable aumento de vegetales, materia orgánica, gérmenes aerobios, reductores inorgánicos, etcétera.

En algunos casos, el contenido de OD puede influir en las propiedades corrosivas del agua, dependiendo de la temperatura (a mayor temperatura, mayor corrosión) y del pH (a menor pH, mayor corrosión). Si este es el caso, en aguas que tienen suficiente contenido en calcio, se reduce la corrosión y se eleva el pH al valor de saturación del carbonato cálcico.

i) Magnesio

Walter et al. (2003) señalan que el magnesio es muy abundante en la naturaleza y se hallan en cantidades importantes en muchos minerales rocosos, como la dolomita, magnesita, olivina y serpentina. Además se encuentra en el agua del mar, salmueras subterráneas y lechos salinos. Es el tercer metal estructural más abundante en la corteza terrestre, superado solamente por el aluminio y hierro.

Por otra parte se encuentra en las aguas en cantidades generalmente menores que el calcio pero su importancia biológica es grande ya que es indispensable para el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos y para la constitución de los huesos. Desde el punto de vista fisiológico el magnesio junto al calcio, sodio y potasio juega un papel fundamental en la conducción eléctrica de los impulsos cardiacos. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, por encima de los 125 mg/l, puede actuar como laxante y diurético e incluso adquirir un sabor amargo, sobre todo cuando el contenido del ión sulfato es notable.

n) Calcio

Walter et al. (2003) señalan que el calcio es el quinto elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre, su presencia en las aguas naturales se debe al paso sobre depósitos de piedra caliza, yeso y dolomita, la cantidad de calcio puede variar o encontrarse en un rango de 0 a cientos de mg/l, dependiendo de la fuente y el tratamiento del agua. El calcio junto al magnesio forma la "dureza" del agua. Las concentraciones de calcio en aguas varían mucho, pero en general suelen ir asociadas al nivel de mineralización; por esta misma razón, las aguas subterráneas habitualmente presentan contenido mayores a las superficiales correspondientes. La presencia de Calcio en el

agua potable la dota de “sabor” que dependerá del anión mayoritario presente. Al mismo tiempo intervendrá en fenómenos de incrustaciones/agresión en tuberías y depósitos de almacenamiento de agua potable y en aguas destinadas a calderas industriales de particular importancia.

o) Sólidos totales

DIGESA (2000) señala que los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua:

Características:

- Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales, y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertido.
- Los “sólidos totales” es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporización de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida.
- Las sustancias no disueltas usualmente se denominan materia suspendida o sólidos suspendidos, pocas veces se realizan pruebas de sólidos suspendidos, estos generalmente se evalúan por medición de turbiedad.
- Sólidos suspendidos y los sólidos suspendidos volátiles se emplean para evaluar la concentración de los residuos domésticos industriales.

Riesgos

Sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional.

2.19 Agua y Salud

Mejía (2005) afirma que el hecho de disponer de agua limpia para todo los seres vivos de la tierra haría que muchas de las enfermedades ahora existentes se redujeran considerablemente debido a que la biología gira fundamentalmente en torno al problema del agua, pues no hay vegetal ni animal que pueda prescindir de este elemento.

Está probado, tales enfermedades adquieren mayor importancia sanitaria en los países que suelen considerarse como subdesarrollados, precisamente por la insuficiencia de los abastos públicos de agua. Se considera que la contaminación de los abastos de agua con residuos humanos es la causa de propagación de enfermedades entéricas. La experiencia vivida en algunos países, permite poner de manifiesto la eficiencia de instalaciones higiénicas de abastos de agua para evitar las enfermedades de origen hídrico.

Tifoidea, paratifoidea, disentería (basilar y amébrica) y otras enfermedades infecciosas constituyen la causa principal de muchas muertes, particularmente en infantes. En muchos países la diarrea representa la primera o segunda causa de muerte en niños. Lo peor de todo es que sucede con el conocimiento de la ciencia y que podía haberse evitado al contar con agua desinfectada. En el caso del cólera, enfermedad que apareció en los años sesenta en Indonesia, Pakistán y La India, y que fue causa de grandes epidemias, la clave de su control se basa en el mejoramiento de las condiciones ambientales y suministro de agua pura.

La importancia de agua pura para la vida y la salud de las personas, así como la economía de los países, no es totalmente reconocida por los gobiernos y personas encargadas de tomar decisiones. Por su puesto agua pura no evitará que la gente se continuo enfermando; esto dese ser acompañado de hábitos de higiene, saneamiento, control de vectores, y dietas balanceadas. Se tiene que reconocer que el desarrollo del agua requiere una amplia variedad de aportes políticos y tecnológicos para cumplir con los requerimientos de calidad establecidos.

2.20 Impacto de la calidad de agua en la salud

OPS/OMS (2007) señala que el agua de consumo humano ha sido definida en las Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores.

El reconocimiento del agua como vehículo de dispersión de enfermedades data de hace mucho tiempo. Las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Estos organismos causan enfermedades que van desde ligeras gastroenteritis hasta enfermedades graves y fatales de carácter epidémico.

No obstante, que la calidad del agua no es suficiente para asegurar los beneficios a la salud humana; es necesario que adicionalmente se satisfagan tres aspectos: cantidad, continuidad y costo razonable. Al margen de las responsabilidades del abastecedor, los consumidores deben

tener conocimientos sobre el uso apropiado del agua, de la adecuada nutrición e higiene de los alimentos, así como de la correcta disposición de excrementos. Precisamente, los mensajes dirigidos a mejorar los hábitos y costumbres relacionados con el buen uso del agua, deben realizarse a través de programas educativos y en forma complementaria a las actividades propias del abastecedor para evitar la impresión de que la calidad del agua por sí sola, previene las enfermedades.

Desde hace tiempo se reconoce que existe una correlación entre la calidad y cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento con la calidad de vida y la salud de la población. La deficiencia de cobertura del agua potable y la desinfección inadecuada de los sistemas de abastecimiento de agua, aunada a una vigilancia sanitaria limitada, son factores que generan problemas de salud que requieren atención médica para combatirlos.

Las infecciones respiratorias y las enfermedades diarreicas continúan siendo la causa de enfermedades y muertes de niños menores de cinco años. Estas enfermedades son causas principales de morbilidad durante los cinco primeros años de vida y en conjunto constituyen el principal motivo de consultas ambulatorias en los servicios de salud y hospitalización. La mayor parte de las defunciones se han debido a enfermedades infecciosas y parasitarias, las que junto con las infecciones intestinales constituyeron el grupo más importante.

La experiencia indica que las epidemias y las enfermedades de origen hídrico tienden a desaparecer en los lugares bien saneados, donde además de alta cobertura en el suministro de los servicios, se dispone de calidad en el suministro de agua para consumo humano y en la recolección, tratamiento y disposición sanitaria de las aguas residuales y excretas.

2.21 Impacto de la calidad de agua en la reducción de la pobreza

OPS/OMS (2007) señala que la pobreza se traduce en carencias y penurias agobiantes en la vida diaria. La pobreza, entre otras cosas, significa hambre, falta de techo, imposibilidad de ir a la escuela, no saber leer, no tener trabajo y perder a un hijo debido a una enfermedad relacionada con el agua contaminada.

La vida de la gente pobre está estrechamente vinculada con el acceso al agua y a los múltiples usos y funciones que el agua sustenta. Por ello una gestión sostenible del agua es fundamental para erradicar la pobreza y permitir a la gente una vida sana y productiva.

Existen importantes diferencias en el acceso al agua potable entre las grandes ciudades, las pequeñas ciudades y las localidades rurales del país. Las brechas en el acceso al agua potable y saneamiento están marcadas también por otros indicadores de la calidad de los servicios, como la intermitencia y la vigilancia de la calidad del agua.

La Evaluación 2002 de la OPS reveló que, en términos de equidad, las familias más pobres son las que más gastan en la compra del agua, pagando entre 1,5 y 3,8 veces más que las familias ricas.

La carencia de servicios básicos, la falta de acceso al agua de buena calidad y otras expresiones de la pobreza repercuten en las diversas facetas de la vida cotidiana. Crean dificultades importantes en lo que Bernardo Kliksber en su obra “Economía y pobreza” al premio nobel Amartya Sen denomina “las capacidades básicas para el funcionamiento de las personas” lo que deteriora la calidad de vida y corta la esperanza de vida respecto a las cifras esperables en condiciones normales.

La asignación de recursos en agua potable de calidad e instalaciones sanitarias tiene un gran retorno en la economía, ya que son factores decisivos para la salud pública y pueden prevenir costos elevados en atención médica.

Entonces las inversiones en abastecimiento de agua segura son rentables y el papel multiplicador de ese gasto es relevante, ya que se ha demostrado una consistente correlación entre el agua potable, la salud y la pobreza. Así, asignar recursos para que la población tenga acceso a agua de buena calidad no es un gasto sino una inversión productiva y multiplicadora que disminuye el riesgo de contraer enfermedades, lo que a su vez reduce la pobreza.

2.22 Impacto de la calidad de agua en el desarrollo

OPS/OMS (2007) señala que los recursos hídricos desempeñan, en el nivel mundial un papel de primera importancia para el desarrollo económico y social por su relación con diversos sectores como la agricultura, la minería, la industria, el ambiente y la energía.

Los recursos hídricos tanto en cantidad como en calidad, son decisivos para el desarrollo industrial; la calidad del agua desempeña un importante papel en aquellas industrias relacionadas con la producción de alimentos, por ejemplo. El sector turismo especialmente en zonas con gran afluencia de visitantes y alta generación de empleo, está ligado a los recursos hídricos para el desarrollo de la infraestructura y para la definición de la oferta turística.

El desarrollo económico de un país pasa necesariamente por una mejora sustancial de la calidad de sus servicios básicos, entre ellos, el de abastecimiento de agua en cantidad y calidad suficiente juega un papel crucial.

La calidad del agua también tiene consecuencias en el desarrollo a través de su contribución a la mejora de la salud, la que a su vez mejora la productividad y crea capital humano. Ello impulsa el crecimiento económico y puede proporcionar seguridad frente a una crisis, en particular para los grupos de menores recursos que así evitarían caer en una pobreza más profunda.

Los países con mejores niveles de ingresos logran tener mayor dominio sobre los bienes y servicios que contribuyen a la salud de la población, como la nutrición, el acceso al agua potable y al saneamiento, los servicios de salud de buena calidad, etc. El nivel de salud de la población, particularmente en el largo plazo, tiende a asociarse con el grado de crecimiento económico y la disponibilidad general de recursos, los que se manifiestan con claridad cuando un indicador como la tasa de mortalidad infantil se correlaciona con el ingreso per cápita.

2.23 Elementos de Vigilancia y Control de Calidad de Agua

Rojas (2005) indica que la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha definido tres elementos básicos que todo programa debe contener y que son perfectamente aplicables al control de la calidad del agua realizado por el abastecedor. Adicionalmente, existen otros elementos de los programas de vigilancia y control. Los elementos básicos son los siguientes:

- a) Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica.
- b) Inspección sanitaria y operacional.
- c) Evaluación institucional.

A su vez, los elementos complementarios o de apoyo son:

- a) Reglamentos y normas.
- b) Recursos humanos, materiales y económicos-financieros.
- c) Capacitación.
- d) Educación sanitaria, encuestas y flujo de información.

2.24 Monitorio de calidad de agua

Leal y Rodríguez (1998) definen que el monitorio es el procedimiento continuo de observación, medición, evaluación de las acciones del proyecto en forma objetiva, con el fin de identificar impactos ambientales y aplicar las medidas de control ambiental en el momento y en el lugar apropiado. La información recopilada es de importancia para temas de investigación y para prevenir impactos ambientales de proyectos similares.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 Descripción del Ámbito de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el departamento y provincia de Puno, distrito Coata; en la Comunidad de Carata. En la zona de estudio se observa acuíferos subterráneos que son fuente de vida para los habitantes de la Comunidad que no cuentan con un sistema de servicio de agua potable y que necesitan su cuidado y protección de este recurso natural por ser un elemento de mucha importancia.

La superficie del ámbito de estudio es de 7.05 Km² al Sur Oeste del distrito Coata y tiene un aproximado de 3,582 habitantes.

3.1.1. Ubicación Política:

Región	: Puno
Departamento	: Puno
Provincia	: Puno
Distrito	: Coata
Localidad	: Comunidad de Carata

3.1.2. Ubicación Geográfica:

Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas:

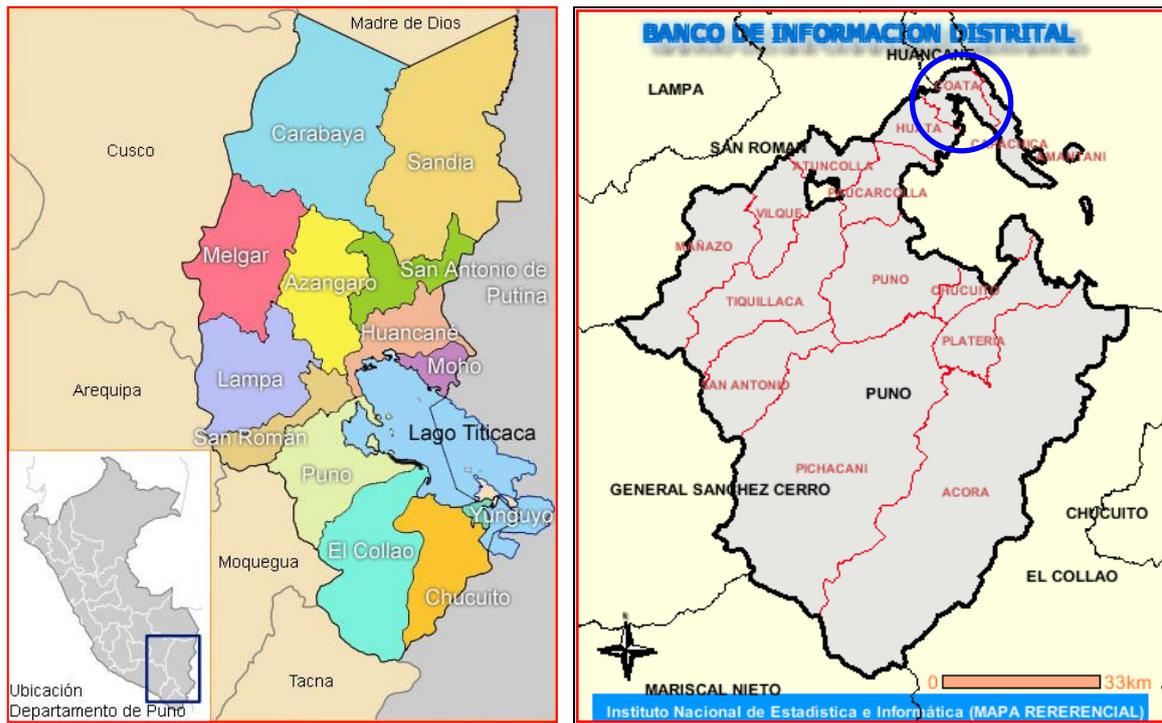
Latitud Sur	: 15°34'00"
Longitud Oeste	: 69°56'51"
Altitud	: 3,818 m.s.n.m. a 3,821 m.s.n.m.

3.1.3. Ubicación Hidrográfica:

Hoya hidrográfica	: Lago Titicaca
Cuenca	: Río Coata.

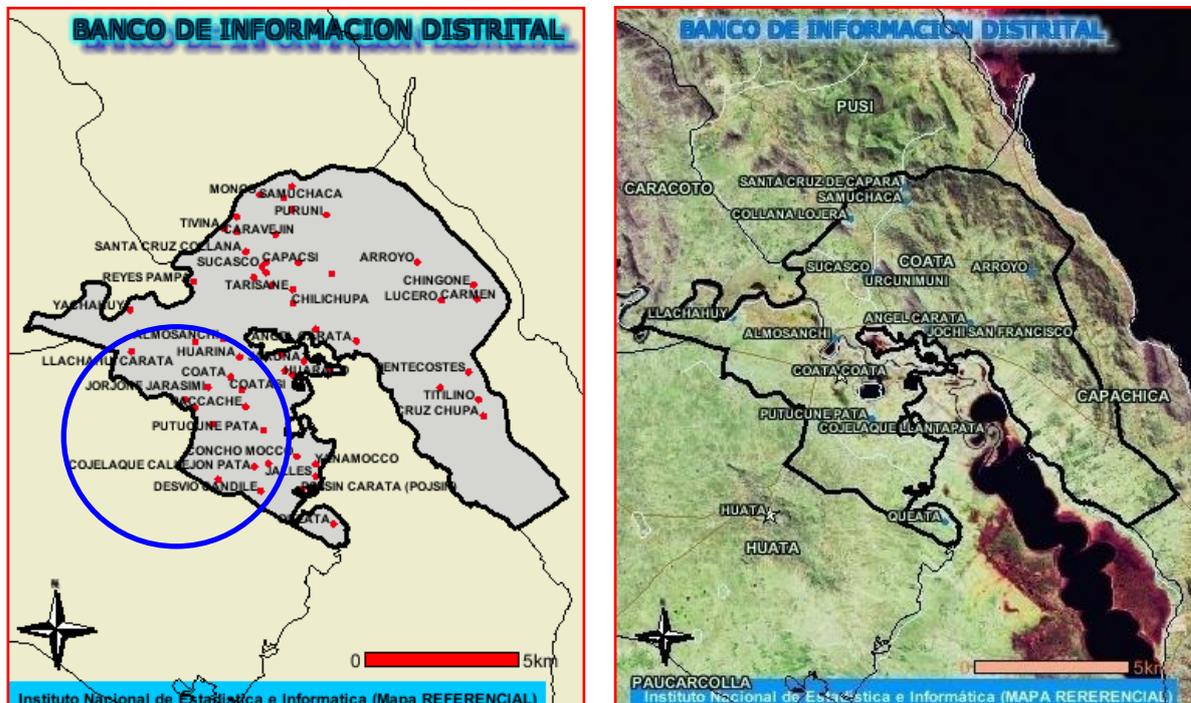
A continuación se muestra la ubicación del área de estudio.

Figura 08: Macrolocalización del Proyecto de investigación



Fuente: INEI, Censos Nacionales 2007. <http://proyectos.inei.gob.pe>

Figura 09: Microlocalización del Proyecto de investigación



Fuente: INEI, Censos Nacionales 2007. <http://proyectos.inei.gob.pe>

3.1.4 Límites

El área de estudio se encuentra limitado por:

- ☞ Por el Norte limita con la comunidad campesina de Lluco y la comunidad campesina de Llachahui.
- ☞ Por el Sur limita con el Distrito de Huata.
- ☞ Por el Este limita con el Lago Titicaca y la comunidad campesina de Jochi San Francisco.
- ☞ Por el Oeste limita con el distrito de Huata, comunidad campesina de Llachahui y el distrito Caracoto, Provincia de San Román.

3.1.5 Vías de comunicación y accesibilidad a la zona del proyecto de investigación

Desde la capital del departamento y provincia de Puno, el área de estudio está situado a unos 48 km aproximadamente de distancia. La forma de accesibilidad a la zona de estudio es mediante transporte vehicular desde la Ciudad de Puno hasta desvió Coata, el mismo que está camino al distrito de Capachica. Para llegar a las zonas de estudio hay que seguir el camino que se desvía desde desvió Coata hacia el Sector Putucune a una distancia de 4 km aproximadamente, el tipo de carretera es trocha carrozable.

Cuadro 02: Accesibilidad a la zona del proyecto

Ruta	Distancia (aprox. km)	Tiempo (Apróx. min.)	Tipo de vía	Medio de transporte	Frecuencia
Puno - Desvió Capachica	25	25	Asfaltado	Vehicular	Continuo
Desvió Capachica – Huata	12	20	Asfaltado a Nivel de Vi Capa	Vehicular	Regular
Huata - Desvió Coata	7	10	Asfaltado a Nivel de Vi Capa	Vehicular	Regular
Desvió Coata – Sector Putucune	4	8	Trocha carrozable	Vehicular	Escaso

Fuente: Elaborado por el ejecutor.

3.1.6 Climatología

El clima de la zona de proyecto de investigación es muy variado durante el año, con un clima templado húmedo a frío en el capital del distrito y en la Comunidad.

a) Precipitación

En el área de estudio se presenta precipitación promedio anual de 680 mm.

b) Temperatura

La temperatura del medio ambiente en la zona de estudio fluctúa entre un mínimo y un máximo de 2 y 19 °C. y un promedio de 10 °C. Además las temperaturas mínimas llegan hasta - 8 °C. bajo cero en los meses de Junio y Julio.

c) Humedad Relativa

La humedad del medio ambiente en el área de estudio proviene de las precipitaciones pluviales y la evapotranspiración del lago Titicaca, el promedio anual de humedad relativa es de 50%, lo que significa una relativa sequedad en el medio ambiente, en los meses lluviosos dicha humedad relativa aumenta hasta 65%, y se observa vientos que alcanzan valores relativamente reducidos, menores a 3.5 m/seg, con direcciones predominantes de Este a Oeste.

d) Evapotranspiración Potencial

La evapotranspiración promedio mensual es de 112.9mm.

3.1.7 Relieve

La zona del proyecto presenta un relieve plana y con ondulaciones suaves y moderadas, áreas con pendiente que oscilan entre 1% a 3%, las áreas referidas son propensos a inundaciones en épocas de precipitación pluvial.

3.1.8 Hidrología

La comunidad posee poca fuente de agua, generalmente son provenientes de los ríos, y de afloramientos subterráneos, tanto para uso poblacional y para uso agropecuario. En la zona de investigación, la napa freática se encuentra a una profundidad variable de 2 a 3 m.

3.1.9 Suelo

Los suelos del área de investigación son de textura franco arcilloso y arenoso con inclusiones de gravas en un 15% a 20% y suelos semiprofundos en las pampas y de reacciones neutras a alcalina con alto contenido de sales y sodio intercambiable y con drenaje pobre.

3.2 Características de la comunidad campesina de Carata del distrito de Coata**3.2.1. Características Socioeconómicas del área de estudio**

La principal fuente de ocupación y trabajo de los pobladores de la comunidad, es la actividad agrícola y ganadera, los mismos que se constituyen en la única fuente de ingreso, cabe mencionar

que su producción de agricultura es de autoconsumo y solo la ganadería genera ingresos económicos.

3.2.2 Población

La comunidad campesina de Carata cuenta con una población de 3582 habitantes. De los cuales solo el 1.34 % tiene acceso al servicio de agua potable y el 98.66 % de la población no tienen acceso al servicio de agua potable y su suministro de abastecimiento de agua es principalmente los pozos subterráneos. El presente trabajo está dirigido a los 4 principales sectores de la comunidad de Carata del distrito de Coata, en donde los habitantes de estos sectores tales como son (Sector Putucuni, Sector Pojsin, Sector Candile y Sector Chinchi), tienen una condición socioeconómica muy baja. En los sectores antes mencionados viven 2388 habitantes aproximadamente. En la actualidad la población a través de sus representantes y en coordinación con la municipalidad distrital de Coata han expresado la necesidad de la ejecución del proyecto de agua potable para las zonas antes mencionadas y las demás instituciones encargadas en saneamiento como EMSA-Puno no toman en consideración alguna sobre este problema. Para el presente trabajo de investigación se estimó cerca de 648 habitantes que son consumidores directos de los 8 pozos subterráneos seleccionados para la evaluación y propuesta de monitoreo de la calidad de agua. La mayor parte de los habitantes están concentrados en las zonas de estudio de la comunidad campesina de Carata del distrito Coata. Las viviendas se encuentran dispersas, en la mayoría carecen aún de un plan de desarrollo rural y ordenamiento territorial. Las viviendas de estas familias son el 100 % propia. Los materiales de construcción para la edificación de viviendas son 98.0 % de adobe, el 2.0 % son de material noble ladrillo.

En la mayoría de casos las viviendas cuentan con energía eléctrica y las viviendas no superan los 24 m² por habitación, con la característica de tener el área de cocina en un ambiente separado.

Los pobladores de la zona migran hacia los centros mineros, a las ciudades de Puno, Juliaca, Arequipa para trabajar en cualquier actividad que sea fuente de ingreso para la familia.

3.2.3 Educación

En el sector educación, la comunidad Carata cuenta con instituciones educativas de niveles como PRONOEIS, Inicial, Primaria, Secundaria, y cuenta con profesionales en algunos con especialistas en cada nivel educativo. Los centros educativos en algunos casos carecen de infraestructuras adecuadas para brindar las condiciones necesarias y didácticas para una enseñanza de calidad en el distrito de Coata. Como por ejemplo no cuenta con bibliotecas especializadas y actualizadas,

módulos de computadoras virtuales, laboratorios y promover la investigación, centros pilotos y de experimentos de acuerdo a la modernidad y la competitividad a la globalización mundial, se necesitan más instalaciones modernas y innovar el currículo educativa. Aunque la municipalidad provincial de Puno está trabajando con un programa de fortalecimiento de la educación con calidad Profe-Educa para tener aulas de innovación pedagógica, implementar con computadoras con el objetivo de que cada estudiante tenga una computadora en su aula, pero este programa no está considerado en la zona de estudio. Se cuenta con el programa de PRONAMA de alfabetización para las personas adultas y se hace el esfuerzo para reducir la tasa de analfabetismo que llega al 42 % aproximadamente.

3.2.4 Salud

El ámbito de estudio cuenta con una unidad de atención médica que se encuentra en el capital del distrito: Centro de Salud de Coata, donde reciben los servicios primarios, de las enfermedades comunes, en casos de gravedad se traslada al hospital de Puno. Una de las causas de las enfermedades es el consumo de agua no apto para consumo humano, que se dotan de los pozos subterráneos.

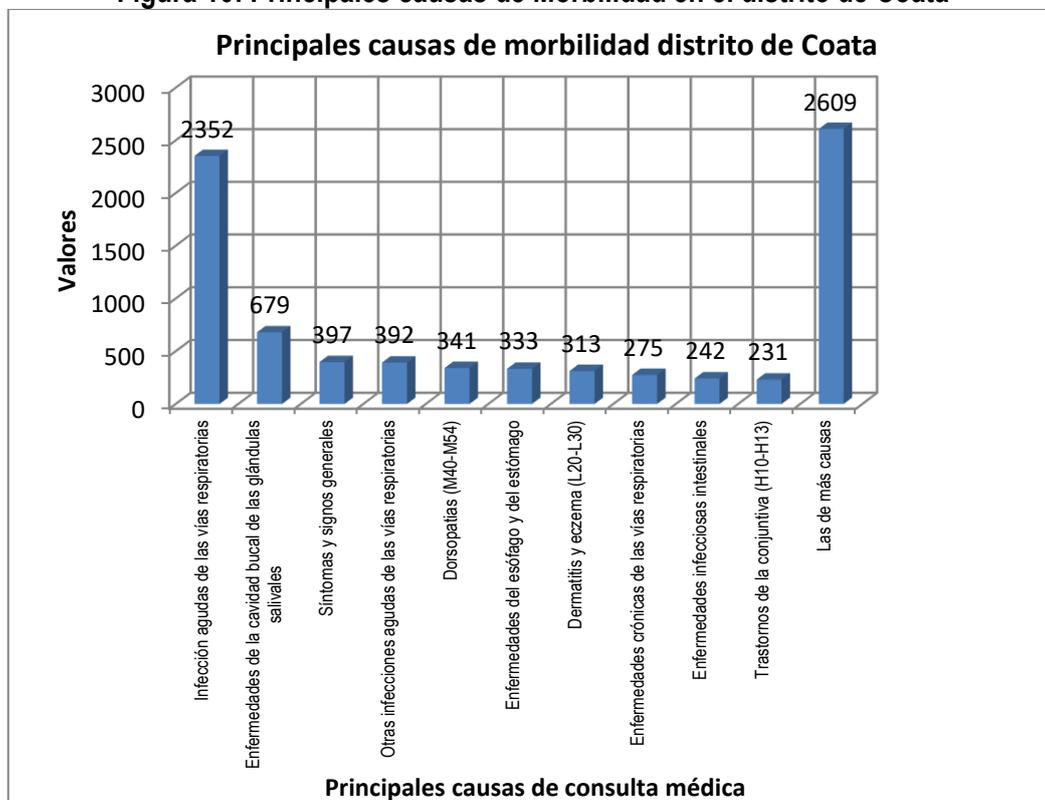
Existe la carencia de personal especializado para atender cualquier emergencia de salud, en donde existe personal como enfermeras, técnicos de salud, de alguna manera atienden las consultas médicas de los pacientes, pero no es suficiente hay mayor necesidad por el crecimiento poblacional, por lo tanto se requiere contar con mas especialistas, mayor implementación de equipos, incrementar el personal de salud y medicinas para que sea eficiente la atención en el centro de salud, el personal contratado solo labora por 6 horas turno mañana y se requiere incrementar el personal para el relevo correspondiente y atender las 24 horas es una necesidad urgente.

Cuadro 03: Principales causas de morbilidad general 2010 Distrito de Coata

Nº	Diagnóstico (causas)	total	%
1	Infección agudas de las vías respiratorias	2352	28.81
2	Enfermedades de la cavidad bucal de las glándulas salivales	679	8.32
3	Síntomas y signos generales	397	4.86
4	Otras infecciones agudas de las vías respiratorias	392	4.80
5	Dorsopatias (M40-M54)	341	4.18
6	Enfermedades del esófago y del estómago	333	4.08
7	Dermatitis y eczema (L20-L30)	313	3.83
8	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias	275	3.37
9	Enfermedades infecciosas intestinales	242	2.96
10	Trastornos de la conjuntiva (H10-H13)	231	2.83
11	Las de más causas	2609	31.96
	Total	8164	100.00

Fuente: Datos estadísticos obtenidos del Centro de Salud Coata, consultas externas-2010

Figura 10: Principales causas de Morbilidad en el distrito de Coata



Fuente: Elaborado por el ejecutor

3.2.5 Idioma que se habla en la zona

El idioma predominante en la zona de investigación es el quechua y castellano.

3.2.6 Instituciones presentes

Existe presencia de instituciones estatales y privadas. Entre las instituciones públicas y programas sociales presentes están (MINSA, DIGESA, PELT, DREP, Ministerio de agricultura, municipio de Coata y la policía nacional.) y otras instituciones de diferentes sectores.

Las instituciones gubernamentales antes mencionadas tienen mayor acción en los programas de mitigación de medidas de prevención por el desastre natural que se presentan en la zona de estudio; como por ejemplo inundaciones y las instituciones no gubernamentales trabajan mayormente en el aspecto social. La mayoría de estos organismos trabajan como coejecutores de fondos de agencias de préstamos de dinero con el enfoque de mejoramiento del nivel de vida de los pobladores y la reducción de pobreza.

3.2.7 Organización de barrios y sectoriales

Las organizaciones del ámbito de estudio están organizadas en sectores y barrios legalmente reconocidos por las autoridades locales, comunales y distritales que cuentan con su respectivo estatuto y acta de constitución. Los encargados a conducir el destino de la comunidad y los sectores son la junta directiva que son elegidas en la asamblea general de los empadronados en la comunidad durante 2 años. Dentro de los sectores existen otras organizaciones como la asociación de jóvenes, asociación de productores pecuarios, productores agrarios, asociación de productores de artesanía, club de madres, comité de electrificación y otros.

Estas organizaciones son bien estructuradas y la mayoría de ellas poseen su persona jurídica, eligen su junta directiva mediante una asamblea. Los mecanismos de participación más empleados son: el presupuesto participativo, los comités de vigilancia y la realización de los informes económicos al menos la ley señala dos veces durante el año con la participación de la población, donde se abordan temas generales para el desarrollo de la comunidad y del distrito.

3.3 Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados para la obtención de información de campo y procesamiento de datos para el presente trabajo de investigación son los siguientes:

3.3.1. Materiales de Escritorio

- Plano de ubicación 01 Carta Nacional 1/100000 como mínimo (recomendable 1/25000).
- 02 millares de papel bond A-4 de 80 gr.
- Lapicero, lápiz.
- Libreta de apuntes, fichas y otros.
- Tablas de lectura NMP y de identificación.
- Bibliografía consultada.

3.3.2 Equipos de Cómputo, Georeferenciales, Audiovisuales y Servicios

- 01 Equipo de cómputo (c/u CPU, monitor y teclado).
- Impresora de inyección a tinta HP Laser Jet P1006.
- 01 Scanner A-4.
- 01 USB.
- 01 GPS con mayor precisión posible.
- 01 Cámara Fotográfica (digital).
- Escritorio.
- Fotocopia y anillados.
- 01 unidad de transporte: camioneta.

3.3.3 Biológicos (insumos)

- Muestras de agua de pozos subterráneos.

3.3.4 Materiales de Vidrio y Equipos de Medición Portátil y de Laboratorio

a) Para Físico-Químico

- pH-metro HACH: pH
- Conductímetro HACH: Cond. Eléctrica y salinidad.
- Termómetro ambiental: T°
- Spectrófotómetro: Sulfatos
- Refrigeradora (Temperatura baja)
- Flexómetro con escala milimétrica
- Balanza electrónica
- 04 Frascos de vidrio estériles para el muestreo
- 04 matraz de 250 ml.
- 04 pipetas

b) Para Bacteriológico

- Estufa para esterilización y secado, con una T° de entre 170 y 180 °C.
- Estufa de incubación, con una T° de incubación de 35 +/- 0.5 °C, con termostato y termómetro.
- Autoclave de 15 libras de precisión y una temperatura de 121 °C.
- Balanza digital.
- Cocinilla eléctrica.
- Placa Petri estériles, de 15 x 100mm.
- Tubos de ensayo de vidrio borosilicato. De 18mm x 100mm y de 13mm x 100mm.
- 04 pipetas bacteriológicas de 10 ml con graduación 1/10, volumétrica tipo clínico.
- 04 frascos de vidrio estériles para el muestreo.
- 01 matraz de 500 ml., y 02 matraz de 250 ml.
- 02 probetas graduadas de 250-500ml.
- Campanas o tubos Durham.
- Mechero de Bunsen.
- Gradillas (porta tubos).
- Baguetas de vidrio.
- Asa de col estériles. Para inoculación con arco de 3mm.de diámetro.
- Pabilo de algodón.
- Tijera estéril.
- Papel Kraft.
- Algodón.
- Gasa (para la tapa de los tubos).
- Caja térmica para el transporte de muestras.
- Lápices con tinta indeleble a prueba de agua.
- Mascarilla.
- Escobilla.
- Detergente
- Esponja
- Utensilios estériles (espátula, cuchillo, tenedor, cuchara, pinzas). Para tomar muestra.
- Otros.

3.3.5 Soluciones y Medios

a) Para Físico-Químico

- EDTA (ácido etilendiamico tetraprotico).
- Eriocromo negro T
- Murexide
- Heliantina
- Cromato de Potasio
- Nitrato de Plata
- Cloruro de Bario
- Diphenylamina.

b) Para Bacteriológico

- Caldo lactosado
- Caldo verde brillante lactosa Bilis
- EMB (Eosine Metylen Blue) o ENDO (agar Fuscina Lactosa)
- Medios diferenciales: Triple sugar agar (TSI), Lisine Iron Agar (LIA), Citrato de Simons (CS), Indol (I) y Urea (U)
- Peptona
- Extracto de levadura
- Kovac
- Agua destilada
- Alcohol

3.4 Metodología

La metodología empleada para la evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano, fue un método aleatorio estratificado que consiste en considerar categorías (estratos) respecto a alguna característica o criterios del muestreador: (la más representativa, cantidad de familias usuarias de agua, la topografía de la zona, la más estratégica, acceso permitido y seguro) y de esa manera se seleccionó un tamaño de 08 muestras de pozos subterráneos utilizables por la población consumidora de agua en las cuatro zonas estratégicas, para ello se procedió de los siguientes pasos:

1. Planificación de los trabajos en función a los objetivos trazados, estrategias, planes, cronogramas y criterios.
2. Definición del ámbito de estudio.

3. Desplazamiento hacia el ámbito de estudio (Exploración, inventario y selección de puntos de muestreo).
4. Obtención de información de campo, (Ubicación, descripción, análisis físico y técnicas de muestreo de agua).
5. Análisis de muestras de agua en los laboratorios.
6. Procesamiento de información.
7. Interpretación de los resultados.
8. Redacción de informe de tesis.

3.4.1 Planificación de los trabajos

Para el desarrollo de la planificación de estrategias, planes, cronograma, metodología y criterios de optimización de los recursos se consideró los siguientes aspectos:

- ☞ El ámbito o amplitud del terreno en estudio (cartas 1/25000)
- ☞ El tiempo establecido para lograr los trabajos programados
- ☞ La fecha tentativa de inicio de los trabajos de campo (12-06 a 29-11-2010)
- ☞ Factores externos (clima, dialogo con los usuarios de agua de pozo, etc.)
- ☞ Disponibilidad de equipos de medición y laboratorio para el análisis de los parámetros de agua.

3.4.2 Definición del ámbito de estudio

Es uno de los procedimientos más importantes: se definió el ámbito total en subdivisiones de zonas de los sectores de la comunidad Carata, que no cuentan con el servicio de sistema de agua potable. Y como fuente de suministro de agua de estos habitantes son los pozos.

La programación de trabajo se efectúa teniendo en cuenta el centro de base los laboratorios de Microbiología y laboratorio de Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en donde se realizó los análisis de laboratorio. La definición del ámbito de estudio se observa en el anexo plano N° 02.

3.4.3 Desplazamiento hacia el ámbito de estudio

a) Exploración e inventario de pozos

El trabajo de exploración e inventario de los pozos es fundamentalmente un trabajo de campo, en identificar los pozos subterráneos existente en el ámbito de estudio. Se realizo teniendo en cuenta el uso actual y futuro de estas aguas, así también en identificar los

acuíferos que están siendo afectados por la contaminación y poner en peligro la calidad del agua.

Finalmente se procede a inventariar los pozos por zonas y se identificó un aproximado de 138 pozos de acceso directo en vía pública, además existe una pequeña cantidad de pozos que están dentro de los domicilios que es solo de uso familiar, y paralelamente se diseñó los tramos a recorrer según a la cercanía de los pozos identificados.

Cuadro 04: Inventario de pozos

Zonas de Muestreo		Pozos identificado en las zonas de muestreo
Zona A	Sector Putucune	42
Zona B	Sector Pojsin	34
Zona C	Sector Candile	38
Zona D	Sector Chinche	24
TOTAL		138

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

b) Selección de los pozos para fines de consumo humano

Habiendo definido el ámbito de estudio y las zonas a recorrer según la ubicación de los pozos identificados, se procede a seleccionar los pozos. Teniendo como centro de base para los análisis de las muestras los laboratorios de Microbiología y laboratorio de Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

El diseño de muestreo elegido fue un método aleatorio estratificado que consiste en considerar categorías (estratos) respecto a alguna característica o criterios del muestreador: (la más representativa, cantidad de familias y/o población usuaria de agua, topografía del terreno, la más estratégica, accesibilidad, acceso permitido y seguro) y de esa manera se seleccionó un total de 08 pozos en el ámbito de estudio que utilizan el agua subterránea como fuente de suministro de agua. Así mismo la descripción y las observaciones de las principales características de las fuentes de agua tales como crecimiento de plantas acuáticas, algas, sólidos, sustancias flotantes de aspecto desagradable, lodos y sedimento de fondo, existencia de algunos insectos en los pozos, otras poblaciones contaminantes y condiciones desagradables a los sentidos del olfato y la vista. Así mismo la toma de fotografías de las zonas de muestreo.

Cuadro 05: Identificación y selección de pozos

Zonas de Muestreo		Pozos priorizados para el análisis
Zona A	Sector Putucune	3
Zona B	Sector Pojsin	1
Zona C	Sector Candile	2
Zona D	Sector Chinche	2
TOTAL		8

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

3.4.4 Obtención de información de campo

La información obtenida en campo se registra en una ficha especial elaborada para tal fin con los datos identificados y datos generales. Se tomó la decisión de realizar el muestreo en periodo de estiaje (Julio - Agosto) porque es más recomendable en este espacio de tiempo ya que el agua subterránea en este periodo no sufre variaciones por filtración y la recopilación de muestras se efectuó en envases de botella de vidrio de manera secuencial, durante un mes aproximadamente y dividido en dos grupos de muestreo por semana, la primera semana consistió en tomar 04 muestras de agua para el análisis físico químico y 04 muestras para el análisis microbiológico, de cada pozo 02 muestras en total 08 muestras y la segunda semana de muestreo se realizó similar procedimiento pero se tomó las muestras de otras fuentes de agua (pozos) que se ubican dentro de las 04 zonas. Según el plan de trabajo y la disponibilidad de acceso a materiales, equipos de medición y los laboratorios de Microbiología y laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Altiplano de Puno.

Ficha para toma de muestras de agua provenientes de pozos subterráneos para el análisis físico químico en la comunidad campesina de Carata, distrito Coata.

Fecha de recolección : Hora de recolección:.....
 Identificación de muestra:.....Número de muestra:.....
 Localidad : Comunidad Campesina de Carata
 Barrio :
 Coordenadas UTM : S:.....N:.....Altitud:.....msnm.
 Responsable : Esteban Belizario Mamani

1. CAEACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS Y FÍSICAS DEL AGUA

COLOR :
 SABOR :
 OLOR :
 ASPECTO :
 C.E. (mS/cm) :Salinidad (%):pH:T (°C):

2. CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LA FUENTE DE SUMINISTRO

Número de usuarios :
 Tipo de pozo (especifique) :
 Con protección (especifique) :
 Sin protección (especifique) :
 Observaciones :

3. VARIEDAD DE USOS DE LA FUENTE

- Para consumo humano : ()
- Para recreación : ()
- Para bebida de animales : ()
- Para riego : ()
- Otros (especifique) : ()

4. CONDICIONES HIGIENICAS

De la cercanía de los posibles focos de la contaminación de las fuentes de suministro de agua:

- Letrinas: ()
- Depósito de basura: ()
- Excretas de animales: ()
- Agua o fosas negras: ()
- Otros (especifique) :

5. CRIANZA DE ANIMALES DOMÉSTICOS

- Perros: ()
- Gatos: ()
- Ovejas: ()
- Cerdos: ()
- Gallinas: ()
- Otros (especifique): ()

Fuente: Ficha elaborado por el ejecutor.

a) Ubicación política

Se describe la ubicación política del punto de muestreo del agua subterránea: localidad, distrito provincia y departamento y región.

b) Ubicación del punto de muestreo

Se realizó la georeferenciación del punto de muestreo (norte y este) en coordenadas UTM (WGS84), así mismo con la altitud empleada un instrumento portátil de sistema de posicionamiento global (GPS).

Figura 11: Imagen del instrumento empleado en la ubicación del punto de muestreo



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

c) Descripción de observaciones y toma de imágenes

Se toma varias fotografías de los puntos de muestreo para documentar el sitio, considerando las características del punto donde se toma la muestra de agua (casa, animales, árbol, etc.), incluyendo a una persona en imagen, luego se digitaliza las imágenes y se codifica poniendo las etiquetas con la siguiente información: identificación del sitio, nombre del sitio, fecha y hora, para su archivo respectivo.

Fig. 12: Toma de imágenes considerando las características del punto de muestreo



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

d) Análisis organolépticos y físicas del agua “in situ”

Para la medición de los parámetros organolépticos y físicas de los puntos de muestreo del agua de pozos se han empleado equipos portátiles de medición como el pH-metro HACH, termómetro ambiental. La medición se realizó siempre teniendo en cuenta las especificaciones técnicas, catálogos y calibración de cada equipo de medición para evitar errores en la lectura. Se muestra uno de estos equipos portátiles en la siguiente imagen.

Figura 13: Termómetro ambiental para medir la temperatura del agua



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

e) Técnicas de muestreo

La recolección de la muestra es un punto crítico en el procedimiento de la evaluación de la calidad del agua. La selección del punto de muestreo tendrá como requisito principal que la muestra sea representativa del sistema, del componente, de las fuentes de agua, del reservorio, etcétera.

Envase: El envase para la toma de muestras debe tener las características apropiadas para el tipo de análisis físico, químico y bacteriológico, tal como menciona en las guías y manuales de análisis de la calidad de agua. Por lo cual se ha tomado cuenta las técnicas y recomendaciones para la recolección de las muestras de agua. En el presente trabajo de investigación para la toma de muestras se utilizó envases de vidrio marca Pyrover de boca ancha y con tapa rosca, previamente esterilizadas y autoclavadas antes de cada uso. Así garantizando una protección adecuada de la muestra. Tal como se muestra en la figura.

Figura 14: Imagen de envases esterilizados para la toma de muestra



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

Cantidad: la cantidad adecuada para el análisis físico, químico y bacteriológico es recomendable una muestra de 500 ml de agua, aunque para ciertas determinaciones especiales se requiere mayores volúmenes.

Almacenamiento de muestra de agua: en el presente trabajo, las aguas muestreadas de los pozos, tan solo para el análisis bacteriológico se ha almacenado en baja temperatura a 4

°C de temperatura. Para los parámetros físico-químico los análisis fueron in situ y inmediatas en el laboratorio.

Intervalo entre el muestreo el análisis de las aguas en laboratorio: en el presente trabajo en general el intervalo de tiempo fue lo menos posible entre el muestreo y el análisis de las aguas, para así tener los resultados analíticos de confianza. Para ciertas características físicas se ha practicado los análisis “in situ”, debido a la composición de la muestra puede cambiar, antes de que puedan verificarse los análisis en el laboratorio.

- ✓ Análisis físico-químico : < 5 horas
- ✓ Análisis bacteriológico : < 20 horas

El tiempo antes mencionado están en el rango a los que recomienda las guías y manuales de análisis de calidad de agua.

3.4.5 Procedimiento y análisis de muestras de agua en laboratorio

Los exámenes de laboratorio se realizó de las muestras de agua de pozo tomadas en el campo para la determinación de los parámetros químicos y bacteriológicos, estas muestras fueron trasladados de los puntos de muestreo al laboratorio y almacenados en baja temperatura en un tiempo menor posible para que no sufra mayores cambios en su naturalidad.

3.4.5.1 Análisis y determinación de los parámetros químicos de calidad de agua

Para el análisis de los parámetros químicos del agua subterránea se ha empleado el método Gravimétrico (clorito) y Titulación o Volumétrico (de volumen). Recomendados por la APHA y la OMS, estos resultados nos garantizan la conformidad a las aguas de calidad química. Se realizó el análisis de los elementos más importantes, significativos o los que tienen efectos en la salud del consumidor de agua cruda como:

a) Potencial de Hidrogeno (pH)

La medición de agua de pH subterráneos en el ámbito de estudio, se realizó con el equipo portátil pH-metro HASC, “In situ” de la siguiente manera:

1. Calibrar y verificar las condiciones del equipo.
2. Colocar la muestra en una botella de vidrio esterilizada e introducir el electrodo de tal manera que su área sensible esté completamente sumergida en la muestra.
3. Agitar suavemente la muestra.

4. Esperar hasta que en el medidor se presente una lectura estable.
5. Anotar la muestra.
6. Después de medir el pH de la muestra, lavar el electrodo con agua destilada, secarlo con papel suavemente y guardar en el estuche de protección hasta su próximo uso.
7. Y así obtenemos los valores de pH.

b) Temperatura

La medición de la temperatura del agua de pozos subterráneos en el ámbito de estudio, se realizó con el equipo portátil termómetro ambiental in situ, introduciendo directamente el termómetro en la botella de muestra y se hace la lectura correspondiente. Como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 15: Medición de la temperatura



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

c) Conductividad Eléctrica

La medición de la conductividad eléctrica del agua de los pozos en evaluación en el ámbito de estudio, se realizó con el equipo portátil eléctrico Conductivimetro insitu, su medición es sencilla:

1. Prender el equipo (pulsando **Exit**)
2. Introducir el electrodo en la botella de la muestra.
3. Presionar (**Cond.**) = conductividad eléctrica
4. Esperar hasta que en el medidor se presente una lectura estable.
5. Presionando la tecla (**Enter**).
6. Anotar la lectura en (Ms/cm.) en el cuaderno de gabinete.

d) Salinidad

La medición de la salinidad del agua de pozos subterráneos en el ámbito de estudio, se realizó con el equipo portátil eléctrico Conductivimetro in situ, su medición es sencilla:

1. Prender el equipo (pulsando **Exit**)
2. Introducir el electrodo en la botella de la muestra.
3. Presionar (**SAL.**) = Salinidad.
4. Esperar hasta que en el medidor se presente una lectura estable.
5. Presionando la tecla (**Enter**).
6. Anotar la lectura en (%) en el cuaderno de gabinete.

Figura 16: Medición de la salinidad



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

e) Dureza Total

Para la determinación de la dureza total de las muestras de agua de los pozos se ha realizado por el método volumétrico, se tiene el siguiente procedimiento a detallar:

1. Tomar 25 ml de la muestra de agua en Matraz Erlenmeyer de 250 ml de capacidad.
2. Adicionar 2 ml de solución de Tampón PH10, añadir de 2 a 3 gotas de indicador de Erio Cromo negro T, para formar un color rojo vino.
3. Estandarizar en solución EDTA hasta que cambie de color rojo vino a azul violáceo, luego anotar el volumen de gasto de EDTA.
4. Calcular su concentración empleando la formula correspondiente.

$$\text{mg/l CaCO}_3 = \frac{VgEDTA * CondEDTA * PMCaCO3 * 1x10^6}{Vm}$$

Donde:

mg/l CaCO₃	: Dureza total
VgEDTA	: Volumen de gasto de EDTA (ml)
Con EDTA	: Concentración de EDTA (mmol).
Vm	: Volumen de Muestra de agua (ml).
PMCaCO₃	: Peso Molecular de CaCO ₃ (g/mmol).

f) Alcalinidad

Para la determinación de la alcalinidad de las muestras de agua de los pozos se ha realizado por el Método Volumétrico, se tiene el siguiente procedimiento a detallar.

- 1) Tomar 25 ml de la muestra de agua en Matraz Erlenmeyer de 250ml de capacidad.
- 2) Adicionar indicador de Heliantina al 0.1%, agregando de 2 a 3 gotas (de color amarillo).
- 3) Titular con solución HCL 0.1048 Normal, agitar y hasta que cambie de color amarillo a naranja, luego anotar el volumen de gasto de acido HCL.
- 4) Nota usar testigos con los reactivos y agua libre de CO₂ para hacer las correcciones en caso necesario.
- 5) calcular su concentración empleando la formula correspondiente.

$$\text{mg/l Ca} = \frac{VgHCl * N * PMCaCO3 * 1X10^6}{Vm}$$

Donde:

mg/l Ca	: Alcanilidad
VgHCl	: Volumen de gasto de HCl (ml).
Con HCl=N	: Concentración de HCl (meq/ml).
Vm	: Volumen de Muestra de Agua (ml).
PMCaCO3	: Peso Molecular de CaCO3 (g/meq).

Figura 17: Indicador de heliantina



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

g) Cloruros

Para la determinación del Cloruro de las muestras de agua de los pozos se ha realizado por el Método Volumétrico, se tiene el siguiente procedimiento a detallar:

- 1) Tomar 25 ml de la muestra de agua en Matraz Erlenmeyer de 250ml de capacidad.

- 2) Adicionar el indicador Cromato de Potasio K_2CrO_4 al 5% (color amarillo).
- 3) Luego titular con solución de Nitrato de Plata $AgNO_3$, con concentración de 0.01189 Normal, hasta que cambie de color amarillo a rojo ladrillo, luego anotar el volumen de gastos de Nitrato de Plata.
- 4) Calcular su concentración empleando la formula correspondiente:

$$mg/l \text{ Cl} = \frac{VgAgNO3 * N * PMCl * 1X10^6}{Vm}$$

Donde:

Cl	: Cloruros (mg/l)
VgAgNO3	: Volumen de gasto de $AgNO_3$ (ml).
Con $AgNO_3=N$: Concentración de $AgNO_3$ (meq/ml).
Vm	: Volumen de Muestra de Agua (ml).
PMCl	: Peso Molecular de Cl (g/meq).

h) Sulfatos

Para la determinación de Sulfatos de las muestras de agua de los pozos se ha realizado por el método de Spectronicfotometro, se tiene el siguiente procedimiento a detallar:

- 1) Tomar 25 ml de la muestra de agua en Matraz Erlenmeyer de 205 ml de capacidad.
- 2) Agregar 75 ml de agua destilada.
- 3) Añadir 50 mlg de cloruro de bario $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ (una pisca).
- 4) Agitar las muestras durante 1min exactamente a una velocidad constante
- 5) Luego lecturar en el equipo spectronicfotometro a una longitud de 420 NM (manómetro).
- 6) Calibrar el equipo con agua destilada en una celda.
- 7) La solución agua destilada calibrar a 100% (transmitancia).
- 8) La solución de resolución en la celda se coloca en spectronicfotometro durante 4 min.
- 9) Luego anotar la lectura que resultará en % y finalmente buscar en la tabla N° 14 el valor de concentración que corresponde y remplazar en la fórmula matemática.

$$mg/l \text{ SO}_4 = \frac{\text{Lectura de tabla (N°14)} * 100}{Vm}$$

Donde:

SO₄	: Sulfatos (mg/l)
Vm	: Volumen de Muestra de Agua (ml).

Figura 18: Agregado de cloruro de bario

Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

i) Nitratos

Para la determinación de los Nitratos de las muestras de agua de los pozos se ha realizado por el Método Volumétrico, el resultado se obtuvo en forma cualitativo, se tiene el siguiente procedimiento en el análisis:

- 1) En tubo de ensayo de 18x100 colocar 10 gotas de muestra de agua
- 2) Añadir de 2 a 3 gotas de indicador Diphenylamina
- 3) Luego añadir 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado a ($d=1.84$).
- 4) Agitar la solución si cambia de color o no
- 5) La formación de un anillo de color azul indica que es positivo (+) presencia de nitratos, de lo contrario si no se forma ningún anillo indica que es negativo (-).
- 6) Si es positivo (+) se procede a cuantificar con un nuevo examen.

j) Calcio

Para la determinación de los Calcio de las muestras de agua de los pozos se ha realizado por el Método Volumétrico, el resultado se obtuvo en forma cualitativo, se tiene el siguiente procedimiento a detallar:

- 1) Tomar 25 ml de la muestra de agua en Matraz Erlenmeyer de 205 ml de capacidad.
- 2) Adicionar 4 gotas de solución hidróxido de sodio de concentración 4 Normal (NaOH 4N).
- 3) Añadir el indicador purpurado de Amonio (Murexida) aproximadamente 50mg (1 pizca) tiene un color rosado naranja.
- 4) Luego titular o estandarizar agitando con solución EDTA hasta que cambie de color rosado naranja a púrpura, luego anotar el volumen de gasto de EDTA.
- 5) Calcular su concentración empleando la fórmula correspondiente:

$$\text{mg/l Ca} = \frac{VgEDTA * CondEDTA * PMCa * 1x10^6}{Vm}$$

Donde:

mg/l Ca : Calcio

VgEDTA : Volumen de gasto de EDTA (ml)

Con EDTA : Concentración de EDTA (mmol).

Vm : Volumen de Muestra de Agua (ml).

PMCa : Peso Molecular de Ca (g/mmol).

k) Magnesio

Para la determinación del magnesio de las muestras de agua de los pozos se realizó mediante el cálculo matemático.

$$\text{mg/l Mg} = \frac{(VgCaCO3 - VgCa)EDTA * CondEDTA * PM Mg * 1x10^6}{Vm}$$

Donde:

mg/l Mg : Magnesio

VgCaCO3 : Volumen de gasto de EDTA (ml)

VgCa : Volumen de gasto de EDTA (ml)

Con EDTA : Concentración de EDTA (mmol).

Vm : Volumen de Muestra de Agua (ml).

PM Mg : Peso Molecular de Mg (g/mmol).

l) Sólidos Totales

Para la determinación de los sólidos totales de las muestras de agua de los pozos se ha realizado por el Método Gravimétrico (clorito), se tiene el siguiente procedimiento a detallar:

- 1) Pesar la capsula
- 2) Tomar 25 ml de la muestra de agua y viértelo en la cápsula
- 3) Colocar la capsula que contenga la muestra de agua en la estufa por un aproximado de 24 horas a una temperatura de 90 °C y evaporarla la muestra a sequedad
- 4) Luego enfriar la capsula en el desecador y pesar el residuo que queda

$$\text{Sólidos Totales} = (\text{Cápsula} + \text{Residuo}) - \text{Cápsula vacía.}$$

3.4.5.2 Análisis y determinación del grupo de coliformes

Para el análisis bacteriológico del agua subterránea de calidad sanitaria para el consumo humano, se utilizó el método más tradicional de (Numero Más Probable con Tubos Múltiples), en esta técnica los resultados de la fermentación en tubos múltiples se expresan en el termino (NMP/100ml) de microorganismos existentes. Este método se fundamenta en el cálculo de probabilidades.

Las muestras recopiladas de los pozos fueron llevadas en una caja y almacenadas a baja temperatura en el laboratorio, para la determinación del grupo de coliformes, se siguió las recomendaciones de los métodos Standar para el análisis de agua de bebida o para el abastecimiento de agua potable en general, considerando los siguientes parámetros: para la Numeración de coliformes Totales y Coliformes fecales (Termotolerantes) por la técnica de la fermentación en tubos múltiples se expresan en términos de Número Más Probable (NMP). La técnica de fermentación en tubos múltiples para la determinación del grupo de coliformes consta de 4 fases: Test Presuntiva, Test Confirmativa, Test Aislamiento y Test de Identificación.

Figura 19: Esterilización del material y preparación de medios de cultivo.



Frascos esterilizados para el muestreo

Tubos esterilizados para medios de cultivo

Fuente: Fotos obtenidos por el ejecutor.

a) Preparación de material, soluciones y medios de cultivo

En cantidades aproximadas para 5 muestras.

- ☞ Preparar 150ml de caldo lauril triptosa de doble concentración o según se requiera y dispensar según el volumen de muestra que se va sembrar (para la prueba presuntiva de grupo de coliformes).
- ☞ Preparar 300ml de caldo lauril triptosa a simple concentración o según se requiera y dispensar según el volumen de muestra que se va sembrar (para la prueba presuntiva de grupo de coliformes).

- ☞ 140ml de caldo verde brillante bilis 2% a concentración simple para la prueba confirmativa de coliformes totales (en función de que todos los tubos presuntivos den resultados positivos).
- ☞ 50ml EMB-AGAR (eosina azul metileno) este medio es utilizado para el aislamiento selectivo y diferenciación de E. Cole y el desarrollo de todas las especies de la familia Enterobacteriaceae.
- ☞ 5 placas petri de vidrio estériles
- ☞ Preparación de tapones estériles
- ☞ Preparar 45 tubos de ensayo de vidrio 18x100mm estériles
- ☞ En cada tubo colocar un tubo Durham invertido esterilizado y colocar sus tapones
- ☞ Colocar 9ml de caldo lauril triptosa de doble concentración en 15 tubos
- ☞ Colocar 9ml de caldo lauril triptosa de simple concentración en 30 tubos
- ☞ Colocar en envolturas de papel y realizar la esterilización en autoclave durante 20 a 30 min.
- ☞ Retirar con mucho cuidado las envolturas de los tubos del autoclave
- ☞ Proceder a colocar los tubos en la gradilla
- ☞ Proceder al marcado de los tubos, anotando el número designado por el encargado del experimento.

Figura 20: Preparación de material, soluciones y medios de cultivo



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

b) Procedimiento Analítico

1. Identificar y retirar las muestras en forma ordenada de baja temperatura para el análisis correspondiente
2. Retirar la envoltura de papel de frasco con la muestra
3. Homogenizar agitando un número no menor de 25 veces, inclinando el frasco y formando un ángulo de aproximadamente 45°

4. Con una pipeta estéril, sembrar 10ml de muestra de agua en los 3 primeros tubos con código de (10^{-1}), que contiene caldo lauril triptosa de doble concentración, sembrar 1ml de muestra de agua en los 3 siguientes tubos con código de (10^{-2}) que contiene caldo lauril triptosa de simple concentración de los 9 tubos seleccionados para cada muestra. Verificar que en cada tubo haya un tubo Durham invertido.

Figura 21: Sembrado de la muestra de agua en tubos de ensayo con caldo lactosa



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

5. Una vez inoculado de todos los volúmenes de muestra, agitar la gradilla con los tubos inoculados. Hacerlo en forma horizontal y evitando que el medio sembrado no llegue a la tapa de los tubos. Colocar la gradilla en la incubadora a (37° C) durante 24 a 48 horas.

Figura 22: Colocado del sembrado de muestras en la incubadora



Fuente: fotos obtenidos por el ejecutor.

6. Después de la incubación por 24 a 48 horas, retirar los tubos de la incubadora para efectuar la primera lectura de los resultados. Agitar suavemente cada tubo y examinar la producción de gas. Retirar los tubos con resultado positivo (producción de gas, retenida en el tubo Durham; no es importante la cantidad de gas) y anotar los resultados.

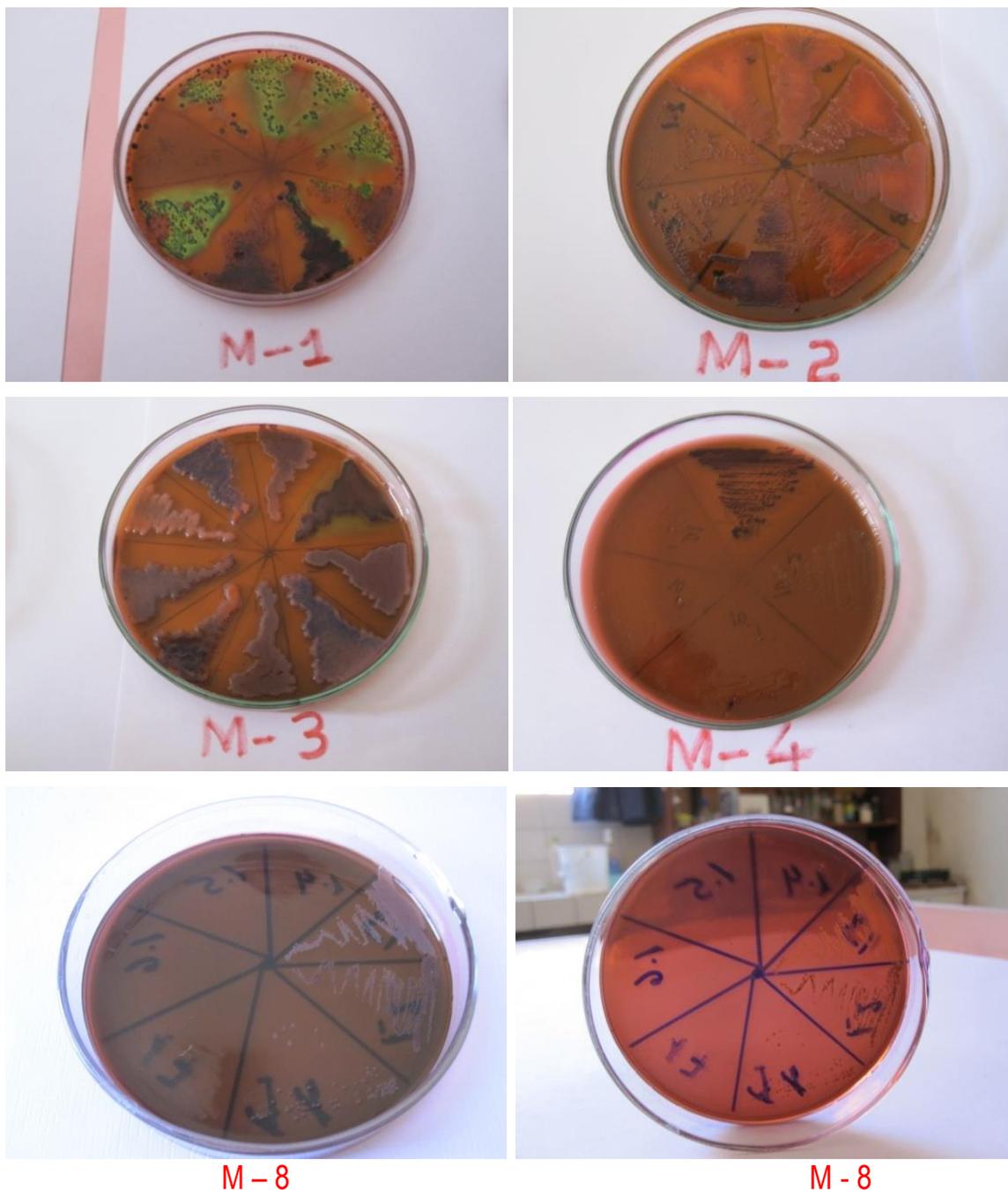
Figura 23: Resultado del sembrado en la incubadora y la primera lectura



Fuente: fotos obtenidos por el ejecutor.

7. Devolver a la incubadora (37 °C) todos los tubos con resultados negativos, por un periodo adicional de 24 ± 1 hora. La segunda lectura (a las 48 ± 3 horas) será hecha en las mismas condiciones, después de esta última lectura. Los tubos con resultados positivos serán separados para continuar la marcha analítica y los que resulten negativos serán descartados.
8. Prueba confirmativa para coliformes totales. Todos los tubos positivos de la prueba presuntiva son confirmados. Agitar cada tubo positivo de la prueba presuntiva con un asa de siembra estéril repitiendo 3 veces. Retirar el material e inocular al tubo 3ml de caldo verde brillante lactosa bilis 2% (CLVBB 2%) correspondiente. Evitar tomar la película superficial. Colocar la gradilla en la incubadora a (37 °C) durante 24 a 48 horas. Retirar y realizar la lectura observando el crecimiento de las bacterias. Identificar, clasificar y anotar los resultados de las reacciones de colonias verde brillante.

Figura 24: Resultados en donde se observa la diferencia de colonias



Fuente: Fotos obtenidos por el ejecutor.

9. Prueba de test de aislamiento para coliformes termotolerantes. La prueba de test de aislamiento para coliformes termotolerantes se realizará sembrando todos los tubos positivos de la prueba presuntiva, con asa de col estéril sembrando en forma de zigzag en placas petri con 10ml de medio de agar EBM. la siembra para la confirmación de coliformes totales y termotolerantes puede hacerse en forma paralela. Después de la siembra, envolver en el Papel Krolf amarrados con un pabilo todo las placas inoculados. Incubar las envolturas de

placas inoculadas a 37 °C durante 24 a 48 horas. Retirar y realizar la lectura observando el crecimiento de las bacterias. Identificar, clasificar y anotar los resultados de las reacciones de colonias Verde Brillante.

Figura 25: Siembra de reacciones más críticas de (EMB) en TSI, LIA, Citrato e Indol



Fuente: fotos obtenidos por el ejecutor.

Figura 26: Resultado de identificación de grupo de bacterias



Fuente: fotos obtenidos por el ejecutor.

10. Prueba Bioquímica se realizará sembrando toda las reacciones de test de aislamiento con resultado de colonias Verde Brillante, solo este tipo de colonias pasaran a las pruebas bioquímicas de TSI, LIA, Citrato y Indol. Se realiza el sembrado con asa de col estéril tomando una muestra de las colonias verde brillante en cada una de las soluciones antes mencionados. Colocar la gradilla en la Incubadora a (37 °C) durante 24 a 48 horas. Proceder a la lectura considerando como resultado positivo positivo para la prueba todos los tubos que presentaron formación de gas, desplazamiento, cambio químicos que ocurren y cambios de color en el tubo.
11. Con los datos obtenidos en la prueba confirmativa, calcular el NMP de coliformes totales y termotolerantes véase “Cálculo de Número Más Probable”. Y con los datos obtenidos de la

prueba bioquímica se identifica la familia de las bacterias por su origen de acuerdo a la diferenciación de cambios (según la tabla de diferenciación de enterobacteriaceae).

3.4.6 Procesamiento de información

Estas acciones son realizadas en gabinete, se inician con la codificación de los puntos de muestreo de los pozos, la complementación de la información obtenida en campo, sistematización en archivo digital.

- ☞ Para la georeferenciación de los puntos de muestreo del agua de los pozos subterráneos se utilizó el sistema de coordenadas UTM WGS 84.
- ☞ Para nuestra base de datos se empleó un plano digital del distrito de Coata actualizado.

3.4.7 Interpretación de resultados

La interpretación de los resultados de la calidad del agua subterránea, manantiales y/o pozos, se basan en la comparación con los estándares de calidad de agua para consumo humano establecidos por el ministerio de salud (MINSA), por la Organización Mundial de la Salud (OMS), Límites Máximos Permisibles para el Consumo Humano propuesta de la Dirección General de Saneamiento Ambiental (DIGESA), tablas establecidas o guías para el aislamiento y vigilancia de bacterias, Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y otras normas que se refiere a la conservación de los recursos hídricos y del medio ambiente, que las autoridades competentes en cuanto a la conservación y preservación de los recursos naturales debe hacer cumplir y aplicar las medidas de control para velar el cumplimiento de las disposiciones legales.

3.4.7.1 Marco legal

El marco legal que comprende para la realización del presente estudio se basa en las siguientes Normas Legales.

LEY MARCO

- ☞ Constitución Política del Perú del 31/10/1993
- ☞ Ley de recursos hídricos N° 29338
- ☞ Ley general de servicios de saneamiento Ley N° 26338
- ☞ Ley orgánica de las municipalidades Ley N° 27972
- ☞ Ley orgánica de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales N° 26821
- ☞ Ley del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental N°27446

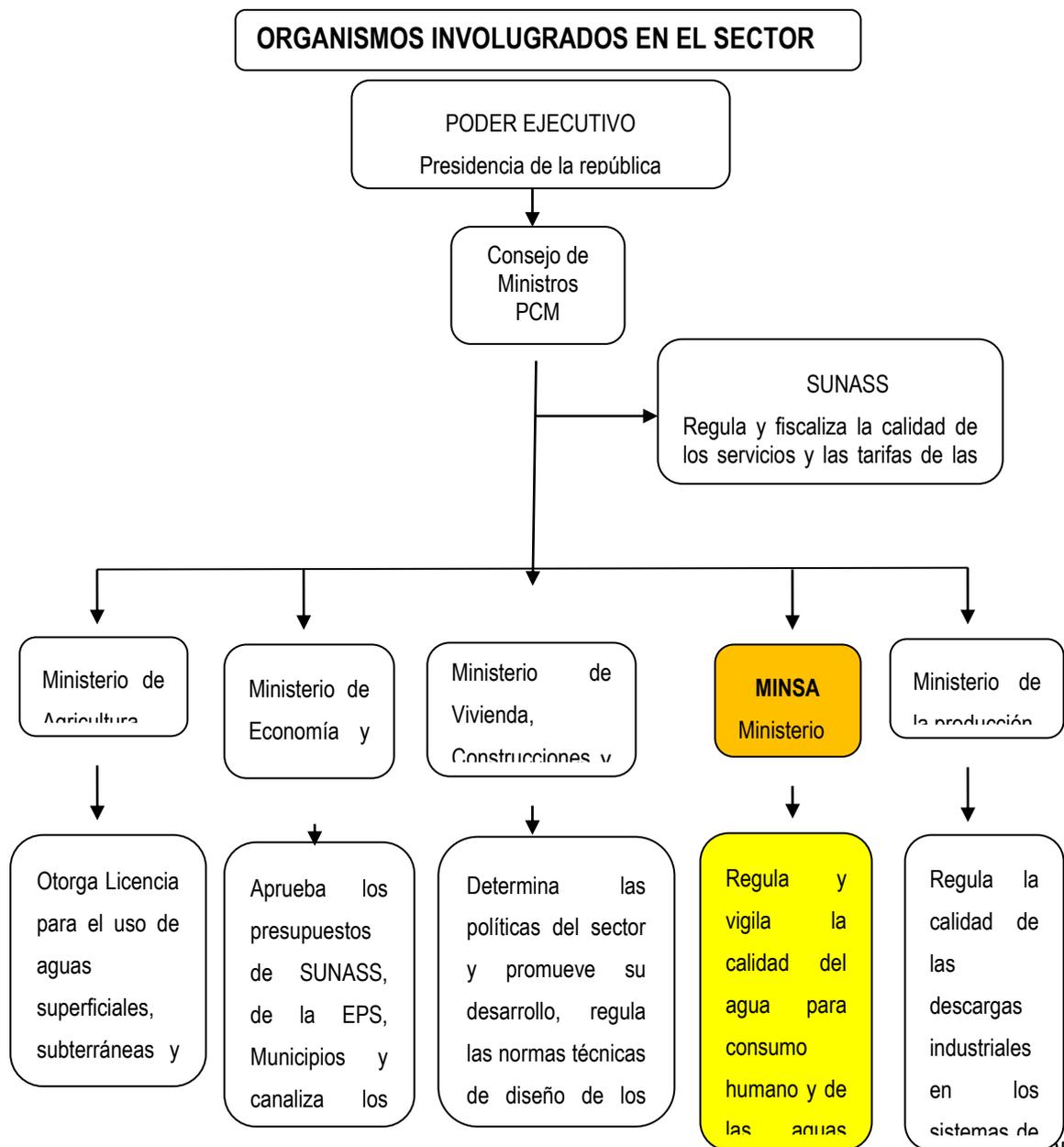
- ☞ Ley general de superintendencia nacional de servicios de saneamiento N° 26284
- ☞ Código penal Decreto Legislativo N° 635 de fecha (03-04-91)

SECTOR

- ☞ Ley de recursos hídricos Ley N°29338
- ☞ Ley general de salud Ley N° 26842
- ☞ Ley orgánica del poder ejecutivo Ley N°29158
- ☞ Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S.N° 031-2010-S.A.
- ☞ Reglamento de piscinas

REFERENCIAS

- ☞ Valores de la guía de la OMS
- ☞ Valores guía de Ministerio de Salud del Perú - MINSA
- ☞ Valores guía Dirección General de Salud Ambiental del Perú – DIGESA



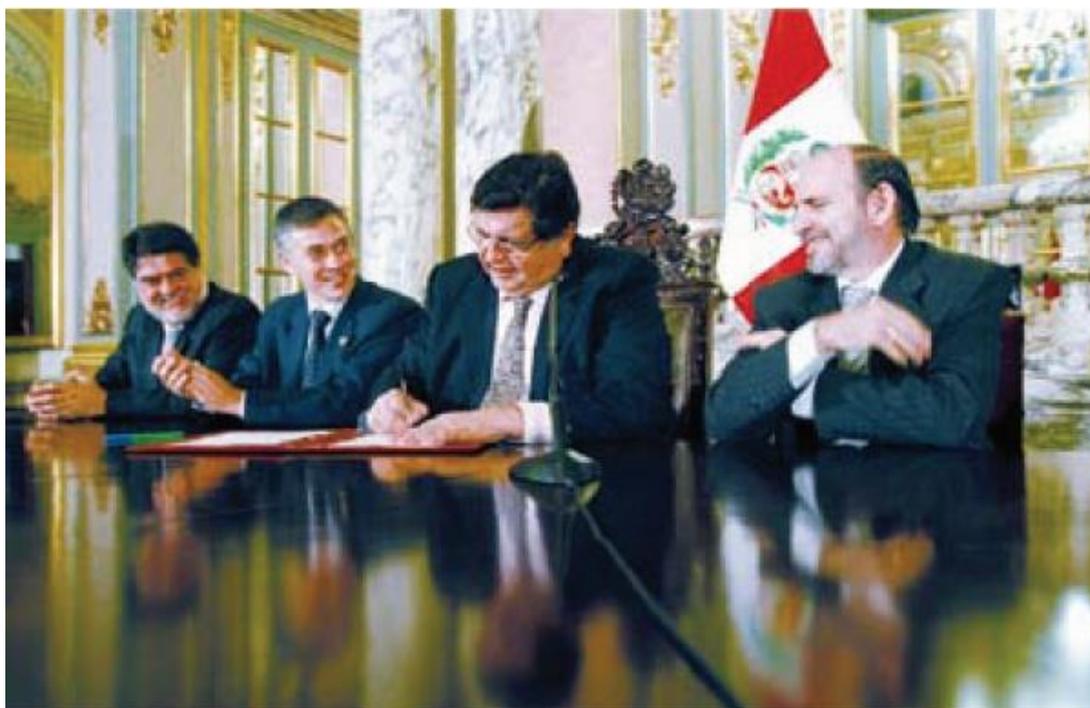
Constitución Política del Estado Peruano, promulgado el 29 de diciembre de 1993.

Cap. II “Del ambiente y los recursos naturales”

Art.67 señala el estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

Ley de recursos hídricos N° 29338, promulgado el 31 de marzo del 2009. Es la principal norma en materia de aguas, que establece el uso justificado y racional del recurso hídrico en armonía con el interés social y el desarrollo del país. Proyecto de reglamento: ley de recursos hídricos N° 29338, Lima, agosto del 2009.

Figura 27: Suscriben nueva Ley N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos



TÍTULO V: PROTECCION DEL AGUA

Artículo 103.- Protección del agua

103.1 La protección del agua tiene por finalidad prevenir el deterioro de su calidad; proteger y mejorar el estado de sus fuentes naturales y los ecosistemas acuáticos; establecer medidas específicas para eliminar o reducir progresivamente los factores que generan su contaminación y degradación.

103.2 la autoridad nacional del Agua, en coordinación con el ministerio del ambiente, ministerio de salud y demás sectores cuando corresponda, emite disposiciones, directivas y normas

complementarias al presente Reglamento, para la conservación y protección de la calidad de las aguas.

Cap. II CLASIFICACION DE LOS CUERPOS DE AGUA

Artículo 106 Clasificación de los cuerpos de agua

106.1 Los cuerpos naturales de agua se clasifican en función a sus características naturales y los usos a los que se destinan.

106.2 La autoridad nacional de aguas clasifica los cuerpos de agua tomando como base la categorización establecida en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua, aprobados por el Ministerio del Ambiente de acuerdo a los usos actuales y potenciales al que se destina el agua.

Cap. IV PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA

Artículo 125°.- Plan Nacional de Vigilancia de la calidad del agua

125.1 El plan Nacional de Vigilancia de la Calidad de Agua es el conjunto de actividades orientadas a la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua con el objetivo de determinar el cumplimiento de la Ley, el presente reglamento y demás normas de calidad de agua, identificar las fuentes de contaminación y establecer medidas para su recuperación.

125.2 los resultados de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua serán tomados en cuenta para la adopción de medidas correctivas con el fin de controlar la contaminación. Así mismo serán sistematizados y registrados en el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos.

Artículo 127°.- Protocolo para el monitoreo de la calidad de las aguas

127.1 El monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo al protocolo aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

127.2 En cuanto no se implemente el protocolo mencionado en el párrafo anterior, la recolección, preservación y análisis de muestras de agua podrá realizarse de acuerdo a los métodos y procedimientos establecidos en las normas técnicas peruanas aprobadas por el instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual-INDECOPI, o en su defecto por los métodos de análisis internacionalmente reconocidos como los de la APHAWWA-WPCF, ASTM y/o EPA.

TÍTULO IX AGUAS SUBTERRÁNEAS

CAP. I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 225°.-de la definición del agua subterránea

Para efectos de la ley y el reglamento, se considera aguas subterráneas que están dentro del ciclo hidrológico, se encuentran en la etapa de circulación o almacenamiento bajo la superficie del terreno y dentro del medio porosos, fracturas de las rocas u otras formaciones geológicas, que para su extracción y utilización se requiere la realización de obras específicas.

Artículo 226°.- De los manantiales

Los manantiales como puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas serán considerados como aguas superficiales para los efectos de evaluación y otorgamiento de derechos de uso de agua, toda vez que para su utilización no se requiera la realización de mecanismos y obras específicas de extracción.

Artículo 227°.- De la Autoridad Nacional del Agua

La Autoridad Nacional del Agua, en materia de aguas subterráneas ejerce, entre otras, las siguientes funciones:

- a. Dictar las directivas para los distintos niveles de estudios y obras de exploración para el aprovechamiento de aguas subterráneas y mantener el adecuado control de la explotación del agua subterránea.
- b. Promover, actualizar y formular estudios hidrológicos destinados a evaluar la capacidad del acuífero, su aprovechamiento en cantidad, calidad y oportunidad.
- c. Inventar las fuentes de agua subterránea en el país.
- d. Establecer, instalar y operar redes del monitorio del acuífero para evaluar y controlar periódicamente los niveles de la napa fríatica y calidad del agua, en coordinación con las organizaciones de usuarios u operadores de agua subterránea según corresponda.
- e. Aprovechar los estudios y obras necesarias para el uso sostenible de las aguas subterráneas, su reposición e incremento en cuanto a cantidad y calidad.

LEY GENERAL DEL AMBIENTE N° 28611

TÍTULO PRELIMINAR

DERECHOS Y PRINCIPIOS

Artículo 1.- Del derecho y deber fundamental

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.

Artículo 3.- Del derecho a la participación en la gestión ambiental

Toda persona tiene el derecho a participar responsablemente en los procesos de toma de decisiones, así como en la definición y aplicación de las políticas y medidas relativas al ambiente y sus componentes, que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno. El Estado concerta con la sociedad civil las decisiones y acciones de la gestión ambiental.

TÍTULO I

POLÍTICA NACIONAL DEL AMBIENTE Y GESTIÓN AMBIENTAL

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

Artículo 1.- Del objetivo

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

Artículo 5.- Del Patrimonio de la Nación

Los recursos naturales constituyen Patrimonio de la Nación. Su protección y conservación pueden ser invocadas como causa de necesidad pública, conforme a ley.

CAPÍTULO 3

GESTIÓN AMBIENTAL

Artículo 13.- Del concepto

13.1 La gestión ambiental es un proceso permanente y continuo, constituido por el conjunto estructurado de principios, normas técnicas, procesos y actividades, orientado a administrar los intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la política ambiental y alcanzar así, una mejor calidad de vida y el desarrollo integral de la población, el desarrollo de las actividades económicas y la conservación del patrimonio ambiental y natural del país.

13.2 La gestión ambiental se rige por los principios establecidos en la presente. Ley y en las leyes y otras normas sobre la materia.

Artículo 31.- Del Estándar de Calidad Ambiental

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la

salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

31.2 El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

31.3 No se otorga la certificación ambiental establecida mediante la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, cuando el respectivo EIA concluye que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento de algún Estándar de Calidad Ambiental. Los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental también deben considerar los Estándares de Calidad Ambiental al momento de establecer los compromisos respectivos.

31.4 Ninguna autoridad judicial o administrativa podrá hacer uso de los estándares nacionales de calidad ambiental, con el objeto de sancionar bajo forma alguna a personas jurídicas o naturales, a menos que se demuestre que existe causalidad entre su actuación y la transgresión de dichos estándares. Las sanciones deben basarse en el incumplimiento de obligaciones a cargo de las personas naturales o jurídicas, incluyendo las contenidas en los instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 32.- Del Límite Máximo Permisible

32.1 El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio.

33.2 La Autoridad Ambiental Nacional, en el proceso de elaboración de los ECA, LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o de las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales.

CAPÍTULO 3

POBLACIÓN Y AMBIENTE

Artículo 66.- De la salud ambiental

66.1 La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del Estado, a través de la Autoridad de Salud y de las personas

naturales y jurídicas dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

66.2 La Política Nacional de Salud incorpora la política de salud ambiental como área prioritaria, a fin de velar por la minimización de riesgos ambientales derivados de las actividades y materias comprendidas bajo el ámbito de este sector.

Artículo 67.- Del saneamiento básico

Las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; la gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado público, el reuso de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.

TÍTULO III

INTEGRACIÓN DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL

CAPÍTULO 1

APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES

Artículo 84.- Se consideran recursos naturales a todos los componentes de la naturaleza, susceptibles de ser aprovechados por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tengan un valor actual o potencial en el mercado, conforme lo dispone la ley.

Artículo 86.- De la seguridad

El Estado adopta y aplica medidas para controlar los factores de riesgo sobre los recursos naturales estableciendo, en su caso, medidas para la prevención de los daños que puedan generarse.

CAPÍTULO 3

CALIDAD AMBIENTAL

Artículo 113.- De la calidad ambiental

113.1 Toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes.

113.2 Son objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental:

- a. Preservar, conservar, mejorar y restaurar, según corresponda, la calidad del aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente, identificando y controlando los factores de riesgo que la afecten.

- b. Prevenir, controlar, restringir y evitar según sea el caso, actividades que generen efectos significativos, nocivos o peligrosos para el ambiente y sus componentes, en particular cuando ponen en riesgo la salud de las personas.
- c. Recuperar las áreas o zonas degradadas o deterioradas por la contaminación ambiental.
- d. Prevenir, controlar y mitigar los riesgos y daños ambientales procedentes de la introducción, uso, comercialización y consumo de bienes, productos, servicios o especies de flora y fauna.
- e. Identificar y controlar los factores de riesgo a la calidad del ambiente y sus componentes.
- f. Promover el desarrollo de la investigación científica y tecnológica, las actividades de transferencia de conocimientos y recursos, la difusión de experiencias exitosas y otros medios para el mejoramiento de la calidad ambiental.

Artículo 114.- Del agua para consumo humano

El acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población.

Corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares. En caso de escasez, el Estado asegura el uso preferente del agua para fines de abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.

Artículo 120.- De la protección de la calidad de las aguas

120.1 El Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.

120.2 El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

LEY GENERAL DE SALUD – LEY N° 26842

Cap. VIII. “DE LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE PARA LA SALUD”

Artículo 103.- La protección del Ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que para preservar la salud de las personas, establece la autoridad de salud competente.

Artículo 104.- Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

Artículo 105.- Corresponde a la Autoridad de Salud competente, dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas derivadas de elementos, factores y agentes ambientales, de conformidad con lo que establece, en cada caso, la ley de la materia.

Artículo 106.- Cuando la contaminación del ambiente signifique riesgo o daño a la salud de las personas, la Autoridad de Salud de nivel nacional dictará las medidas de prevención y control indispensables para que cesen los actos o hechos que ocasionan dichos riesgos o daños.

Artículo 107.- El abastecimiento de agua, alcantarillado, disposición de excretas, rehúso de aguas servidas y disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento.

Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Decreto Legislativo N° 613)

Artículo 107.- Es de responsabilidad del Ministerio de Salud garantizar la calidad del agua para consumo humano y en general para las demás actividades en que su uso es necesario.

Su principal fin es tutelar el ambiente, protegiendo los componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (suelo, agua y aire).

Entre sus enunciados más importantes se lee... “que toda persona tiene el derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, y así mismo a la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente”.

Otro enunciado importante en el que señala que “el medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio común de la nación y que toda persona tiene el derecho a exigir a una acción rápida y efectiva ante la justicia en su defensa”.

Como principios fundamentales esgrime el principio de prevención, el control en a fuente, el P. Contaminador-Pagador y el desarrollo sostenible.

CODIGO PENAL (Decreto Legislativo N° 635 de 06/04/91)

Artículo 304.- Establece para privativa de libertad menos de 3 años o multas a quienes contaminan al medio ambiente vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseoso por encima de los Límites Máximos Permisibles y que causen o puedan causar perjuicio en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos.

Artículo 305.- establece elevar penas, pero en ningún caso cárcel por un tiempo mayor a 4 años, cuando los vertidos a que hace mención el artículo anterior origina peligro para la salud, o que afecten gravemente a los recursos naturales que constituyen la base de la actividad económica.

Artículo 314.- Establece que el Juez Penal ordenará como medida cautelar la suspensión inmediata de la actividad contaminante, así como la clausura definitiva o temporal del establecimiento de que se trata, sin perjuicio de lo que pueda ordenar la autoridad en materia ambiental.

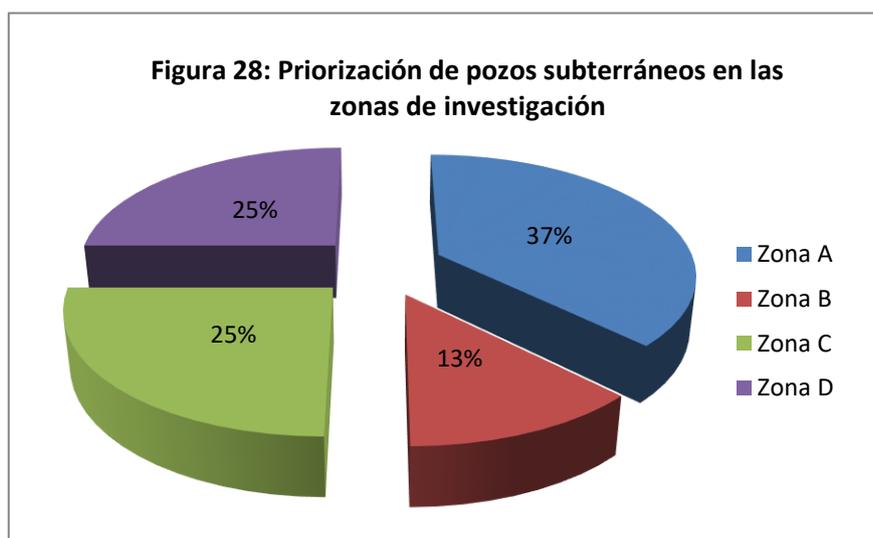
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Determinación e interpretación de los resultados de calidad de agua subterránea de la Comunidad Carata del distrito Coata

Se tomó en consideración el agua de consumo humano que proviene de los pozos subterráneos de las cuatro zonas estratégicas de la Comunidad Carata del distrito Coata. El muestreo de agua de los pozos para el análisis se realizó en forma estratégica por su ubicación y la más representativa, los pozos seleccionados son un total de 08 en el ámbito de estudio. Se describe la ubicación de las fuentes de agua por zonas.

- ☞ Zona A: 03 pozos Sector Putucune
- ☞ Zona B: 01 pozo Sector Pojsin
- ☞ Zona C: 02 pozos Sector Candile
- ☞ Zona D: 02 pozos Sector Chinche



La ubicación espacial del esquema de los pozos en evaluación se muestra en el Plano 02 de Anexos D y esquema del tipo respectivo que nos permite visualizar el inventario y la selección de los puntos de muestreo.

4.1.1. Determinación de las características físico-químico

4.1.1.1. Color

El agua de los pozos subterráneos de uso doméstico en el ámbito de estudio tiene como parámetro de aceptación que es "incolora" en la totalidad de los pozos, parámetro que resultó dentro del rango permisible. Vale la aclaración cuando el agua tiene color, tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración.

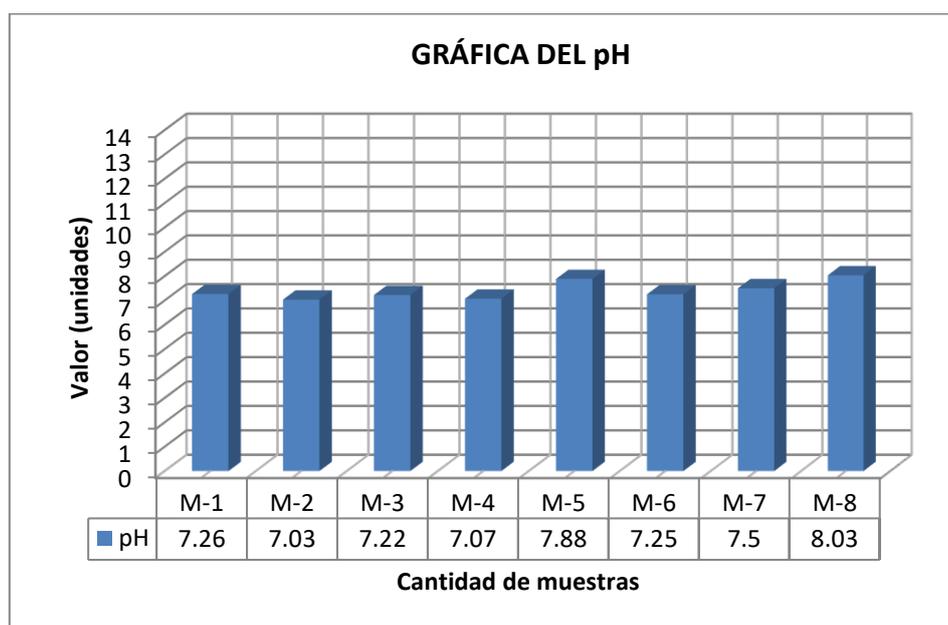
Las aguas pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales, humos, materia orgánica y contaminación domésticos. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina “color aparente”, una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como “Color verdadero”, siendo este último el que se mide en esta determinación.

4.1.1.2. Olor y Sabor

El olor y el sabor está estrechamente relacionados podemos decir que, “A lo que huele”, sabe el agua”. Este constituye el motivo principal de rechazo por parte del consumidor. El agua de los pozos subterráneos en su forma pura y natural generalmente no tiene ningún olor ni sabor. En el presente trabajo se ha presenciado que es “Inodoro y Insípido”. Cabe mencionar que la mayoría de los pozos identificados están protegidos y cuidados por los usuarios y no se observó crecimiento de ciertos organismos y otras partículas introducidas. Por lo cual no produce sensaciones olfativas de mayor consideración ni de sabor desagradable. Esto se podría decir por que es extraído y utilizado el agua permanentemente para cualquier fin.

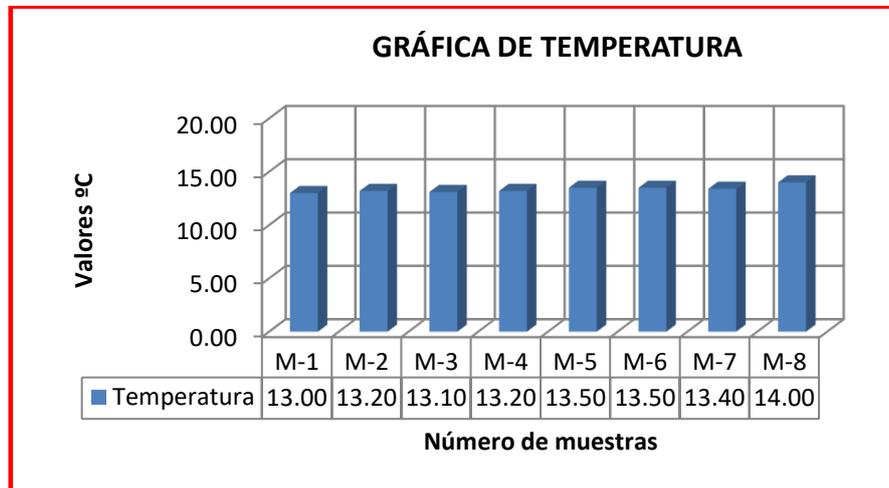
4.1.1.3. Potencial de Hidrogeno (pH)

Los resultados del análisis de pH fluctúan entre los valores de un mínimo de 7.03 y un máximo de 8.03 unidades, valores que representan a aguas ligeramente alcalinas, encontrándose por encima de limite recomendado por el Ministerio de Salud del Perú (7unidades) y dentro de los límites Máximos Permisibles establecidos por la Organización Mundial de Salud-OMS (6.5-8.5 unidades).



4.1.1.4. Temperatura

Los resultados del análisis de temperatura fluctúan entre los valores de un mínimo de 13.0 °C a un máximo de 14.0 °C valores que corresponden a aguas de clasificación Regular (12 °C-23 °C), según el índice de ponderación limnológica establecido por el Ministerio de Pesquería-1980.



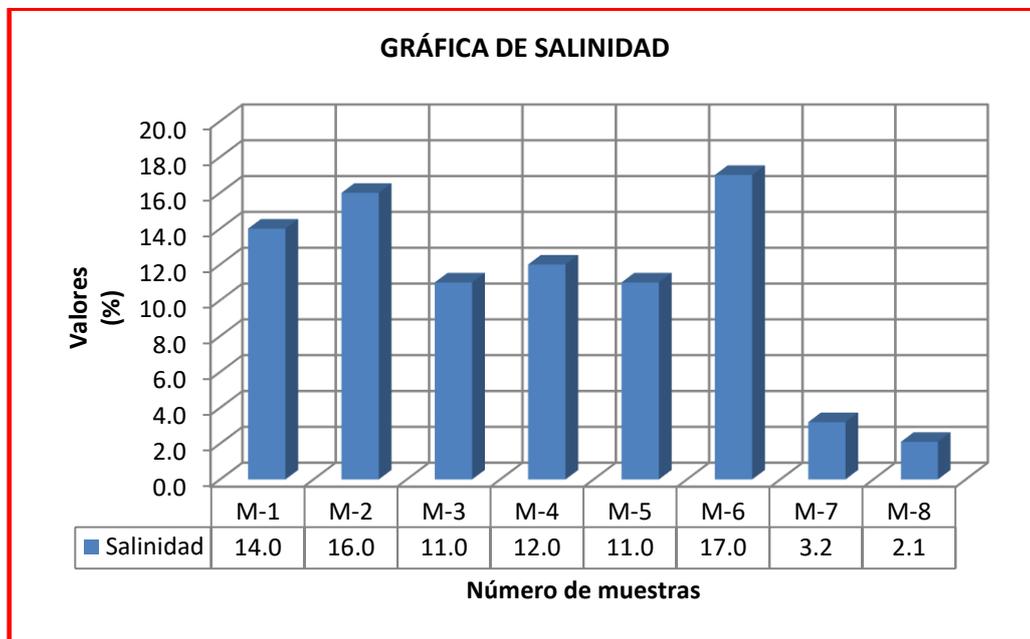
4.1.1.5. Conductividad Eléctrica

Los resultados del análisis de la conductividad eléctrica fluctúan entre los valores de un mínimo de 0.39 mS/cm. a un máximo de 4.00 mS/cm. Valores que corresponden a aguas de mediana a alta mineralización. Del total de los valores obtenidos de las 8 muestras que representa al 100%, 1 muestra que representa el 12.5 % de los valores corresponde al límite recomendado por el Ministerio de Salud del Perú (500 umhos/cm) y 2 muestras que representa el 25.0 % de los valores están dentro del límite recomendado por la Organización Mundial de Salud-OMS (hasta 1500 umhos/cm) y 5 muestras que representa el 62.5 % de valores se encuentran por encima de los valores permisibles para consumo humano.



4.1.1.6. Salinidad

Los resultados del análisis de la salinidad fluctúan entre los valores de un mínimo de 2.1 a un máximo de 17.0, valores que está estrechamente muy ligado a la conductividad eléctrica.

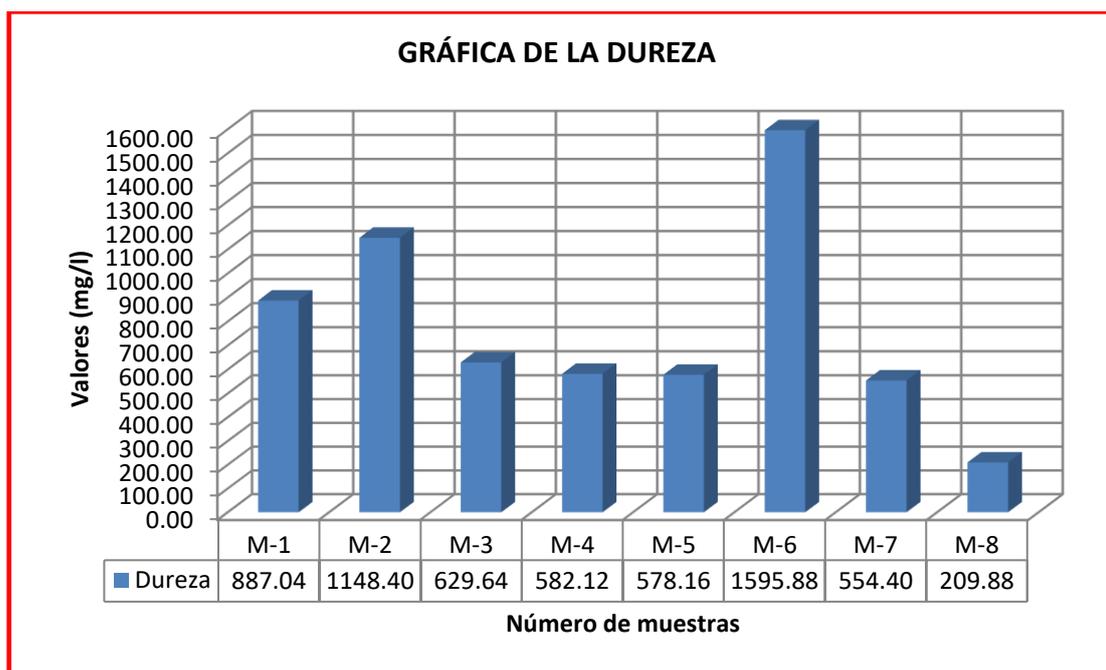


4.1.1.7 Dureza Total

Cuadro 06: Resultados de análisis de dureza total (mg/l)

Cant. de Muestras	Volumen Muestra (ml)	Concentración de EDTA (mmol/ml)	Volumen de Gasto de EDTA (ml)	Peso molecular de CaCO ₃ (g/mmol)	Factor de conversión	Resultado de dureza total (mg/l)
M-01	25	0.0099	22.4	0.1	1000000	887.04
M-02	25	0.0099	29.0	0.1	1000000	1148.40
M-03	25	0.0099	15.9	0.1	1000000	629.64
M-04	25	0.0099	14.7	0.1	1000000	582.12
M-05	25	0.0099	14.6	0.1	1000000	578.16
M-06	25	0.0099	40.3	0.1	1000000	1595.88
M-07	25	0.0099	14.0	0.1	1000000	554.40
M-08	25	0.0099	5.3	0.1	1000000	209.88

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.



Los resultados del análisis de la dureza total fluctúan entre los valores de un mínimo de 209.88 mg/l. a un máximo de 1595.88 mg/l. corresponden a la clasificación en términos del grado de dureza de la siguiente manera.

- 0 muestras que corresponde al 0.0 % pertenece a aguas blandas su rango es de 0 a 0.75 mg/l.
- 0 muestras que corresponde al 0.0 % pertenece a aguas moderadamente duras su rango es de 75 a 150 mg/l.
- 01 muestras que corresponde al 12.5 % pertenece a aguas duras su rango es de 150 a 300 mg/l.
- 07 muestras que corresponde al 87.5 % pertenece a aguas moderadamente muy duras su rango es mayor a 300 mg/l.

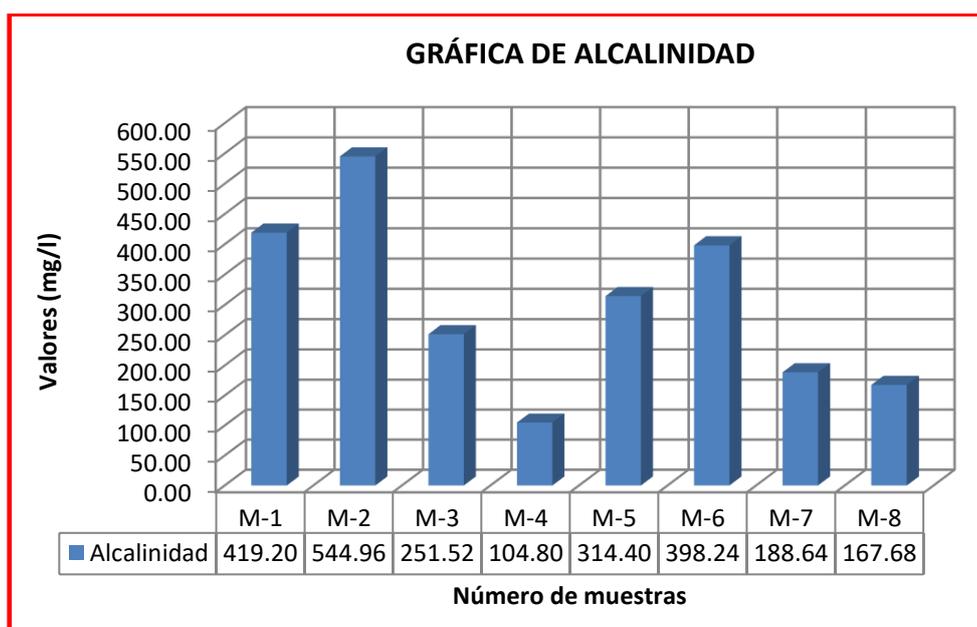
De las 8 muestras que representa al 100% de datos obtenidos, 1 muestras que representa el 12.5 % corresponde al límite recomendado para consumo humano establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la Organización Mundial de Salud – OMS (500mg/l), 7 muestras que representa el 87.5 % superan los valores máximos permisibles para consumo humano establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la Organización Mundial de Salud – OMS señala que el agua dura no representa riesgos a la salud de los consumidores que pueden tolerar hasta (500mg/l).

4.1.1.8 Alcalinidad

Cuadro 07: Resultados de Análisis de Alcalinidad (mg/l)

Cant. de Muestras	Volumen Muestra (ml)	Concentración de HCl (meq/ml)	Volumen de Gasto de HCl (ml)	Peso molecular de CaCO ₃ (g/meq)	Factor de conversión	Resultado de Alcalinidad (mg/l)
M-01	25	0.1048	2.0	0.05	1000000	419.20
M-02	25	0.1048	2.5	0.05	1000000	544.96
M-03	25	0.1048	1.2	0.05	1000000	251.52
M-04	25	0.1048	0.5	0.05	1000000	104.80
M-05	25	0.1048	1.5	0.05	1000000	314.40
M-06	25	0.1048	1.9	0.05	1000000	398.24
M-07	25	0.1048	0.9	0.05	1000000	188.64
M-08	25	0.1048	0.56	0.05	1000000	117.38

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.



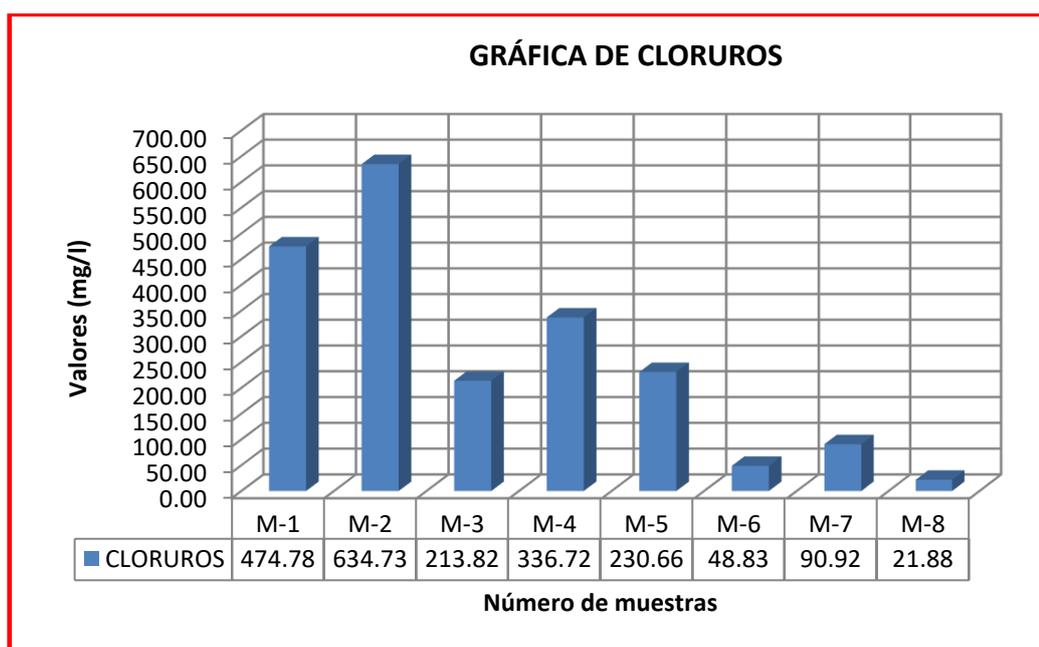
Los resultados del análisis de la Alcalinidad fluctúan entre los valores de un mínimo de 104.80 mg/l. a un máximo de 544.96 mg/l. del tamaño de muestras que es de 8 pozos que representa al 100% de datos obtenidos en el laboratorio, 2 muestra que representa el 25.0 % de valores corresponde a los límites recomendados por Ministerio de Salud del Perú (120 mg/l) y 5 muestras que representan el 72.5 % de los valores es ligeramente elevado pero está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud – OMS. (200 a 500mg/l) y 1 muestra que representa el 12.5 % supera los límites máximos permisibles establecidos. Además señala que es natural encontrar valores entre (200 a 500mg/l), este parámetro no tiene mayor importancia sanitaria y no presenta riesgos a la salud (no aplicable).

4.1.1.9 Cloruros

Cuadro 08: Resultados de Análisis de Cloruros (mg/l)

Cant. de Muestras	Volumen Muestra (ml)	Concentración de AgNO ₃ (meq/ml)	Volumen de Gasto de AgNO ₃ (ml)	Peso molecular de Cl (g/meq)	Factor de conversión	Resultado de Cloruros (mg/l)
M-01	25	0.01189	28.2	0.0354	1000000	474.78
M-02	25	0.01189	37.7	0.0354	1000000	634.73
M-03	25	0.01189	12.7	0.0354	1000000	213.82
M-04	25	0.01189	20.0	0.0354	1000000	336.72
M-05	25	0.01189	13.7	0.0354	1000000	230.66
M-06	25	0.01189	2.9	0.0354	1000000	48.83
M-07	25	0.01189	5.4	0.0354	1000000	90.92
M-08	25	0.01189	1.3	0.0354	1000000	21.88

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.



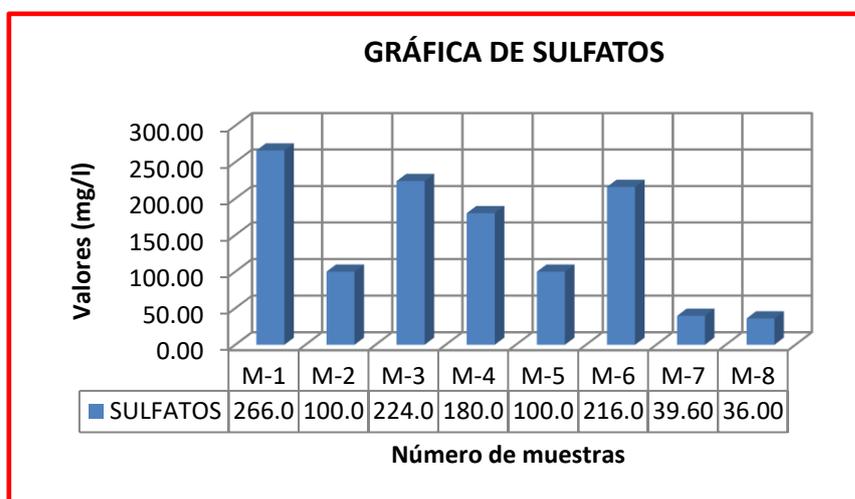
Los resultados del análisis de Cloruros fluctúan entre los valores de un mínimo de 21.88 mg/l. a un máximo de 634.73 mg/l. Del 100% de datos obtenidos en el laboratorio, 5 muestras que representan el 62.5 % de los valores corresponde a los límites recomendados por el Ministerio de Salud del Perú (250 mg/l) y 3 muestras que representan el 37.5 % de los valores es ligeramente elevado y está por encima de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la Organización Mundial de Salud – OMS. (250 – 300 mg/l).

4.1.1.10 Sulfatos

Cuadro 09: Resultados de Análisis de Sulfatos (mg/l)

Cant. de Muestras	Volumen Muestra (ml)	Lectura del Equipo (%)	Dato obtenido de Tabla N°14	Factor de conversión	Resultado de Sulfato (mg/l)
M-01	25	26.9	66.50	100	266.0
M-02	25	66.3	25.0	100	100.0
M-03	25	35.2	56.0	100	224.0
M-04	25	44.2	45.0	100	180.0
M-05	25	65.8	25.0	100	100.0
M-06	25	35.9	54.0	100	216.0
M-07	25	88.8	9.90	100	39.6
M-08	25	89.7	9.0	100	36.0

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.



Los resultados del análisis de Sulfatos fluctúan entre los valores de un mínimo de 36.0 mg/l. a un máximo de 266 mg/l. de 5 muestras que representa el 62.5 % de los valores corresponde al límite recomendado establecidos por el Ministerio de Salud del Perú (200 mg/l) y 2 muestra que representa el 25.0 % de los valores es elevado pero está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud – OMS. (250 mg/l) y 1 muestra que representa el 12.5 % está por encima de los límites máximos permisibles.

4.1.1.11 Nitratos

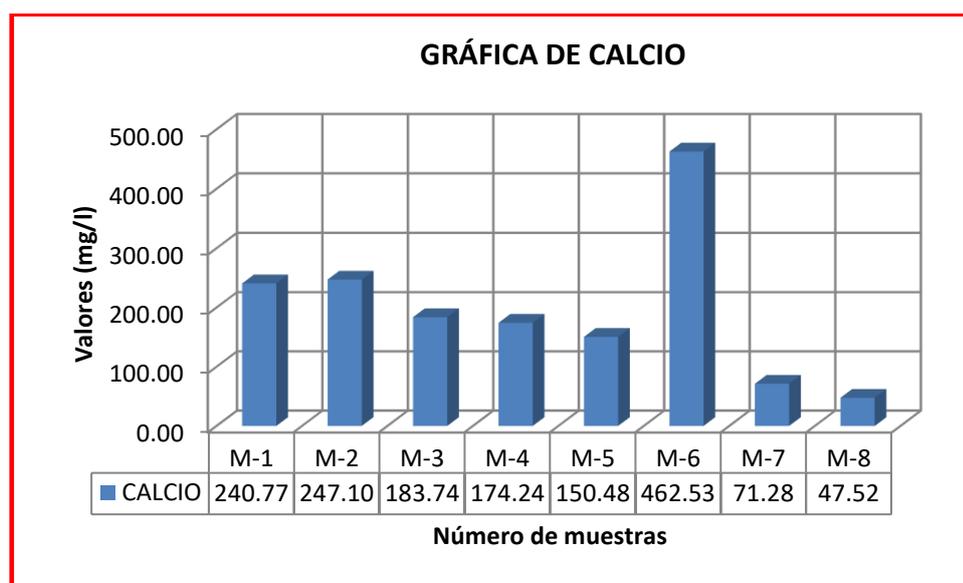
Los resultados obtenidos del análisis de los nitratos dieron como resultado en su totalidad NEGATIVOS (-). Esto significa que no existe presencia de nitratos en los 08 pozos muestreados que representa al 100%, se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS. (Por lo general la concentración de nitrato en el agua no debe exceder de 1.0mg/l).

4.1.1.12 Calcio

Cuadro 10: Resultados de Análisis de Calcio (mg/l)

Cant. de Muestras	Volumen Muestra (ml)	Concentración de EDTA (mmol/ml)	Volumen de Gasto de EDTA (ml)	Peso molecular de Ca (g/mmol)	Factor de conversión	Resultado de Calcio (ml)
M-01	25	0.0099	15.2	0.04	1000000	240.77
M-02	25	0.0099	15.6	0.04	1000000	247.10
M-03	25	0.0099	11.6	0.04	1000000	183.74
M-04	25	0.0099	11.0	0.04	1000000	174.24
M-05	25	0.0099	9.5	0.04	1000000	150.48
M-06	25	0.0099	29.2	0.04	1000000	462.53
M-07	25	0.0099	4.5	0.04	1000000	71.28
M-08	25	0.0099	3.0	0.04	1000000	47.52

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.



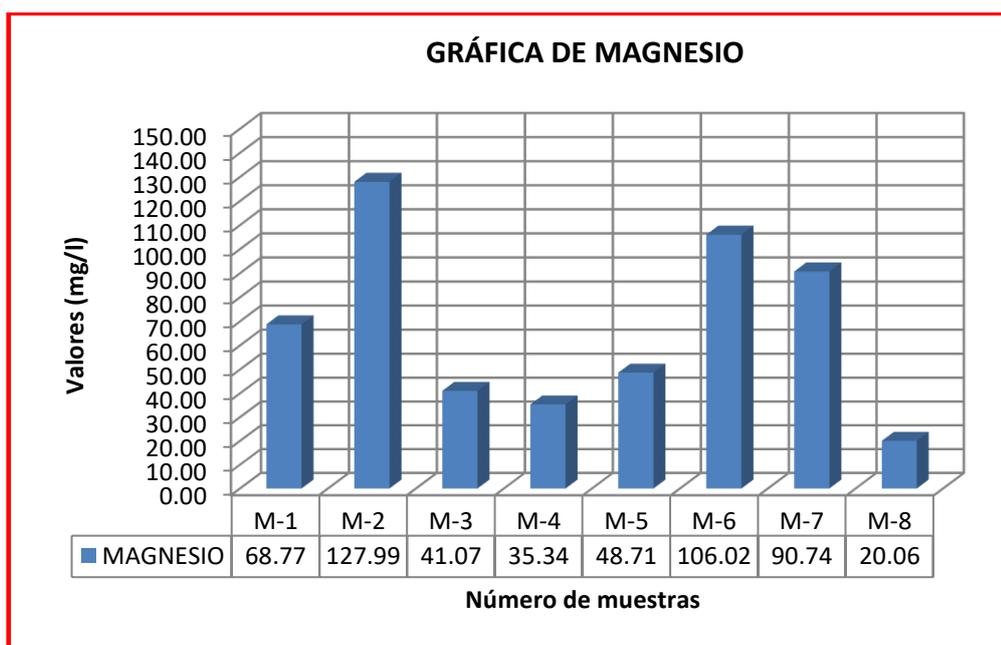
Los resultados del análisis de Calcio fluctúan entre los valores de un mínimo de 47.52 mg/l a un máximo de 462.53 mg/l. del total de muestra que representa al 100% de valores obtenidos, sólo 2 muestra que representa el 25.0 % cumplen con los valores recomendados por el Ministerio de Salud del Perú (75mg/l) y 3 muestras que representan el 37.5 % es ligeramente elevado, pero está dentro de los valores establecidos según la Organización Mundial de la Salud – OMS. (200mg/l) y 3 muestras que representa el 37.5 % de los valores superan los límites máximos permisibles establecidos.

4.1.1.13 Magnesio

Cuadro 11: Resultados de Análisis de Magnesio (mg/l)

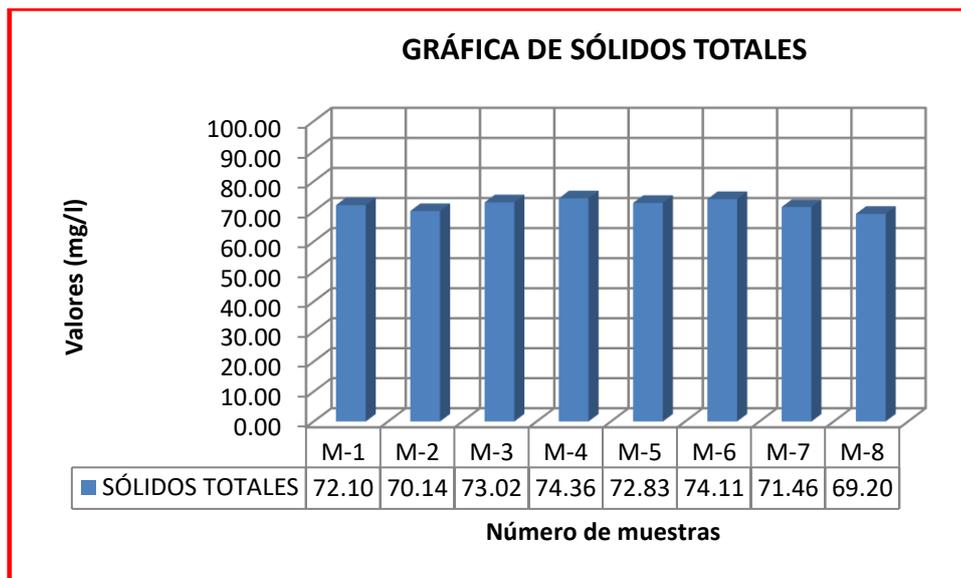
Cant. de Muestras	Volumen Muestra (ml)	Concentración de EDTA (mol/ml)	Volumen de Gasto de EDTA CaCO ₃ (ml)	Volumen de Gasto de EDTA Ca (ml)	Peso molecular de Mg (g/mmol)	Factor de conversión	Resultado Magnesio (mg/l)
M-01	25	0.0099	22.4	15.2	0.02412	1000000	68.77
M-02	25	0.0099	29.0	15.6	0.02412	1000000	127.99
M-03	25	0.0099	15.9	11.6	0.02412	1000000	41.07
M-04	25	0.0099	14.7	11.0	0.02412	1000000	35.34
M-05	25	0.0099	14.6	9.50	0.02412	1000000	48.71
M-06	25	0.0099	40.3	29.2	0.02412	1000000	106.02
M-07	25	0.0099	14.0	4.5	0.02412	1000000	90.74
M-08	25	0.0099	5.3	3.2	0.02412	1000000	20.06

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.



Los resultados del análisis de Magnesio fluctúan entre los valores de un mínimo de 20.06 mg/l a un máximo de 127.99 mg/l. 7 muestras que representan el 87.5 % de los valores que están dentro del límite recomendado por el ministerio de Salud del Perú (125 mg/l) y 1 muestra que representa el 12.5 % de los valores esta dentro del límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud – OMS. (150 mg/l). El 100% de los valores están dentro del límite máximo permisible.

4.1.1.14 Sólidos Totales

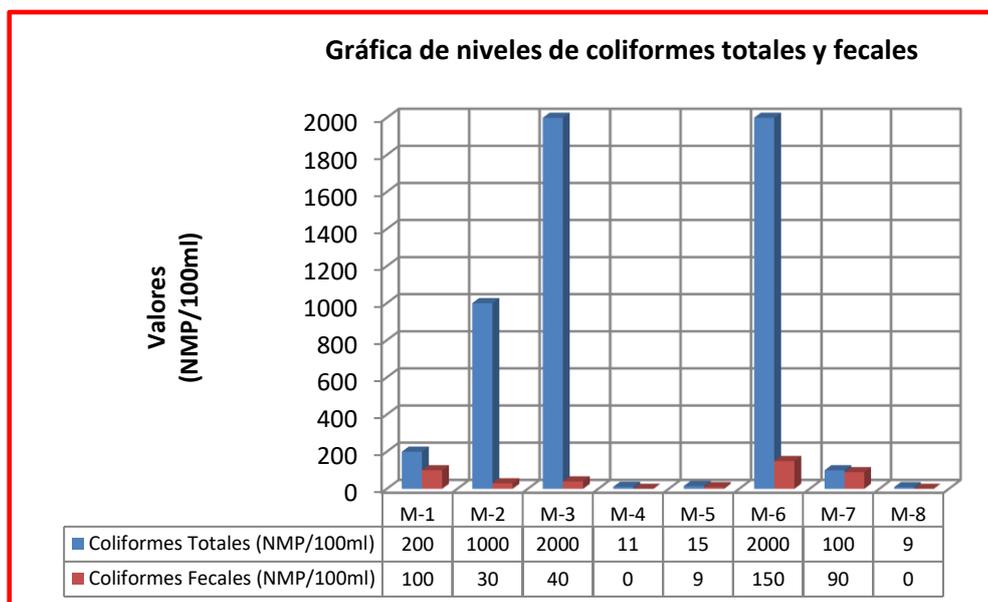


Los resultados del análisis de Sólidos Totales fluctúan entre los valores de un mínimo de 69.20 mg/l a un máximo de 74.36 mg/l. Valores que corresponden dentro de los límites máximos permisibles para el consumo humano establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la OMS. (1000mg/l).

4.1.2 Determinación de las Características Microbiológicas del Agua

4.1.2.1. Determinación de Grupo de Coliformes

Los resultados del análisis en el laboratorio de coliformes totales fluctúan entre los valores de un mínimo de 9 NMP/100ml a un máximo de 2000 NMP/100ml. Según los estándares permisibles para la determinación de calidad de agua cruda se clasifica según la tabla 5 y se aprecia en el cuadro 12.



Cuadro 12: Clasificación de las aguas subterráneas (Coliformes totales) de la comunidad Carata del distrito Coata

% de muestras de agua subterránea	Clasificación
El 37.5 % de muestra de agua	Ideal
El 25.0 % de muestra de agua	Aceptable
El 37.5 % de muestra de agua	Máximo permisible

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

Los resultados de coliformes fecales (termotolerantes) fluctúan entre los valores de 0 NMP/100ml y un máximo de 150 NMP/100ml. Según los estándares permisibles para la determinación de calidad del agua cruda se clasifica según la tabla N° 6 y vemos en el cuadro N° 13.

Cuadro 13: Clasificación de las aguas subterráneas (Coliformes fecales) de la comunidad Carata del distrito Coata

% de muestras de agua subterránea	Clasificación
El 37.5 % de muestra de agua	Ideal
El 37.5 % de muestra de agua	Aceptable
El 25.0 % de muestra de agua	Máximo permisible

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

4.1.2.2 Identificación de Grupo de Bacterias

Para la detección e identificación de bacterias según su género y especie se siguió las recomendaciones de los Métodos Standard para el análisis del agua de bebida o para el abastecimiento de agua potable en general, considerando los siguientes grupos de Bacterias (Eschericheae, Klebsielleae, Citrobacterae, etc.) se utilizó el método de la prueba de Bioquímica y la utilización de la tabla 20.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de microbiología dan como resultados la existencia de grupo de bacterias en los pozos que se aprecian en el siguiente cuadro de resultados 14, 15 Y 16.

Cuadro 14: Identificación de Bacterias en los Pozos de Consumo Humano

Nº de muestra	Lugar de Procedencia	Coliformes totales NMP/100ml	Coliformes fecales NMP/100ml
M-01	ZONA A: Sector Putucune	Citrobacter freundii Klebsiella oxytoca Enterobacter cloacae	Escherichia coli
M-02	ZONA B: Sector Pojsin	Enterobacter cloacae Enterobacter agglomerans	Escherichia coli
M-03	ZONA C: Sector Candile	Proteus vulgaris Enterobacter sakasaki	Escherichia coli
M-04	ZONA C: Sector Candile	Citrobacter diversus Klebsiella pneumoniae	Negativo
M-05	ZONA A: Sector Putucune	Citrobacter freundii Proteus mirabilis	Escherichia coli
M-06	ZONA A: Sector Putucune	Arisona sp Citrobacter freundii Enterobacter aerogenes	Escherichia coli
M-07	ZONA D: Sector Chinche	Enterobacter agglomerans Citrobacter Arisona sp	Escherichia coli
M-08	ZONA D: Sector Chinche	Enterobacter agglomerans Klebsiella oxytoca Citrobacter diversus	Negativo

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

Cuadro 15: Identificación de Bacterias Según su Genero y Patógenos

Grupo	Género	Especie	Importancia como Patógenos
Eschericheae	Escherichia	E. Coli	****
Klebsielleae	Klebsiella Enterobacter	K. Oxytoca	**
		E. Sakasakii	---
		E. Cloacae	***
		E. Agglomerans	---
Yersiniae	Yersinia	Yersinia spp	***
Citrobactereae	Citrobacter	C. Freundii	**

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

Cuadro 16: Origen de Contaminación y Causas en la Salud Humana

Especie de Bacterias Identificados	Origen de Contaminación	Síntomas	Enfermedades
Escherichia Coli	Heces humanas y/o animales (en vacas, ovinos y en menor medida los pollos, cerdos y cabras), alimentos (espinaca, lechuga, repollo, salame y agua potable).	Diarrea abundante con poca mucosa, náuseas, dolor abdominal, sin fiebre o fiebre leve.	Gastroenteritis en seres humanos y animales especialmente en niños menores de 5 años. Infecciones urinarias Meningitis neonatal Provoca neumonía
Klebsiella Oxytoca	Heces humanas, especímenes clínicos, medio ambiente (suelo y agua)	Dolor de pecho molestia del sistema renal.	Tracto biliar Infecciones de tracto urinario Infecciones quirúrgicas Tracto respiratorio inferior
Enterobacter Sakasakii	Tipo ambiental, aire, focos de contaminación, por mala higiene en los biberones, leche de polvo y otras sustancias de alimentación y en los hogares.	No se precisa los síntomas solo dolores sectoriales.	Diarreas Neumonía Afecta a los bebés menores de 6 meses Infecciones intestinales con complicaciones nerviosas
Enterobacter Cloacae	Heces humanos y medio ambiente. (Son bacterias oportunistas que colonizan a pacientes hospitalizados).	No se precisa los síntomas solo dolores sectoriales.	Infecciones del tracto urinario. Asociado con infecciones de quemaduras de heridas. Se asocian con úlceras diabéticas. En heridas quirúrgicas Tracto respiratorias
Enterobacter Agglomerans	Heces humanos y medio ambiente. (Plantas, semillas y en cascara de frutas como de la mandarina).	Dolores de articulaciones	Infecciones urinarias Meningitis neonatal Artritis séptica Afecta las articulaciones osteítis
Citrobacter Freundii	Heces humanas y medio ambiente, en aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición	Malestar como fiebre, no se precisa otros síntomas	Abscesos cerebrales Endocarditis
Yersinia spp	Medio ambiente, heces de origen animal doméstico y silvestre principalmente del cerdo y roedores. (al consumir carnes, helados, leche y chocolate)	No se precisa los síntomas generalmente produce cuadros de diarrea	Gastroenteritis aguda Enterocolitis Linfadinitis Artritis en niños menores de 5 años. Infecciones cutáneas

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

Los valores de coliformes totales en la totalidad de las muestras de agua exceden los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la Organización Mundial de

Salud – OMS señala que debe ser (0 NMP/100ml), los valores de coliformes fecales, el 25.0 % de las muestras de agua corresponden dentro de los límites máximos permisibles y el 75.0 % de las muestras de agua exceden los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de salud del Perú y la Organización Mundial de Salud – OMS señala que debe ser (0 NMP/100ml) para consumo humano.

4.2 Aptitud de Agua Subterránea (Pozos) para consumo Humano

Del análisis de los resultados obtenidos del laboratorio de las características físicos, químicos y bacteriológicos, según la clasificación para la determinación de la calidad de agua cruda (agua de pozo) y la interpretación de los resultados de acuerdo con las normas de calidad de agua para consumo humano de las muestras de agua proveniente de pozos subterráneas de la comunidad Carata, del distrito Coata.

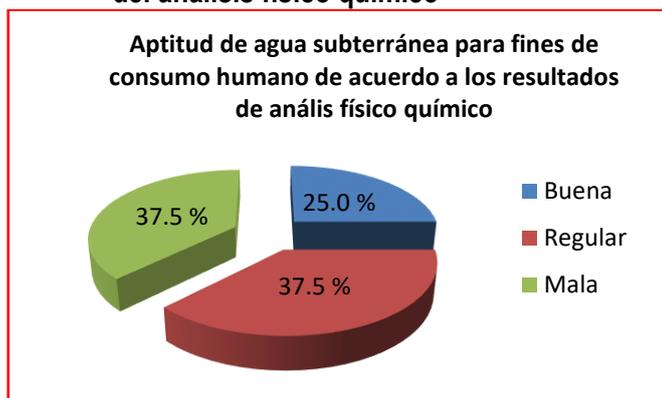
De los resultados del análisis físico químico de agua de las 08 muestras que representa al 100 % de los valores obtenidos, 02 muestras son buenas (aptas) que representa el 25.0%, 03 muestras es regular que representa el 37.5 % y 03 muestras son malas que representa el 37.5 %. En cuanto al análisis bacteriológico de las 08 muestras que representan el 100 %, 03 muestras son buenas (aptas) que representa el 37.5 %, 02 muestras es regular que representa el 25.0 % y 03 muestras son malas que representa el 37.5 %. En líneas generales el 25% de las muestras son buenas (aptas), el 25% de las muestras es regular y el 50% de las muestras es deficiente (mala). Por ende la calidad de agua para consumo humano en el ámbito de estudio es deficiente (mala) y los elementos que exceden los valores permitidos en las muestras como la dureza, alcalinidad y cloruros esto es debido a la formación hidrogeológica de la zona y asimismo se ven afectados por la contaminación biológica con coliformes fecales (bacterias), debido a la inadecuada ubicación y limitado acceso a letrinas sanitarias (ecológicas), presencia de animales, heces de origen animal y humano cercanas a las fuentes de suministro y se incluye también la mala utilización de los servicios y carencia de educación sanitaria por parte de los usuarios y por otro parte los usuarios no tienen una cultura de agua ni son capacitados en temas de valor de agua y su relación con la salud y la educación sanitaria. La mayoría de los pozos requieren de urgencia de un tratamiento sanitario adecuado, limpieza y cuidado en forma permanente y urge también la necesidad de capacitación y asistencia técnica a los usuarios en temas de cuidado, limpieza adecuada, tratamiento sanitario en forma permanente, así mejorar en sus niveles de vida. Los resultados de la aptitud de agua cruda para consumo humano se ven en los cuadros 17 y 18.

Cuadro 17: Aptitud de agua subterránea para fines de consumo humano con respecto al análisis físico químico

Muestras	Cantidad de pozos	%	Aptitud del agua
M-05 y M-08	02	25.0	Buena
M-03, M-04 y M-07	03	37.5	Regular
M-01, M-02 y M-06	03	37.5	Mala
Total	08	100	

Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Resultado de aptitud de agua subterránea de acuerdo a los resultados del análisis físico químico

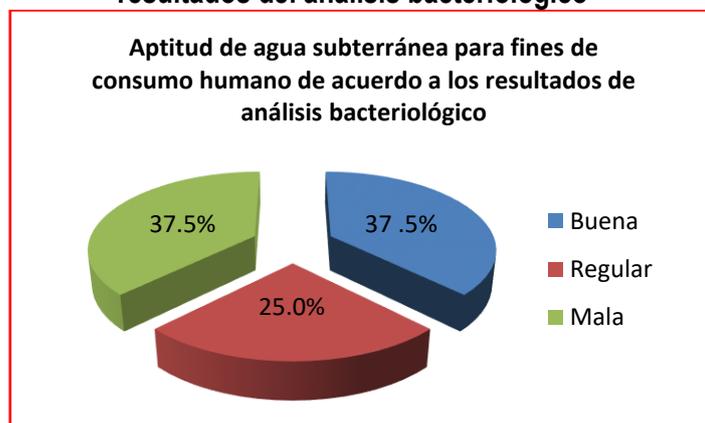


Cuadro 18: Aptitud de agua subterránea para fines de consumo humano con respecto al análisis bacteriológico

Muestras	Cantidad de pozos	%	Aptitud del agua
M-04, M-05 y M-08	03	37.5	Buena
M-01 y M-07	02	25.0	Regular
M-02, M-03 y M-06	03	37.5	Mala
Total	08	100	

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Resultado de aptitud de agua subterránea de acuerdo a los resultados del análisis bacteriológico



4.3 Definición del Problema y sus Causas

4.3.1 Definición del problema central

Debido a la deficiente (mala) calidad de agua de consumo humano en el ámbito de estudio e inadecuadas prácticas de higiene de la población, el problema central identificado es:

“Deficiente calidad de agua subterránea de consumo humano en la comunidad Carata del distrito Coata”.

4.3.2 Identificación de las Causas

Causas Directas

- ☞ Parámetros físicos químicos y microbiológicos por encima de los valores permitidos.
- ☞ Existencia de coliformes en el agua de pozo.
- ☞ Inadecuadas prácticas de higiene.

Causas Indirectas

- ☞ Existencia de coliformes en el agua de pozo y la formación hidrogeológica del suelo.
- ☞ Inadecuada ubicación de letrinas y limitado acceso a letrinas ecológicas.
- ☞ Limitado conocimiento en educación sanitario.

4.3.3 Identificación de los Efectos

Efecto Final

- ☞ Retraso socioeconómico de la población de la comunidad Carata del distrito Coata.

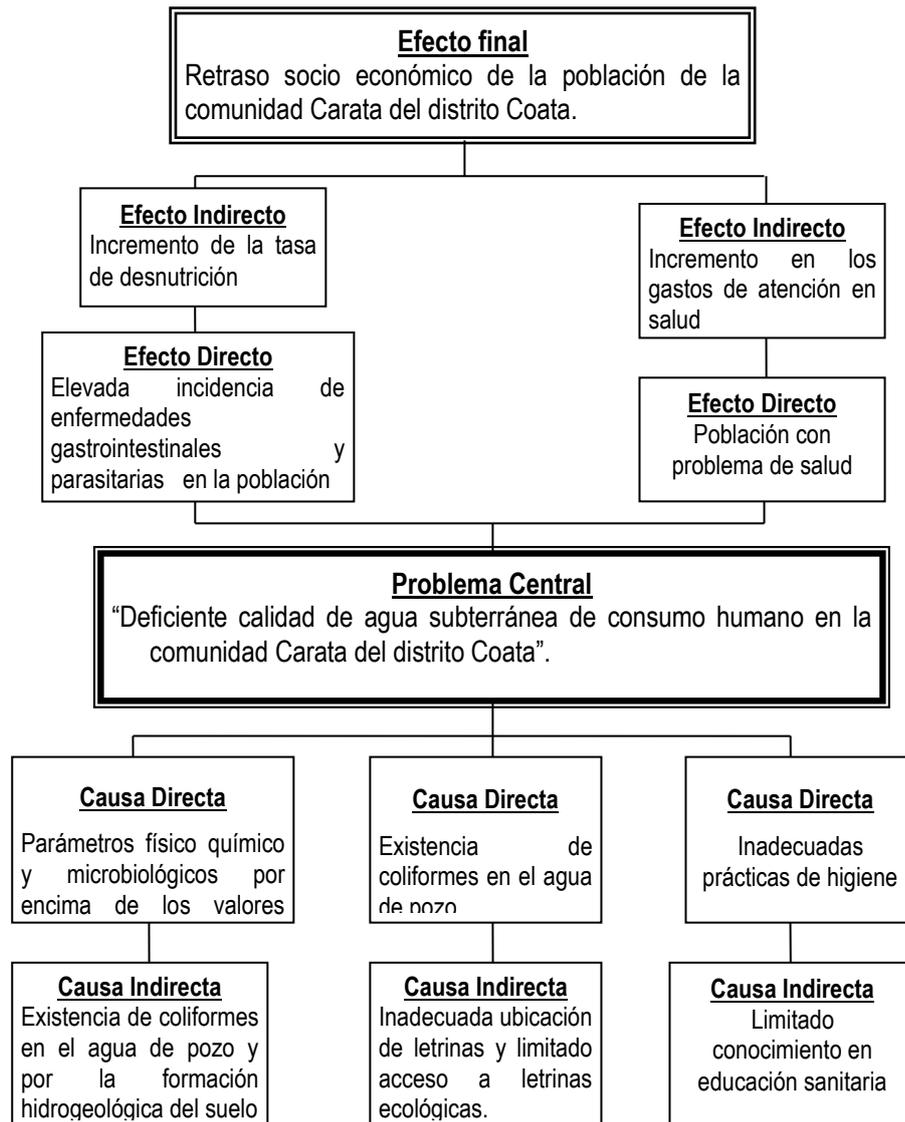
Efectos Indirectos

- ☞ Incremento de la tasa de desnutrición.
- ☞ Incremento en los gastos de atención en salud.

Efectos Directos

- ☞ Elevada incidencia de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en la población
- ☞ Población con problema de salud.

4.3.4 Árbol de problemas (Causas-Efectos)



4.3.5 Objetivos del Proyecto

4.3.5.1 Definición del Objetivo Central

Frente a la problemática central descrito, se propone el siguiente objetivo central.

"Buena calidad de agua subterránea de consumo humano en la comunidad Carata del distrito Coata".

Este objetivo permitirá beneficiar a la población de la comunidad Carata del distrito Coata, para el logro del objetivo, se ha previsto los medios y fines siguientes:

4.3.5.2 Determinación de los Medios

Medios de primer nivel

- ☞ Parámetros físico químico y microbiológicos dentro de los valores permitidos.
- ☞ Inexistencia de coliformes en el agua de pozo.

- ☞ Adecuadas prácticas de higiene

Medios fundamentales

- ☞ Desinfección de agua para consumo humano mediante el uso de tecnologías apropiadas.
- ☞ Ubicación adecuada y existencia de letrinas ecológicas.
- ☞ Mayor conocimiento en educación sanitaria.

4.3.5.3 Determinación de los Fines

Fin ultimo

- ☞ Desarrollo socioeconómico de la población de la comunidad Carata del distrito Coata.

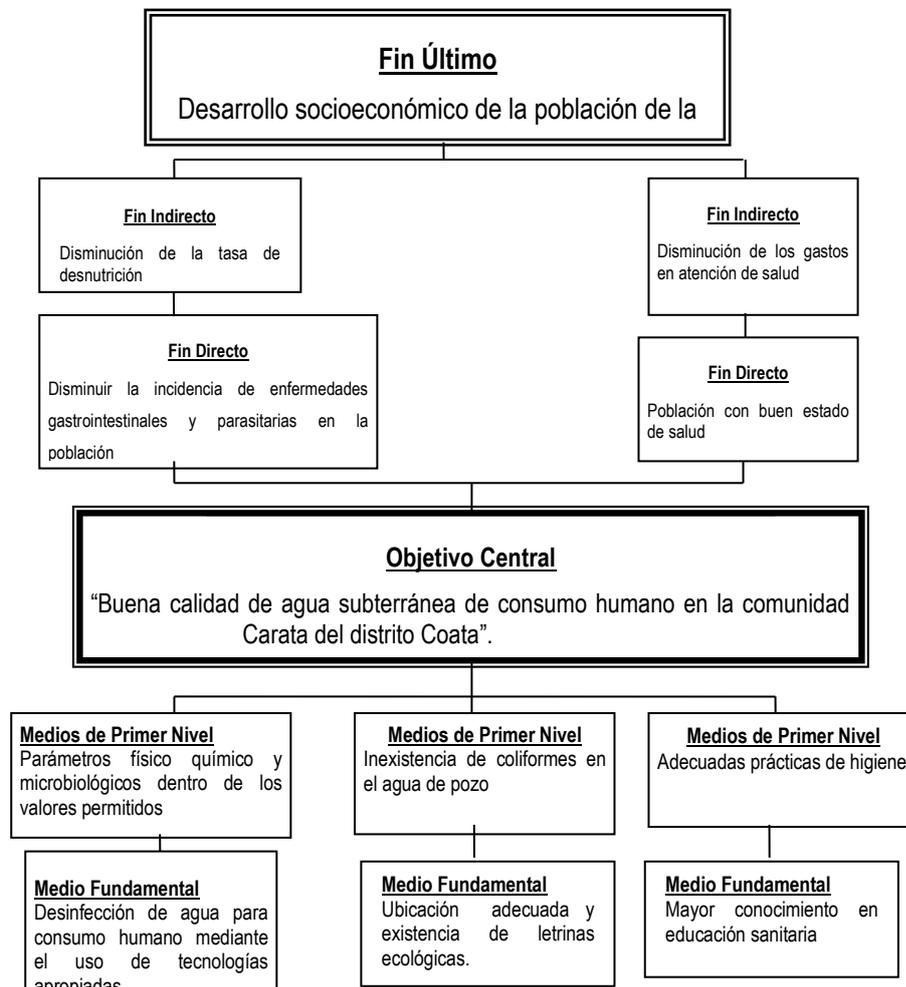
Fines indirectos

- ☞ Disminución de la tasa de desnutrición.
- ☞ Disminución de los gastos de atención en salud.

Fines directos

- ☞ Disminuir la incidencia de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en la población
- ☞ Población con buen estado de salud.

4.3.5.4 Árbol de objetivos (Medios-Fines)



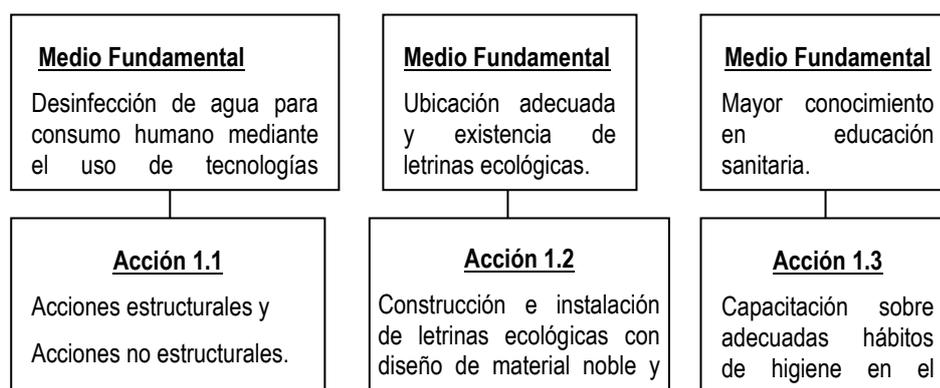
4.3.6 Alternativas de solución

4.3.6.1 Planteamiento y relación de acciones

Una vez identificado los medios que permitirán el objetivo central, se tendrá que priorizar los medios y acciones más viables.

Por ello se plantea un árbol de medios fundamentales ajustado y acciones específicas, concentrando las acciones en todo los medios de primer nivel, tal como se muestra en el siguiente esquema.

4.3.6.2 Árbol de medios fundamentales y acciones propuestas



4.4 Propuesta de acciones estructurales para mejorar la calidad de agua subterránea de consumo humano en la comunidad Carata del distrito Coata

4.4.1 Métodos de desinfección de agua cruda

Son tecnologías apropiadas de desinfección, de bajo costo y de fácil implementación que permiten alcanzar niveles aceptables de descontaminación en regiones rurales, de escasos recursos hídricos y económicos que resulten aceptables y sean socios económicamente viables.

El más importante requerimiento individual de agua de bebida es que debe estar libre de cualquier microorganismo que pueda transmitir enfermedades al consumidor. Procesos tales como almacenamiento, sedimentación coagulación, floculación y filtración rápida, reducen en grado variable el contenido bacteriológico del agua. Sin embargo, estos procesos no pueden asegurar que el agua que producen sea bacteriológicamente segura. Frecuentemente se necesitará una desinfección final, la cual se encarga de la destrucción o al menos la desactivación completa de los microorganismos dañinos. Se realiza usando medios físicos o químicos.

Entre los factores que influyen en el método a elegir para la desinfección del agua se pueden mencionar:

1. La naturaleza y número de organismos a ser destruidos.
2. El tipo y concentración del desinfectante usado.

3. La temperatura del agua a ser desinfectada: a mayor temperatura más rápida la desinfección.
4. El tiempo de contacto del desinfectante: a mayor contacto desinfección es más completa.
5. La naturaleza del agua a ser desinfectada: si el agua contiene partículas coloidales y orgánicas obstaculiza el proceso de desinfección.
6. El pH, acidez o alcalinidad del agua.
7. Mezcla: buena mezcla de los desinfectantes a través de toda el agua.

4.4.1.1 Desinfección física

- **Hervido:** Es una práctica segura y tradicional que destruye virus, bacterias, quistes y huevos. Es un método efectivo como tratamiento casero, pero no es factible para abastecimientos públicos; se puede usar el hervido como medida temporal en situaciones de emergencia.

Desinfección por ebullición. Una recomendación típica para desinfectar el agua mediante desinfección es la de hacer que el agua hierba vigorosamente por 10 a 12 minutos. En realidad, un minuto a 100 °C, destruirá la mayoría de los patógenos, incluidos los del cólera y muchos mueren a 70 °C. Las desventajas principales de hervir el agua son las de utilizar combustible y es una labor que consume mucho tiempo.

- **Radiación solar:** Es un método efectivo para aguas claras, pero su efectividad es reducida cuando el agua es turbia o contiene constituyentes tales como el nitrato, sulfato, hierro en su forma ferrosa.

La desinfección solar utiliza la radiación solar para inactivar y destruir a los patógenos que se hallan presentes en el agua. El tratamiento consiste en llenar recipientes transparentes de agua y exponerlos a plena luz solar por unas cinco horas (dos días consecutivos bajo un cielo que está 100% soleado). La desinfección ocurre por una combinación de radiación y tratamiento térmico (la temperatura del agua no necesita subir muy por encima de 50 °C). La desinfección solar requiere agua relativamente clara (turbidez inferior a 30 NTU).

5 pasos que muestra el método SODIS para la desinfección del agua.

1. Elegir botellas transparentes y lavarlas bien.
 2. Llenar las botellas con agua clara.
 3. Colocar las botellas en el techo o en el suelo sobre calamina.
 4. Exponer al sol desde la mañana hasta la tarde por lo menos durante 6 horas.
 5. El agua está lista para su consumo.
- **La filtración:** Incluye el tamizado mecánico, la absorción y la adsorción y, en particular, en filtros de arena lentos, los procesos bioquímicos. Según el tamaño, el tipo y la profundidad

del filtro, y la tasa de flujo y las características físicas del agua sin tratar, los filtros pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores.

Figura 31: Se observa el filtrado y asentado de la cantidad de sólidos en suspensión



Fuente: www.hesperian.org

Tipos de filtros para el hogar y la comunidad

Con algunos filtros se puede obtener agua casi tan potable como la que ha sido hervida o purificada por desinfección solar o con cloro.

- Filtro lento de arena para el hogar:** Este es uno de los métodos más seguros, efectivos y económicos para filtrar el agua del hogar. Este filtro puede purificar por lo menos 50 litros al día, suficiente para una pequeña familia.

Figura 32: Filtro lento de arena para el hogar; más seguro, efectivo y económico



Fuente: www.hesperian.org

Equipamiento para fabricar un filtro lento de arena:

- Un recipiente a prueba de agua, como un bidón de 200 litros, o un tanque de tabique o concreto. Asegúrese de que el recipiente no haya sido usado para guardar materiales tóxicos.
- Una manguera de 20 milímetros de diámetro, con muchos hoyos pequeños en los primeros 35 centímetros. La parte con hoyos se pondrá en el fondo del bidón.

- Una válvula o llave.
 - Una cantidad pequeña de grava.
 - Arena de río lavada.
 - Tela de tejido fino.

Cómo usar y mantener un filtro lento de arena

Después de algunos días de uso, una capa de lama verde (bacterias y algas) crecerá encima de la arena. Esta capa ayuda a purificar el agua. Para que esta capa funcione, la arena debe siempre estar cubierta con agua. Llene el filtro cada día y saque el agua en pequeñas cantidades. Si el filtro se vacía completamente, perderá su efectividad y deberá limpiarse y volverse a llenar.

Cada cierto tiempo, cuando la salida de agua por la llave se vuelva lenta, limpie el filtro. Deje que toda el agua salga del filtro y quite la lama junto con aproximadamente 1 centímetro de la capa superior de arena. Después de muchas limpiezas, cuando más de la mitad de la arena se haya retirado, reemplace toda la arena y la grava con materiales nuevos y limpios, y empiece de nuevo el proceso. Esto puede ser necesario 1 ó 2 veces al año.

2. Filtro de bioarena: Es otra alternativa para que las familias puedan tener agua limpia o segura.

El filtro Bioarena es un filtro del tipo lento de arena, que permite la remoción de hasta el 99% de virus, bacterias, protozoarios y helmintos, dejando el agua lista para tomar y con un fresco sabor de manantial.

Funciones del filtro de bioarena:

- Cuando echamos agua contaminada o sucia que proviene de riachuelos, ríos, o acequias, el filtro purifica el agua, reteniendo la sociedad el lodo vivo y las partículas en la arena fina.
- Se llama lodo vivo por que en él viven animales muy pequeños que se alimentan de los organismos que vienen en el agua contaminada.

Ventajas

- ☞ Elimina bacterias hasta en un 99.90%.
- ☞ Es muy económico y fácil de usar.
- ☞ Purifica entre 20 y 60 litros al día.
- ☞ Elimina virus hasta en un 99.00% y helmintos (huevos de gusanos) hasta en un 100%.
- ☞ Se puede usar agua que no tenga contaminantes solubles (como jabones, fertilizantes).
- ☞ Para eliminar metales como el hierro es eficaz.
- ☞ Es muy durable.
- ☞ El mantenimiento es muy sencillo.

Desventajas

- ☞ No aclara el color de las aguas turbias.

- ☞ No elimina sustancias químicas orgánicas con insecticidas.
- ☞ No filtra materia disuelta en el agua como sal y arsénico.

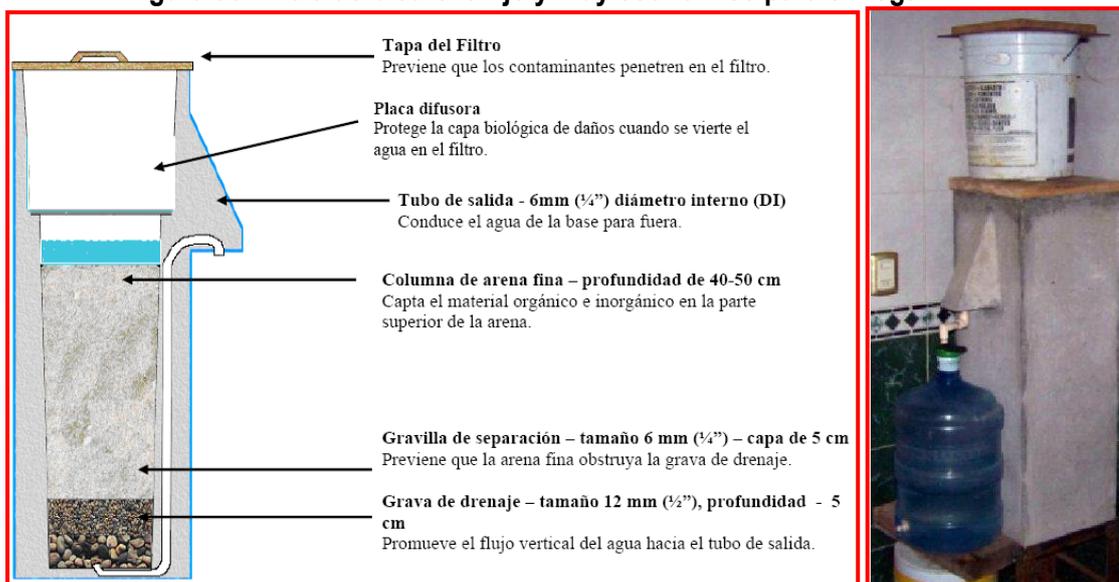
Cuadro 19: Materiales que se necesita para fabricar el filtro

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Arena Gruesa	carrt.	1
2	Cemento Portland tipo I de 42.5 kg	bls	0.5
3	Lámina de plástico	und	1
4	Malla de mosquetero N°14	m	1
5	Malla metálica N° 2 de 1/2"	m	1
6	Malla metálica N° 4 de 1/4"	M	1
7	Manguera de nivel de 3/8"	M	1.5
8	Plástico doble ancho	m	3
9	Tabla de 0.22 x 1 m	und	1
10	Tapa de madera para filtro de 0.30 x 0.30m	und	1
11	Arena fina lavada	palas	10
12	Arena gruesa lavada	palas	5
13	Piedra chancada de 1/2" lavada	palas	5

Recomendaciones para el buen uso del filtro de bioarena

- ☞ El filtro debe estar ubicado dentro del cuarto preferentemente en la cocina.
- ☞ No debemos echar dentro del filtro
- ☞ El periodo de descanso de filtro, es decir sin agua, no debe ser más de 48 horas.
- ☞ En el filtro siempre debe de haber unos 5cm de agua por encima de la arena incluso en los periodos de descanso.
- ☞ Para limpiar el filtro se remueve suavemente con la mano, la parte superior de la arena, luego se saca con una taza el agua sucia.

Figura 35: Filtro de bioarena fijo y muy económico para el hogar



Fuente: Water and Sanitation Technology: www. Cawst.org

- **Almacenamiento y sedimentación:** Al almacenar el agua en condiciones no contaminantes por un día se puede conseguir la eliminación de más del 50% de la mayoría de las bacterias. Los períodos más largos de almacenamiento conducirán a reducciones aún mayores. Durante el almacenamiento, los sólidos en suspensión y algunos de los patógenos se depositarán en el fondo del recipiente. El agua sacada de la parte superior del recipiente será relativamente clara (a menos que los sólidos sean muy pequeños, tales como partículas de arcilla) y tendrá menos patógenos.

4.4.1.2 Desinfección química

La cloración: Es el método más ampliamente utilizado para desinfectar el agua. Se empezó a utilizar a inicios del siglo XX; y fue quizás el evento tecnológico más importante en la historia del tratamiento del agua. La cloración, es la introducción del cloro en el agua, no sólo para desinfectarla, sino también para lograr otros resultados biológicos o químicos. El cloro es barato y fácil de usar para matar la mayoría de los microbios del agua para beber. El problema del cloro es que si se usa muy poco, no mata los microbios ni hace el agua potable. Si se usa demasiado, el agua tendrá mal sabor y la gente no deseará beberla.

Las condiciones básicas para aconsejar el uso del cloro como desinfectante de las aguas son:

- a) Destruye los organismos causantes de enfermedades, realizando esta acción a la temperatura del medio ambiente y en un tiempo corto.
- b) Su grado de concentración en el agua es determinado fácilmente.
- c) Es inocuo para el hombre y los animales, en las dosis utilizadas en la desinfección de las aguas.
- d) Deja un efecto residual que protege al agua de posteriores contaminaciones.

Según la Organización Mundial de la Salud, la desinfección con cloro es aún la mejor garantía del agua microbiológicamente potable (Oficina Regional de la OMS para Europa, *Drinking Water Disinfection*). No hay muchas probabilidades de que esto cambie en un futuro próximo. El cloro no sólo es uno de los desinfectantes más efectivos para el agua potable, sino también uno de los más baratos. En el agua clara, (una Unidad Nefelométrica y de Turbiedad o menos) y un pH menor de 8, es muy eficaz contra las bacterias relacionadas con enfermedades transmitidas por el agua. Sin embargo, es ineficaz contra los virus y los quistes de protozoos en las dosificaciones, temperatura y tiempos de contacto normalmente usadas en la cloración del agua para fines potables.

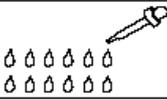
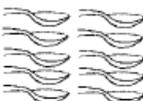
Cantidad de cloro que se debe agregar al agua

La cantidad de cloro necesaria para desinfectar el agua depende de cuán contaminada esté (de cuántos microbios tenga y de qué tipo). Mientras más microbios haya en el agua, mayor cantidad de

cloro se necesita para eliminarlos. Es importante usar suficiente cloro para que una parte quede en el agua después de eliminar los microbios. El cloro que queda se llama *cloro libre*. Éste matará cualquier microbio nuevo que entre al agua. Si el agua tiene cloro libre, tendrá un leve olor y gusto a cloro. Esto indica que el agua es potable. Si tiene demasiado cloro, el olor y el sabor serán muy fuertes y desagradables.

El cloro se consigue en distintas formas como gas, polvo blanqueador, hipoclorito de alta concentración de sodio (tal como blanqueador casero o electrolíticamente generado a partir de una solución de sal y agua), la cal clorinada o el hipoclorito hiperconcentrado (comprimidos de cloro). El yodo es otro desinfectante químico excelente que se utiliza a veces. El yodo no debería utilizarse por períodos prolongados (más de unas cuantas semanas). Tanto el cloro como el yodo deben agregarse en cantidades suficientes para destruir todos los patógenos, pero no tanto que el sabor se vea adversamente afectado. Puede ser difícil decidir cuál es la cantidad apropiada debido a que las sustancias en el agua reaccionarán con el desinfectante y la potencia del desinfectante puede reducirse con el tiempo según la forma en que se almacene.

Figura 34: Cantidad de cloro necesario para desinfectar el agua

AGUA	COLORO
Para 1 litro o ¼ de galón 	 3 gotas
Para 1 galón o 4 litros 	 12 gotas
Para 5 galones o 20 litros 	 1 cucharadita
Para un barril de 200 litros 	 10 cucharaditas

Agregue estas cantidades de la solución madre al agua clara y espere por lo menos 30 minutos antes de beberla. Si el agua está turbia, necesitará el doble de la solución de blanqueador.

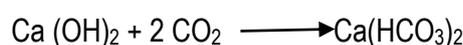
Fuente: www.hesperian.org

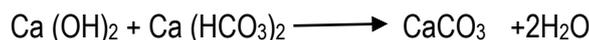
Método de cal-soda para reducir la dureza del agua

Descripción de procesos de precipitación con Cal – Soda

Este proceso emplea el producto de solubilidad de un compuesto que contiene un ion o radical que es considerado perjudicial y que, en consecuencia debe ser eliminado.

El ablandamiento con cal es el proceso de precipitación usado con mayor frecuencia, consiste en la reducción de la dureza por la adición de cal hidratada al agua para precipitar CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ o ambos. El radical hidroxilo es el componente reactivo de cal que convierte CO_2 Y HCO_3 en CO_3^{2-} , precipitándose CaCO_3 , como se muestra en las siguientes reacciones:





Este método no es tan simple como aparenta, ya que se forman pares de iones y en virtud de las interferencias impide su precipitación en el tiempo normal de la reacción. El equipo empleado lo conforma un tanque con capacidad diseñada de acuerdo a las necesidades y requiere un tiempo de retención. Esta técnica constituye uno de los métodos generales que se emplean a nivel industrial para ablandar el agua. Este proceso consiste en aplicar cal Ca (OH)_2 y carbonato de sodio (Na_2CO_3) al agua cruda. La cal reacciona con los bicarbonatos solubles de calcio y de magnesio, que son los que causan dureza por carbonatos y forman carbonato de calcio e hidróxido de magnesio que son insolubles.

Determinación de la Cal y Soda necesarias en el proceso de ablandamiento

Hay tres pasos a seguir en la determinación de las cantidades de cal y soda requerida en el proceso de ablandamiento.

1. Determinar la calidad de agua deseada, o sea el grado de ablandamiento. Por lo general se elige una dureza final entre 70 a 100mg/l como CaCO_3 . La alcalinidad elegida generalmente está entre 35 a 50 mg/l como CaCO_3 . Estos intervalos son para aguas clasificadas como duras como se encuentran entre las concentraciones de 105 mg/l de CaCO_3 – 300 mg/l de CaCO_3 .
2. Calcular la cantidad de cal requerida usando la relación.

$$\frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{CO} = [(\text{CO}_2) + \text{DC} + \text{Mg} \gamma + \text{XS}] * \frac{56}{100}$$

Donde:

(CO_2) : mg/l CO_2 como CaCO_3 .

DC : Dureza carbonatada como CaCO_3 .

Mg γ : dureza carbonatada como CaCO_3 .

XS : Exceso de cal sobre estequiometría, generalmente calculado

en base a 20% de la suma de $(\text{CO}_2) + \text{DC} + \text{Mg} \gamma$

$\frac{56}{100}$: Factor conversión de mg/l como CaCO_3 a mg/l como CO_2

3. Calcular la cantidad de soda requerida en base a la relación.

$$\frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{Na}_2\text{CO}_3 = [\text{DNC} - \text{X}] * \frac{106}{100}$$

Donde:

DNC : Dureza no carbonatada.

X : Cantidad de dureza no carbonatada como CaCO_3 que no se desea remover

$\frac{106}{100}$: Factor de conversión de mg/l como CaCO_3 a mg/l como Na_2CO_3

4.4.2 Propuesta de cómo proteger los acuíferos y construcción de pozos

La mejor manera de resguardar el agua superficial y los acuíferos es protegiendo toda la zona donde el agua se junta, llamada *zona de captación*. Cuando una fuente de agua se desarrolla, más gente tiende a vivir ahí, lo que complica la protección de la zona de captación. En los lugares donde hay mucha actividad humana, el agua se puede usar en exceso o contaminar, y la gente que más la necesita tal vez no tenga los medios necesarios para prevenir el problema. Estos dos problemas sólo se pueden resolver por medio de la organización de usuarios y las asociaciones entre organizaciones, gobiernos e instituciones sectoriales.

El mejor pozo para una comunidad depende de la profundidad donde se encuentra el acuífero y de los recursos disponibles para cavar, perforar y construir el pozo. Pero un pozo es útil sólo si la gente puede sacar agua de él. Por eso, los pozos simples y poco profundos, donde la gente saca el agua con cubetas, pueden ser mejores que los pozos caros que necesitan bombas. Antes de cavar un pozo, asegúrese de que el tipo de pozo que quiere cavar sea el mejor para las necesidades de todos. Para saber si el agua está contaminada en cualquier tipo de pozo, averigüe si hay:

- Letrinas, tubos de alcantarilla, basureros o ganado a menos de 30 metros del pozo.
- Actividad industrial, como minería, pozos petroleros o basureros industriales cercanos.
- Aguas negras o escurrimientos superficiales que entran al pozo.
- Gente que se para en el borde del pozo o que usa baldes sucios cuando saca agua.

Los pozos para proteger los pozos poco profundos, cavados a mano, pueden dar agua dulce y potable. Pero el agua se puede secar o se puede contaminar fácilmente. Durante el tiempo de lluvias, los escurrimientos pueden llegar hasta una charca o pozo de agua, llevando a la vez microbios y otros contaminantes. Las condiciones lodosas alrededor de las charcas facilitan que los microbios se acumulen en los pies de personas y animales que usan el agua. Los baldes y las cuerdas cerca del borde del pozo también pueden acumular microbios y contaminar fácilmente el agua del pozo.

La contaminación se puede prevenir con unas simples mejoras. Por ejemplo:

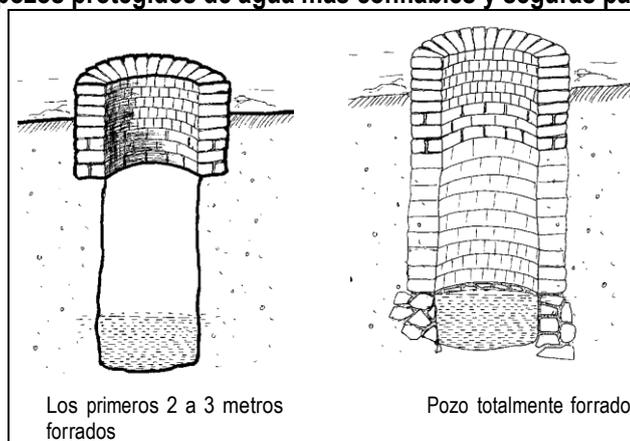
- ☞ Una mejora es asegurarse de que sólo se bajen al agua baldes y cuerdas limpios.
- ☞ Elevar la tierra alrededor del hoyo o forrar la parte superior con tabique o un anillo de concreto, también protege el agua.
- ☞ Al forrar el hoyo, se tiene la ventaja de hacer más difícil que el pozo se seque o colapse.

4.4.2.1 Cómo realizar un pozo familiar protegido

Un pozo protegido está forrado por dentro y tiene una cubierta de losa, un *torno* y una plataforma de drenaje. Cada una de estas medidas ayuda a proteger el pozo. Si se instalan todas ellas, y se maneja el agua con cuidado, se puede considerar un pozo muy seguro.

Los pozos tradicionales generalmente no están forrados. En suelos muy firmes, el forro puede parecer innecesario. Pero es bueno forrar por lo menos los primeros 2 a 3 metros a partir de la superficie para evitar que las paredes laterales se derrumben. Si se forra todo el pozo, se logrará que la fuente de agua sea más confiable, pero será más complicado profundizar el pozo en el futuro. Un pozo se puede forrar con piedra, tabique cocido o concreto.

Figura 35: Se muestra pozos protegidos de agua más confiables y seguras para los usuarios.



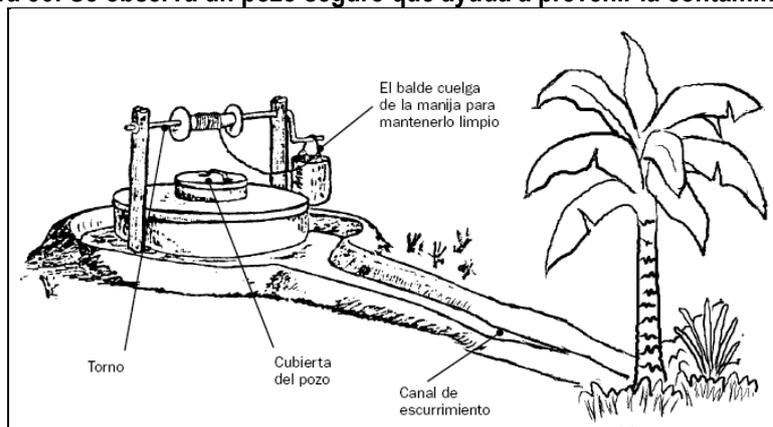
Fuente: www.hesperian.org

4.4.2.2 Cómo mantener un pozo

El agua de pozo se contamina fácilmente cuando se usan baldes y cuerdas sucias para sacar el agua. Para no ensuciar el agua, mantenga un balde junto al pozo y úselo para llenar otros recipientes. Un lugar para lavarse las manos antes de recolectar agua del pozo también ayudará a prevenir la contaminación.

- ☞ Mantenga el balde limpio.
- ☞ Cuelgue el balde en la manija del torno.
- ☞ Mantenga la cubierta del pozo en su lugar.
- ☞ Siempre use el mismo balde para sacar agua del pozo.
- ☞ Mantenga la plataforma y el canal de escurrimiento limpios.
- ☞ Mantenga la cuerda o cadena del balde enrollada en el torno.
- ☞ Engrase el soporte de la manija regularmente para facilitar su uso.
- ☞ No deje que los niños jueguen en el pozo o con la bomba.
- ☞ Una cerca puede mantener alejados a los animales.

Figura 36: Se observa un pozo seguro que ayuda a prevenir la contaminación.



Fuente: www.hesperian.org

Para aprovechar el agua que se escurre, plante un árbol o un huerto donde el agua drene. Si no puede plantar un árbol o un huerto, haga un hoyo en la tierra y rellénelo con piedras o grava para que el agua se infiltre ahí. Esto también evitará la cría de sancudos.

4.5 Propuesta de acciones no estructurales para mejorar la calidad de agua de consumo humano

4.5.1 Educación sanitaria: Esta actividad como todo proceso requiere un plan de trabajo, para llevar a la población usuaria, para identificar los conocimientos previos compartiendo la información clave con quienes interactuamos. Los participantes contarán con capacidades básicas para elaborar un diagnóstico de conductas sanitarias con mayor rigurosidad conceptual y mejor manejo instrumental. La educación sanitaria y ambiental es tan importante para la gestión ambiental ya que su acción está dirigida a formar ciudadanos, teniendo como objetivo lo siguiente (Toma de Conciencia, conocimientos, actitudes, aptitudes, capacidad de evaluación y la participación). La educación sanitaria tendrá los siguientes objetivos:

- Lograr en la población la adopción, mantenimiento, prácticas de hábito y costumbres saludables.
- La concertación con los usuarios, las fechas de sesiones educativas con la aplicación de conocimientos, procedimientos sanitarios, en horarios que facilite la participación de la población, principalmente de las mujeres.
- Participación directa de los JASS, en la aplicación de los conocimientos adquiridos para preservar y mantener los sistemas de agua potable en condiciones salubres.
- La capacitación a la población se debe fortalecer los conocimientos en lo siguiente: *Saneamiento* (disposición de excretas, ubicación, mantenimiento entre otros), *Agua* (fuentes de agua, uso, transporte, almacenamiento y tratamiento del agua), *Alimentos* (higiene, manipulación de alimentos y almacenamiento de alimentos) y *Ambiente* (higiene de la vivienda, limpieza o barrido, cría de animales domésticos y del ambiente).

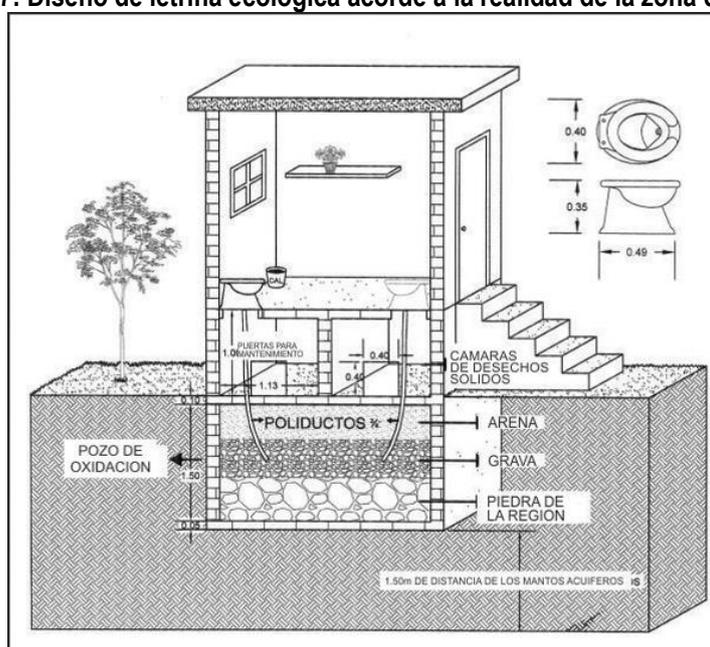
4.6 Propuesta de acciones que se deben implementarse en el ámbito de estudio

Consiste en proponer alternativas y/o acciones de solución orientadas a mejorar los servicios de agua y saneamiento y así garantizar el bienestar de la población que se ve afectada por el problema identificado en el ámbito de estudio y se propone la ejecución de las principales obras.

4.6.1 Construcción e instalación de letrinas ecológicas

Como medida de prevención de coliformes se debe instalarse letrinas ecológicas con pared de ladrillo, techo de calamina galvanizada y con una buena ubicación de la infraestructura. La infraestructura propuesta es acorde a la realidad del ámbito de estudio porque su funcionamiento no contaminaría las aguas del subsuelo, al medio ambiente y mejora la estética de la zona de estudio.

Figura 37: Diseño de letrina ecológica acorde a la realidad de la zona de estudio



Fuente: Técnicas de Saneamiento Ambiental para el Área Rural, 2010

4.6.2 Construcción de sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo

Es una alternativa de solución para mejorar los servicios de agua y saneamiento, con la finalidad de brindar mejores condiciones de vida, salud y garantizar el bienestar de la población que se ve afectado por el consumo de agua de mala calidad en el ámbito de estudio.

El sistema de abastecimiento de agua potable consiste en la construcción de:

Cámara de captación: se deberá construir en el lugar donde se ubica el agua de buena calidad y en mayor cantidad, en este caso se deberá ubicar en la Zona C de Sector Chinche cercano a la muestra 08 que es de buena calidad.

Reservorio de almacenamiento: se deberá construir junto a la cámara de captación un tanque elevado con capacidad aproximada de 50 m³ que permita satisfacer las Máximas demandas de consumo de agua de la población.

Línea de aducción y Red de distribución: se determinará de acuerdo al número de viviendas a conectar y su distribución a los diferentes sectores de la población mediante tuberías matrices y secundarias.

Conexiones domiciliarias: se realizará las conexiones domiciliarias con llaves y cajas de paso.

Figura 38: Diseño de reservorio de almacenamiento



Fuente: www.surcolombiana.net

4.6.3 Capacitación y asistencia técnica en saneamiento y medio ambiente

Se debe implementar curso de capacitación y asistencia técnica permanente en educación sanitaria y ambiental en concordancia con el sector salud, autoridades y beneficiarios con la finalidad de sensibilizar a la población en los diferentes aspectos:

- ☞ Asistencia técnica en el diseño, ubicación, construcción e instalación de letrinas ecológicas y sistema de abastecimiento de agua potable.
- ☞ Asistencia técnica en los métodos de desinfección de agua.
- ☞ Capacitación en el uso y mantenimiento de letrinas ecológicas, sistema de abastecimiento de agua potable y entre otras acciones que se debería implementar en el ámbito de estudio.
- ☞ Capacitación sobre adecuados hábitos de higiene en el hogar, especialmente en *Alimentos* (higiene, manipulación de alimentos y almacenamiento de alimentos) y *Ambiente* (higiene de la vivienda, limpieza, cría de animales domésticos y del ambiente).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Después de la culminación del presente trabajo de investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se ha logrado identificar un total de 138 pozos subterráneos para fines de consumo humano de las cuales 08 pozos subterráneos fueron seleccionados para el análisis de la calidad de agua y propuesta de desinfección con tecnologías apropiadas de acuerdo a la contaminación existente en el ámbito de estudio.
2. La calidad de las aguas subterráneas de la comunidad Carata del distrito Coata, tienen las siguientes características:
 - a) Color: tiene como parámetro de aceptación es (Incoloro).
 - b) El olor y sabor: como resultado se tiene (Inodoro e Insípido).
 - c) Potencial Hidrogeno (pH): valores que fluctúan entre (7.03 a 8.03 unidades), que representa a aguas ligeramente alcalinas.
 - d) La temperatura: valores que fluctúan entre (13.0 °C a 14.0 °C), que representa a aguas de clasificación regular.
 - e) La conductividad eléctrica: valores que fluctúan entre (0.39 a 4.00 ms/cm), corresponden a aguas de mediana a alta mineralización.
 - f) Salinidad: comprende valores que fluctúan entre (2.1% a 17.0%), valores que está estrechamente muy ligado a la conductividad eléctrica.
 - g) La dureza total: valores que fluctúan entre (209.88 a 1595.88 mg/l), corresponden a la clasificación en términos del grado de dureza de aguas duras a aguas muy duras.
 - h) La alcalinidad: tiene valores que fluctúan entre (104.80 a 544.96 mg/l), es ligeramente elevado.
 - i) Los cloruros: tiene valores que fluctúan entre (21.88 a 634.73 mg/l).
 - j) Los sulfatos: tiene valores que fluctúan entre (36.0 a 266.00 mg/l).
 - k) Los nitratos: tiene valores que fluctúan entre (Negativo).
 - l) El calcio: tiene valores que fluctúan entre (47.52 a 462.53 mg/l).
 - m) Magnesio: tiene valores que fluctúan entre (20.06 a 127.99 mg/l).
 - n) Los sólidos totales: tiene valores que fluctúan entre (69.20 a 74.36 mg/l).
 - o) Los coliformes totales y coliformes fecales como indicadores de la contaminación, según la tabla de NMP/100ML y de acuerdo a los límites o estándares permisibles para agua de pozo (agua cruda), según OMS, CEPIS, INDECOPI, SUNASS se ha encontrado: los coliformes

totales el 37.5 % están dentro del límite Ideal, el 25.0 % se encuentran dentro del límite aceptable y el 37.5 % están dentro LMP. Los coliformes fecales el 37.5 % están dentro del límite Ideal, el 37.5 % se encuentra del límite Aceptable y el 25.0 % están dentro del LMP.

- p) Se comprobó la existencia de bacterias como son: (*Citrobacter freundii*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter agglomerans*, *E. Sakasaqui*, *Klebsiella oxytoca*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Arisona sp*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter diversos*, *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*) estos últimos son de peligro, que producen múltiples enfermedades en la salud humana.
3. En líneas generales el 25% de las muestras son buenas (aptas), el 25% de las muestras es regular y el 50% de las muestras es deficiente (mala) y los elementos que exceden los valores permitidos en las muestras como la dureza, alcalinidad y cloruros esto es debido a la formación hidrogeológica de la zona y asimismo se ven afectados por la contaminación biológica con coliformes fecales (bacterias), debido a la inadecuada ubicación y limitado acceso a letrinas sanitarias (ecológicas), heces de origen animal y humano cercanas a las fuentes de suministro.
 4. La calidad de agua subterránea de la comunidad Carata del distrito Coata es deficiente (mala) y no son aptas para el consumo humano según los Límites Máximos Permisibles, sin embargo la población utiliza el agua sin previo tratamiento y la mayoría de los pozos requieren de urgencia de un tratamiento sanitario adecuado, limpieza y cuidado permanente.
 5. Existe carencia de programas de educación sanitaria y desinfección de agua para los usuarios por parte de las instituciones competentes y urge la necesidad de implementar dichos programas.
 6. Las tecnologías de desinfección que darían un mejor resultado por el tipo de contaminación existente, y las características de la zona de estudio son: la desinfección física como el hervido, la filtración lenta y el filtro de bioarena en el hogar pues son muy eficientes en la purificación del agua y en cuanto a la desinfección química tenemos la cloración mediante los hipocloradores para la eliminación de las bacterias propias en el agua, causantes de enfermedades de origen hídrico y que afectan a la población usuaria. Una combinación de los métodos de filtración y cloración sería lo conveniente y eficaz.
 7. La desinfección del agua es una alternativa eficaz para los usuarios que no cuentan con un sistema seguro de abastecimiento de agua de calidad, constituyen una medida inmediata y de bajo costo, asequible y tienen una mayor aceptación por los usuarios.
 8. Existe carencia de organismos estructurales del estado principalmente del sector salud y medio ambiente para dar vigilancia y cumplimiento a las normas existentes, así mismo de las instituciones encargadas en velar por la salud humana.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. Realizar como primera acción una adecuada limpieza y desinfección de los pozos con urgencia para evitar la contaminación fecal y medio ambiental permanentemente.
2. La población usuaria debe tomar acciones inmediatas sobre la calidad de agua de pozo que se consume en el ámbito de investigación.
3. Fomentar la educación de la población usuaria para un monitoreo permanente y toma de decisiones para el manejo y ubicación adecuada de basuras, materiales orgánicas, crianza de animales y ubicar las letrinas distantes al entorno de la fuente de suministro de agua para prevenir la contaminación biológica por coliformes, medio ambiental y evitar la propagación de enfermedades. De tal manera que la salud pública no sea afectada.
4. Establecer coordinaciones con la municipalidad, salud, ministerio de educación y usuarios para realizar educación ambiental en las escuelas, colegios con la finalidad de crear conciencia ambiental sobre el manejo del recurso hídrico en la zona de estudio y adyacentes.
5. Para determinar la calidad de agua de los pozos es necesario también realizar el análisis de la calidad del suelo (litología del suelo) y en la presente investigación no se realizó dicho análisis por el alto costo y factor económico.
6. Promover y fortalecer la participación activa y sensibilizar en el cambio de comportamiento sanitario de los usuarios, mediante programas de asistencia técnica, capacitación y educación sanitaria, lo que permitirá mayor eficiencia en la inversión social.

El involucramiento de actores como los gobiernos locales, instituciones encargadas en velar sobre la salud, ONG's, las autoridades comunales, sectoriales, promotores de salud, organización de jóvenes y la población general, con la finalidad de promover la participación responsable de los actores, sentando las bases para mejora y sostenibilidad de la calidad de vida.
7. Se recomienda a las autoridades locales, entidades competentes y población a promover la implementación de las acciones y/o alternativas de solución propuestas en el presente estudio en beneficio de la población del ámbito de estudio.
8. Se recomienda a las autoridades locales y del estado para implementar proyectos en el ámbito de estudio, se debe priorizar primero las necesidades urgencias de la población y que los proyectos cumplan con los criterios de viabilidad económica, técnica, social, ambiental y de sostenibilidad.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Arboleda, J. (2001). "Teoría y práctica de la purificación del agua". ACODAL, Colombia.
2. Arellano, J. (2002). "Introducción a la ingeniería ambiental". Grupo editores Alfa omega S.A., México. 63 p.
3. Brooks, K; Gregersen, H; Thames, J. (1991). Hydrology and the management of watershed Iowa, USA. 392 p.
4. Carranza, R. (2001). "Medio ambiente problemas y soluciones". Editorial Thompson, México.
5. Chávez M. "Contaminación del agua". Programa de Máster en Ingeniería Civil, Universidad de Piura-Perú. Año 1996.
6. Chereque, W. (1989). "Hidrología". CONCYTEC Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú. 146 p.
7. Chullunquia B, C. R. "Contenido bacteriológico en aguas provenientes de cuatro manantiales para consumo humano en el Barrio Santiago de Chejoña-Puno", examen de suficiencia profesional en Biología UNA-Puno, 2005. 48 p.
8. Claret, M. "Análisis del agua subterránea en pozos destinados para consumo humano y su expresión espacial en secano mediterráneo de Chile". Proyecto de investigación INEI-Chile, 2003.
9. Clasificación de las aguas para consumo humano. Extraído el 10 de Enero del 2011 de http://www.Tecnología/microbiologia2_parte2.htm
10. COFEPRIS el proyecto Agua Química y Físicamente Limpia. "Evaluación de la calidad físico químico del agua en fuentes de abastecimiento de agua destinada al uso y consumo humano en el estado San Luís Potosí", Bolivia 2004.
11. Colon, E. (2003). Gobernabilidad eficaz del agua; acciones conjuntas en Centroamérica. Global Wáter Partnership de Centroamérica. 36 p.
12. Córdoba Niñez, A. Calidad del agua y su relación con los usos actuales de suelo en la subcuenca del río Jucuapa. Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag Sc. Turrialba, CR, CATIE; 2002. 120 p.
13. Curasi V, L. Evaluación de la calidad del agua subterránea con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno. Tesis de grado sometida a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola UNA-Puno, 2010. 171 p.
14. DIGESA. "Grupo de estudios técnico ambiental", Lima-Perú año 2000.
15. DIGESA. "Taller de vigilancia y control de los sistemas de agua y saneamiento". Año 2005.

16. Fassaert, C. (2000). Diagnostico participativo con enfoque de género agroforestería en las Américas. 7(25) p. 25-30
17. Faustino, J. (1996). Criterios para la clasificación de los problemas y soluciones en la conservación de suelos y agua. CATIE, Turrialba. 60 p.
18. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), manual sobre comunicación en materia de agua, medio ambiente y saneamiento-Num.7, NY, Estados Unidos de América, 1999.
19. Foster, S. y Hirata, R. (1988). Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. CEPIS/PAHO-WHO Technical Report. Lima (Perú). Consultado 23 Octubre 2005. Disponible en <http://www.udep.edu.pe/recursoshidricos/vulnerabilidad.pdf>
20. Gallego, M. (2000). El agua, vehículo de contaminación, página electrónica. Turrialba, Costa Rica. Consultado Marzo del 2011 en www.badad.com/no01/agua.html.
21. Guevar M, R. "Evaluación bacteriológica de la calidad del agua en pozos para consumo humano de la localidad de pilcuyo". Tesis de grado en Biología UNA- Puno. 2000, 67 p.
22. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Censos Nacionales 2007 extraído el 18 de Abril del 2011 desde <http://proyectos.inei.gob.pe>
23. Juvenal Bautista. "Agua Segura", cartilla de capacitación haciendo uso del Sistema Unifamiliar y Filtro de bioarena; 1ra. Edición, impreso por: Forma o imagen, Fundación para el Desarrollo IPADE-Perú. Abril del 2009. 44 p.
24. Laura, E. (2010). "Control de calidad microbiología de los alimentos". 1ra Edición. Editorial Universitaria, Facultad de Ciencias de la Salud de la UNA-Puno.
25. Leal J. y Rodríguez F. E. "Guía para la evaluación de impacto ambiental de proyectos de desarrollo local", editorial centro de Bartolomé de las casas, Cusco-Perú, año 1998.
26. Linsley, R; Khmer, M. y Paulus, J. (1988). "Hidrología, para Ingenieros" Editorial Mc Graw Hill Interamericana de México S.A. de C.V. México.
27. Llamas, M. R. y Custodio, E. (2002). Acuíferos explotados intensivamente: conceptos principales, hechos relevantes y algunas sugerencias. Boletín Geológico y Minero, 113
28. Mejía C, M. R. Análisis de la calidad de agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras, Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de educación para el desarrollo y la conservación del centro agronómico tropical de investigación y enseñanza en manejo integrado de cuencas hidrográficas. Costa Rica, año 2005. 123 p.

29. Mendoza, M. (1996). Impacto de la tierra, en la calidad del agua de la microcuenca río Salados. Cuenca del río San José. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
30. Ministerio de Energía y Minas. "Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos". Decreto supremo N° 046-93-EM, 10 de Noviembre, 1993, Lima, Perú.
31. Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano". DS N° 031-2010-SA, Lima-Perú 2010. 44 p.
32. Miranda Z, N. "Tecnología de agua y control de calidad", Facultad de Ingeniería Química UNA-Puno, impreso en Puno, Perú en el año 2002.
33. Mitchell, M; Stapp, W y Bixby, K. (1991). Manual de campo de proyecto de río. Una guía para monitorear la calidad de agua en el río Bravo. Segunda edición. México. 200 p.
34. Molina, J. (2002). "La importancia del recurso hídrico para la sociedad" y El Fondo de Población de las Naciones Unidas (FNUAP 2001).
35. Obando S, F. O. Situación del recurso hídrico subterráneo de la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua, Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de educación para el desarrollo y la conservación del centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Turrialba, Costa Rica, año 2005. 132 p.
36. Ongley, E. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estados de la FAO riego y drenaje. Roma, Italia. FAO. 116 p.
37. Organización Mundial de la Salud (OMS), "Guías para la calidad de agua potable", Ginebra. 2004.
38. Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS), "Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida" Manual I: Tomo I (304 págs.) y II (278 págs.), editado en Lima-Perú en el año (2004). Extraído el 5 de Marzo del 2011 de <http://www.hesperian.org>.
39. Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), "Guía para mejorar la calidad del agua en el ámbito rural y de las pequeñas localidades", Lima, 2007, 53 p.
40. Perdomo, Carlos "Calidad del agua y su relación con la agricultura", Uruguay, año 2002.
41. Price, M. (2003). "Agua Subterránea" Grupo Noriega Editores, Editorial Limusa, Primera Edición.
42. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), "Agua para vivir: Cómo proteger el agua comunitaria". Elaborado este folleto por la Fundación Hesperian en el año 2006. 47 págs. Sitio web: www.hesperian.org.
43. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), "Perspectivas del Medio Ambiente Mundial". Editorial Mundi-Prensa, Costa Rica. 2000.

44. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), "Derecho Humano al Agua Potable". Costa Rica. 2003.
45. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), "Diferencia de consumo entre el primer y tercer mundo". Costa Rica. 2004.
46. Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT). "Monitorio de la contaminación de la bahía interior y exterior de Puno" en el año (2001).
47. Quispe Q, M. Realizó el estudio: "Contenido bacteriológico en aguas de consumo humano en los centros educativos de la ciudad de Puno". Tesis en medicina Veterinaria y Zootecnia UNA-Puno, 1996. 70 p.
48. Ramakrishna, B. (1997). Estrategia de Extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: Conceptos y Experiencias: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Serie investigación y educación en desarrollo sostenible. San José, CR. 338 p.
49. Randulovich, R. (1997). Sostenibilidad en el uso del agua en América Latina Revista Forestal Centroamericana 18 p. 15-20.
50. Reynolds, J. (2002). Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro. Editorial universal estatal a distancia. San José. CR. 348 p.
51. Rojas Ricardo, OMS/OPS/SDE/CEPIS-SB. "Vigilancia de la Calidad de Agua para Consumo Humano", (2005).
52. Romero R, J. A. (1995). "Calidad del agua". Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2da edición. 273 p.
53. Sáenz, F. (1995). Identificación de áreas críticas para el manejo de la cuenca del río Pacuare, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba. CR, CATIE. 145 p.
54. Sagardoy, J. (1994). Irrigation Management Transfer, selected paper. FAO. Roma, IT. 499 p.
55. Sanfeliú, J. (2001). Determinación de la calidad del agua de consumo humano de las familias rurales: estudio socioeconómico. Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES). San Salvador. El Salvador. 40 p.
56. Solsona, F. "Guía para Elaborar Normas de Calidad de Agua de Bebida en los países en desarrollo", CEPIS/OPS Lima-Perú (2002).
57. Universidad Nacional Agraria la Molina y PASSIM Educativa S.A.C. "Curso de Análisis de Agua, Suelos Agrícolas, Fertiriego, Hidroponia y Calidad de Alimentos", Lima-Perú. 2004.
58. USGS. El ciclo del Agua. Extraído el 8 de Abril del 2011 de <http://ga.water.usgs>.
59. Vallejos, M. C. (2001). "Las aguas subterráneas en el altiplano de Puno-Perú.
60. Vasquez, A. (2000). "Manejo de Cuencas Alto andinas" Tomo I Impreso en Perú. 512 p.

61. Vidal, M.; López, A. Santoalla, M.; Vallejos, V. (2000). Factor analyses for the water resources contamination due to the use the livestock slurries as fertilizers agricultural water management. 45 p.
62. Vilca, J. "Estudio de aguas subterráneas en las comunidades de Alto Ccatacha, Central Chañocahua y Chañocahua joven de la Provincia de Lampa". Tesis de grado sometida a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola UNA-Puno, 2005. 117 p.
63. Villegas, J. (1995). Evaluación de la calidad de agua en la Cuenca del Rio Reventado, Cartago, Costa Rica, bajo el enfoque de los indicadores de sostenibilidad. Turrialba, CR. CATIE. 118 p.
64. Villón, M. (2002). Hidrología. Cartago, Costa Rica 1ra Edición. 436 p.
65. Wagner, (1996). Shillings y Libra (2000). Contaminación causas y efectos México. D.F. Ediciones Garnika. 424 p.
66. Walter, J. y Weber, Jack A. (2003). Control de calidad del agua/Water Quality Control: Procesos Físicoquímicos. Editorial Reverté. 684 p.
67. Yevjevich, V. (1972). Probability and Statistics in Hydrology, Fort Collins, Colorado U.S.A. 301 p.
68. Zea M, N. (2010). "Tecnología de aguas – tratamiento y control de calidad". 3ra Edición. Editorial ECONOCOPY, Facultad de Ingeniería Química de la UNA-Puno. 198 p.

ANEXOS

A: CUADROS

CUADRO 20

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y DATOS DE TOMA DE MUESTRAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

TESIS : Evaluación de la Calidad de Agua Subterránea para Fines de Consumo Humano en la Comunidad de Carata, distrito Coata

LUGAR : Comunidad de Carata **PERIODO DE MUESTREO** : Julio-Agosto 2010

DISTRITO : Coata **ENCARGADO DEL PROYECTO** : Bach. Esteban Belizario Mamani

PROVINCIA : Puno

DEPARTAMENTO : Puno

Cant. de Muestras	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Fecha de Muestreo	Hora de muestreo	T° Ambiental (°C)	Tipo de pozo	Condiciones higiénicas	Edad del pozo	Número de usuarios aprox.	Aspecto del agua	Observaciones
	S	N										
M-01	398764	8276864	3609	12/07/10	9:00	11.9	C° Armado	Buena/regular	12	15 familias	Limpio	Cerrado
M-02	399181	8276226	3792	12/07/10	9:32	12.2	C° Armado	Regular	12	9 familias	Limpio	Sólidos
M-03	398372	8275030	3829	12/07/10	10:11	12.8	C° Armado	Buena/regular	12	20 familias	Limpio	Cerrado
M-04	397813	8275726	3823	26/07/10	10:50	12.3	C° Armado	Regular	12	12 familias	Limpio	Cerrado
M-05	390681	8250357	3624	26/07/10	9:00	10.1	C° Armado	Buena/regular	12	24 familias	Limpio	Cerrado
M-06	398599	8277250	3634	26/07/10	9:22	11.4	C° Armado	Regular	12	14 familias	Limpio	Cerrado
M-07	396719	8277377	3828	12/07/10	9:38	12.4	C° Armado	Buena/regular	12	10 familias	Limpio	Cerrado
M-08	391318	8250215	3671	26/07/10	10:02	11.8	C° Armado	Buena	12	8 familias	Limpio	Cerrado

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor

CUADRO.21
RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA FINES DE CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD DE CARATA DISTRITO COATA

Cantidad de Muestras	Fecha de Análisis	Características Organolépticas				Características Físico-químicas											
		Aspecto	Color	Olor	Sabor	pH	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (ms/cm)	Salinidad (%)	Dureza Total (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Nitratos	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Sólidos Totales (mg/l)
M-01	12/07/10	Líquido	Incoloro	Inodoro	Inspido	7.26	13.0	2.62	14.0	887.04	419.20	474.78	266.00	Negativ	240.77	68.77	72.10
M-02	12/07/10	Líquido	Incoloro	Inodoro	Inspido	7.03	13.2	3.00	16.0	1148.4	544.96	634.73	100.00	Negativ	247.10	127.99	70.14
M-03	12/07/10	Líquido	Incoloro	Inodoro	Inspido	7.22	13.1	1.66	11.0	629.64	251.52	213.82	224.00	Negativ	183.74	41.07	73.02
M-04	26/07/10	Líquido	Incoloro	Inodoro	Inspido	7.07	13.2	1.84	12.0	582.12	104.80	336.72	180.00	Negativ	174.24	35.34	74.36
M-05	26/07/10	Líquido	Incoloro	Inodoro	Inspido	7.88	13.5	1.34	11.0	578.16	314.40	230.66	100.00	Negativ	150.48	48.71	72.83
M-06	26/07/10	Líquido	Incoloro	Inodoro	Inspido	7.25	13.5	4.00	17.0	1595.8	398.24	48.83	216.00	Negativ	462.53	106.02	74.11
M-07	12/07/10	Líquido	Incoloro	Inodoro	Inspido	7.50	13.4	0.97	3.2	854.40	188.64	90.92	39.60	Negativ	71.28	90.74	71.46
M-08	26/07/10	Líquido	Incoloro	Inodoro	Inspido	8.03	14.0	0.39	2.1	209.88	117.38	21.88	36.00	Negativ	47.52	20.06	69.20
		Promedio				7.41	13.36	1.98	10.79	773.19	292.39	256.54	145.20	0	197.21	67.34	72.15

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor: (Fecha de Análisis del 12 a 26 de Julio del 2010)

CUADRO 22

IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS COLIFORMES EN CADA MUESTRA DE AGUA DE POZO

Nº de muestra	Lugar de Procedencia	Coliformes totales NMP/100ml	Coliformes fecales NMP/100ml
M-01	ZONA A: Sector Putucuni	Citrobacter freundii Klebsiella oxytoca Enterobacter cloacae	Escherichia Coli
M-02	ZONA B: Sector Pojsin	Enterobacter cloacae Enterobacter agglomerans	Escherichia Coli
M-03	ZONA C: Sector Candile	Proteus vulgaris Enterobacter sakasaki	Escherichia Coli
M-04	ZONA D: Sector Chinche	Citrobacter diversus Klebsiella pneumoniae	Negativo
M-05	ZONA A: Sector Putucuni	Citrobacter freundii Proteus mirabilis	Escherichia Coli
M-06	ZONA B: Sector Putucuni	Arisona sp Citrobacter freundii Enterobacter aerogenes	Escherichia Coli
M-07	ZONA C: Sector Candile	Enterobacter agglomerans Citrobacter Arisona sp	Escherichia Coli
M-08	ZONA D: Sector Chinche	Enterobacter agglomerans Klebsiella oxytoca Citrobacter diversus	Negativo

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

CUADRO 23

RESULTADOS DE DIFERENCIACION BIOQUÍMICA ENTRE COLIFORMES

Medios de Diferenciación	TSI				LIA				INDOL	CITRATO	UREA
	SUP	PROF	GAS	H ₂ S	SUP	PROF	GAS	H ₂ S			
Escherichia Coli	A	A			K	K			+	-	-
Citrobacter divirsus	A	A			K	K			-	+	-
Klebsiella pneumoniae	A	A			K	K			-	+	-
Klebsiella oxytoca	A	A			K	K			+	+	+
Enterobacter aerogenes	A	A			K	K			-	-	V
Enterobacter cloacae	A	A			K	A			-	-	V
Enterobacter sakasaki	K	A			K	A			V	+	-
Enterobacter agglomerans	K	A			K	A			+	+	V
Proteus mirabilis	K	A			K	A			+	-	+

A: Acidez - : Negativo (no hay reacción)

K: Alcalinidad + : Positivo (hay reacción)

V: Variable

Fuente: Datos obtenidos por el ejecutor.

B : TABLAS

TABLA 12

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIÓN 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
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y g rasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0.0B	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad Eléctrica	uS/cm(*)	1500	1600	**	**	**
D.B.O. ₅	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	**	**	**	**
Fosforo 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	6,5-0,5	5,5-9,0	5,5-9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	1000	1500	**	**
Sulfates	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuro*	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT(*)	5	100	**	100	**

INORGÁNICOS						
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	**
ORGÁNICOS						
1 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTTP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs						
1,1,1-Tricloroetano --71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano - 75-354	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 --127-16-4	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	**	**	**
Benceno - - 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno-100-41-4	mg/L	D.3	0,3	**	**	**
Tolueno -108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos - 1330-20-7	mg/L	Oí	0,5	**	**	**
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a) pireno - 50-38-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
Plaguicidas						
Organofosforados:						
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	**	**
Organoclorados (COP)*:						
Adrin - 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrin -- 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrin --72-20-3	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro - 7644-3	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Carbamatos:						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Policloruros Bifenilos Totales						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
Otros						
Asbesto	millones de fibras/L	7	**	**	**	**
MICROBIOILÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1000
ColiformesTotales (35-37°C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organism o/Litro	0	0		0	
<i>Giardia duodenalis</i>	Organism o/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmonella	Presencia/ 100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/ 100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelometría Turbiedad

NMP/100 ml: Número más probable en 100 mL

*: Contaminantes Orgánicos Persistentes (CCP)

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

Fuente: Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. Lima-Perú 2008.

TABLA 13

CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES
PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
FISICO-QUÍMICO		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosforo - P	mg/L	1
Nitratos (NO3-N)	mg/L	10
Nitritos (NO2-N)	Mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4
Ph	Unidades de pH	6,5-8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
INORGÁNICOS		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
ORGÁNICOS		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
PLAGUICIDAS		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-B)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

Fuente: Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. Lima-Perú 2008

TABLA 14

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO
PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES

PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
Biológicos			
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1000	2000(3)
Coliformes totales	NMP/100mL	5000	5000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helmintos	huevos/litro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente

Fuente: Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. Lima-Perú 2008

PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicas		
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	<=5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruro	mg/L	2
Nitratos (NO3-N)	mg/L	50
Nitritos (NO2-N)	mg/L	1
Oxígeno Disuelto	mg/L	>5
PH	Unidades de pH	6,5-8,4
Sulfatas	mg/L	500
Sulfuras	mg/L	0,05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,1
Berilio	mg/L	0,1
Boro	mg/L	5
Cadmio	mg/L	0,01
Cianuro WAD	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	1
Cobre	mg/L	0,5
Cromo (6+)	mg/L	1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5

Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	24
Orgánicos		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
Plaguicidas		
Aldicard	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,03
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	1
Dieldrín (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrín	ug/L	0,004
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloripóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5
Biológicos		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000
Coliformes Totales	NMP/1 00mL	5 000
Enterococos	NMP/1 00mL	20
Escherichia coli	NMP/1 00mL	100
Huevos de Helmintos	Huevos/litro	<1
Salmonella sp.	Ausente	
Vibrio cholerae	Ausente	

NOTA:

NMP/100ml: Número más probable en 100 mL

Vegetales de tallo alto: Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo, las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo; Forestales, árboles frutales, etc.

Vegetales de Tallo bajo: Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo (10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc.

Animales mayores: Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

Animales menores: Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos.

SAAM: Sustancias activas de azul de metileno

Fuente: Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. Lima-Perú 2008

TABLA 15

CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FISICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB05)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 5	>= 5	>= 5	>= 4	>= 4
pH	unidad	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.8 - 8.5	6.8 - 8.5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	525	525-100	525-400	525-100	30,00
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	—
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	—
Clorofila A	mg/L	10	—	—	—	—
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NQ3)	mg/L	5	10	10	10	0,07- 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	1.6	1.6		—	—
Níquel	mg/L	0.025	0.025	0.025	0.002	0.0082
Plomo	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.0081	0.0081
Silicatos	mg/L	—	0.14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S) indisociable)	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.06
Zinc	mg/L	0.03	0.03	0.3	0.03	0.081
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000		2 000	1000	<=30
Coliformes Totales	NMP/100mL	2 000		3000	2000	<=30

NOTA: Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

Dureza: Medir "dureza*" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C) **Nitrógeno total:** Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO) Amonio: Como NH3 no ionizado.

NMP/100 ml: Número más probable de 100 ml

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

Fuente: Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. Lima-Perú 2008

TABLA 16

PARA CALCULAR LOS mg DE SULFATOS

% de Transmitancia	Concentración Mg/ml*(1/1000)	% de Transmitancia	Concentración mg/ml*(1/1000)	% de Transmitancia	Concentración mg/ml*(1/1000)
99	1.00	70	22.25	40	50.00
98	2.00	69	23.00	39	51.00
97	3.00	68	23.50	38	52.00
96	4.00	67	24.50	37	53.00
95	5.00	66	25.00	36	54.00
94	6.00	65	26.00	35	56.00
93	6.50	64	27.00	34	57.00
92	7.50	63	27.70	33	58.50
91	8.00	62	28.50	32	59.50
90	9.00	61	29.50	31	61.00
89	9.90	60	30.00	30	62.20
88	10.50	59	31.00	29	64.00
87	11.00	58	32.00	28	65.00
86	11.50	57	33.00	27	66.50
85	12.25	56	34.00	26	68.25
84	13.00	55	35.00	25	70.00
83	13.50	54	35.50	24	-
82	14.00	53	36.50	23	-
81	15.00	52	37.50	22	-
80	15.50	51	38.25	21	-
79	16.00	50	39.00	20	77.50
78	17.00	49	40.00	19	-
77	17.50	48	41.00	18	-
76	18.25	47	42.00	17	-
75	19.00	46	43.00	16	-
74	19.50	45	44.00	15	90.00
73	20.00	44	45.00	14	-
72	21.00	43	46.25	13	-
71	21.50	42	47.50	12	-
		41	48.50	11	-

Fuente: Tecnología de agua- control de calidad, UNA-Puno 2002

TABLA 17
ÍNDICE DE PONDERACION LIMNOLÓGIA

FACTOR	PECEAS DE AGUAS FRIAS (Truchas a.i.)		PECES DE AGUAS TROPICALES (Carpa y/o Tilapia)	
	Rango	Clasificación	Rango	Clasificación
Temperatura del agua (C°)	10 a 12 (4 a 10)(12 a 23)	Buena Regular Mala	18 a 20 (12 a 18)(28 a 40) F. de L.	Buena Regular Mala
Oxigeno disuelto (ppm)	4 a 10 2 a 6 F. de L.	Buena Regular Mala	4 a 10 2 a 4 F. de L.	Buena Regular Mala
Ph	8.0 a 8.5 4.3 a 7.0 F. de L.	Buena Regular Mala	6.5 a 7.0 7.0 a 8.5 F. de L.	Buena Regular Mala
Alcalinidad (ppm)	50 a 75 10 a 50 F. de L.	Buena Regular Mala	90 a 175 10 a 90 F. de L.	Buena Regular Mala
Dureza (ppm)	50 a 1000 10 a 50 F. de L.	Buena Regular Mala	250 a 400 50 a 250 F. de L.	Buena Regular Mala

Nota: F. de L. = Fuera de límite

Fuente: Explotación pesquera integral – Lima. Ministerio de Pesqueria, 1980.

TABLA 18

REACCIONES BIOQUÍMICAS DE ENTEROBACTERIACEAE EN TSI-LIA

GRUPO I HIDRÓGENO SULFURADO (H ₂ S) POSITIVOS						GRUPO II HIDRÓGENO SULFURADO (H ₂ S) NEGATIVOS					
ANAEROGENICOS (GAS NEGATIVO)						ANAEROGENICOS (GAS NEGATIVO)					
TSI	GAS	H ₂ S	LI A	INDO L	ENTEROBACTERIA	TSI	GAS	H ₂ S	LIA	INDOL	ENTEROBACTERIA
KA	-	± ó +	K/K	-	SALMONELLA Typhi	K/A	-	-	K/A	- ó +	Shigella
AEROGENICOS (GAS POSITIVO)						A/A ó K/A	-	-	K/A ó K/N	+	Escherichia
TSI	GAS	H ₂ S	LI A	INDO L	ENTEROBACTERIA	A/A ó K/A	-	-	A/K	- ó +	Enterobacter (°)
K/A	2+	-4+	K/K	-	Salmonella	A/A	-	-	K/K	-	Serratia
K/A ó A/A	2+	-4+	K/K	-	Arizona	K/A	-	-	R/K	+	Proteus
K/A ó A/A	2+	-4+	K/A	-	Citrobacter	K/A	-	-	R/A	+	Providencia
K/A ó A/A	2+	4+	R/A	- ó +	Proteus	A/A	-	-	A/A ó K/A	- ó +	Yersinia
K/A	2+	4+	K/K	+	Edwadsiella	AEROGÉNICOS (GAS POSITIVO)					
K = alcalino A = ácido R = rojo N = neutro = enteropatógenos impares (°) = ver texto						TSI	GAS	H ₂ S	LIA	INDOL	ENTEROBACTERIA
						A/A ó K/A	2+	-	K/K ó K/A	+	Escherichia
						A/A	4+	-	K/K	- ó +	Klebsiella
						A/A ó K/A	3+	-	K/K ó K/A	-	Enterobacter
						K/A ó K/A	2+	-	K/K	-	Serratia
						K/A	(+)	-	K/A ó R/A	+	Proteus (°)
K/A	+	-	K/A ó A/A	-	Paratyphi A (°)						

GRADO: 1982. Guía para el aislamiento y vigilancia de salmonella y shigella

TABLA 19

NUMERO MÁS PROBLABLE POR 100ML

Usando tres tubos sembrados cada uno con 10, 1.0, 0.1ml. de muestra

TUBOS POSITIVOS			N.M.P.	TUBOS POSITIVOS			N.M.P.
10 ml	1.0 ml	0.1 ml		10 ml	1.0 ml	0.1 ml	
0	0	1	3	2	0	0	9
0	0	2	6	2	0	1	14
0	0	3	9	2	0	2	20
0	1	0	3	2	0	3	26
0	1	1	6	2	1	0	15
0	1	2	9	2	1	1	20
0	1	3	12	2	1	2	27
0	2	0	6	2	1	3	34
0	2	1	9	2	2	0	21
0	2	2	12	2	2	1	28
0	2	3	16	2	2	2	35
0	3	0	9	2	2	3	42
0	3	1	13	2	3	0	29
0	3	2	16	2	3	1	36
0	3	3	19	2	3	2	44
1	0	0	4	2	3	3	53
1	0	1	7	3	0	0	23
1	0	2	11	3	0	1	39
1	0	3	15	3	0	2	64
1	1	0	7	3	0	3	95
1	1	1	11	3	1	0	43
1	1	2	15	3	1	1	75
1	1	3	19	3	1	2	120
1	2	0	11	3	1	3	160
1	2	1	15	3	2	0	93
1	2	2	20	3	2	1	150
1	2	3	24	3	2	2	210
1	3	0	16	3	2	3	290
1	3	1	20	3	3	0	240
1	3	2	24	3	3	1	460
1	3	3	29	3	3	2	1100
				3	3	3	>1100

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente Lima-Perú 1998.

C: REGISTRO FOTOGRÁFICO

**IMÁGENES DE FUENTE DE USO DE AGUA Y PUNTOS DE MUESTREO
ZONA A: SECTOR PUTUCUNE**

Imágenes que representan a la muestra N° 01



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

ZONA B: SECTOR POJSIN

Imágenes que representan a la muestra N° 02





Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

ZONA C: SECTOR CANDILE

Imágenes que representan a la muestra N° 03



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

Imágenes que representan a la muestra N° 04





Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

ZONA A: SECTOR PUTUCUNE

Imágenes que representan a la muestra N° 05



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

Imágenes que representan a la muestra N° 06



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

ZONA D: SECTOR CHINCHE

Imágenes que representan a la muestra N° 07





Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

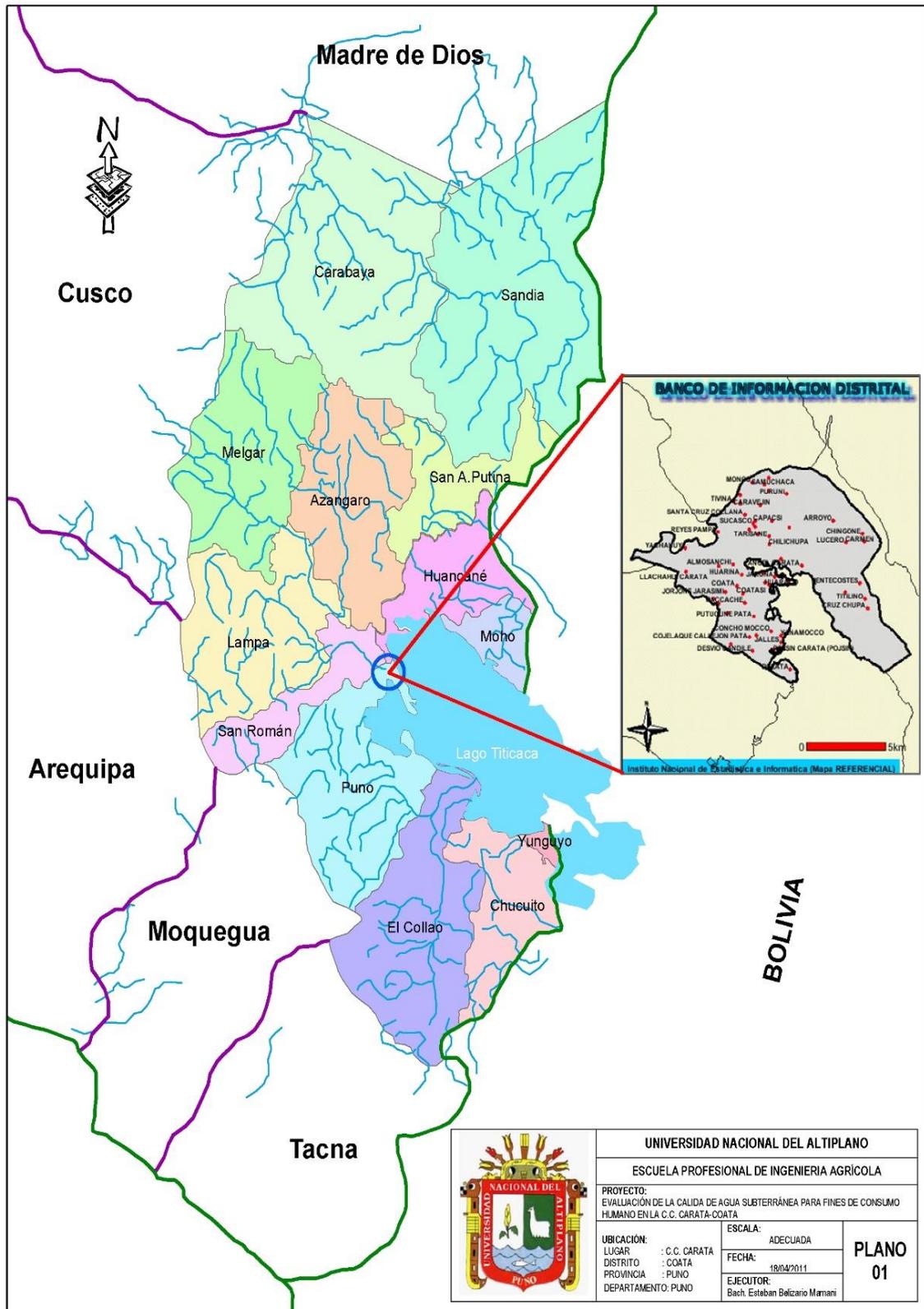
Imágenes que representan a la muestra N° 08



Fuente: Imágenes obtenidos por el ejecutor.

D : PLANOS

MAPA DE LA REGIÓN DE PUNO



MAPA DE DELIMITACIÓN DE ÁMBITO DE ESTUDIO

