



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Tesis Previa la obtención del Grado
Académico de Magister en
Desarrollo y Medio Ambiente.

TEMA:

**CONTAMINANTES DE LAS FUENTES Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD
DEL AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE CAGUAZHUN GRANDE.
AÑO 2010. PLAN DE MITIGACIÓN.**

AUTOR:

ING. WILSON RENE ONCE GONZÁLEZ.

DIRECTORA:

ING. NELLY MANJARREZ FUENTES, MSc.

AZOGUEZ - ECUADOR

2011



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Tesis Previa la obtención del Grado
Académico de Magister en
Desarrollo y Medio Ambiente.

TEMA:

**CONTAMINANTES DE LAS FUENTES Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD
DEL AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE CAGUAZHUN GRANDE.
AÑO 2010. PLAN DE MITIGACIÓN.**

AUTOR:

ING. WILSON RENE ONCE GONZÁLEZ.

DIRECTORA:

ING. NELLY MANJARREZ FUENTES, MSc.

AZOGUEZ- ECUADOR

2011

CERTIFICACIÓN

Ing. Nelly Manjarrez Fuentes MSc. En calidad de Directora de tesis, previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente

C E R T I F I C A

Que el Ing. Wilson René Once González, ha cumplido con la elaboración de la Tesis titulada: **“CONTAMINANTES DE LAS FUENTES Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE CAGUAZHUN GRANDE. AÑO 2010. PLAN DE MITIGACIÓN”**. A la misma se han incorporado las sugerencias realizadas en la sustentación privada, encontrándose apta para la presentación y sustentación pública.

ING. NELLY MANJARREZ FUENTES, M. SC.
DIRECTORA

Quevedo, Diciembre 16 del 2011.

AUTORÍA

La investigación, resultados, discusiones conclusiones y recomendaciones presentadas en la presente Tesis de Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente son de exclusiva responsabilidad del autor.

.....

Ing. Wilson René Once González

AUTOR

DEDICATORIA

Dedicado, con humildad y amor a mi madre, a la memoria de mi padre y a quienes me han brindado motivación, amor, paciencia y cariño durante el desarrollo de la Maestría.

Ing. Wilson René Once González.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme llenado de sabiduría y serenidad para poder culminar mi objetivo de estudio a pesar de las adversidades.

A los Directivos de la **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO Y UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR JOSÉ PERALTA** por haberme dado la oportunidad de prepararme en un cuarto nivel de educación superior.

A los Maestros eficientes y abnegados guías, en especial a la Ing. Nelly Manjarrez Fuentes M.Sc., Directora de la Tesis.

A la ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE GUALACEO, por haberme brindado la información necesaria para realizar el presente trabajo

Y, a cada una de las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo incondicional.

Ing. Wilson René Once González.

PRÓLOGO

La salud de la población es una de las tareas primordiales del Gobierno en todos los países. En el caso de Ecuador, un gran porcentaje de la población reside fuera de los centros urbanos. Este porcentaje de población en su mayoría reside en las denominadas poblaciones rurales o comunidades rurales, definidas sectorialmente como comunidades.

En Ecuador, una de las principales causas de la morbi-mortalidad infantil en menores de 5 años continúan siendo las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA). De acuerdo con los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, Censo de Población y Vivienda 2010), según esta Institución, se tiene que dentro de las 15 primeras enfermedades registradas, como primera enfermedad se encuentra la diarrea aguda, debiéndose como causa principal a las enfermedades relacionadas con el agua.

Las políticas nacionales van dirigidas a aumentar las coberturas de agua y saneamiento para disminuir las tasas de morbi-mortalidad de las enfermedades relacionadas al agua y al saneamiento, pero aún no se logran resultados significativos por diferentes causas, entre las que podemos citar: falta de un adecuado uso del sistema de agua y/o saneamiento, divorcio entre la comunidad y el proyecto de agua y saneamiento, falta de un adecuado mantenimiento de los sistemas instalados, asimismo la falta de mecanismos de control de la calidad del agua suministrada a la población y el cuidado de su calidad hasta su consumo a nivel domiciliario.

Una gran amenaza a la salud de esta población son las enfermedades relacionadas al consumo de agua de calidad bacteriológica no adecuada. Este tipo de enfermedades tienen mayor incidencia en niños y ancianos.

Se sabe que en su mayoría las aguas provenientes de la tierra virgen, son aptas para consumo humano, pero cuando estas están expuestas a la atmósfera (por medio de vertientes, pozos, ríos, etc.), se ponen en contacto

con agentes contaminantes de origen humano o animal, ya no son aptas para el consumo directo.

Actualmente un gran número de las poblaciones rurales de nuestro país cuenta con un sistema de agua "potable", que transporta el agua desde la fuente hasta los puntos de consumo. Muchas veces por falta de información, instrucción, organización o recursos económicos, la infraestructura del sistema de agua no protege adecuadamente al recurso hídrico, y este puede llegar en condiciones no aceptables para el consumo humano.

Un análisis de los Programas, Proyectos y Trabajos realizados en torno a la problemática Agua – Salud, establece que más del 80% de las fuentes superficiales y más del 40% de las fuentes subterráneas están contaminadas por Coliformes Termo Resistentes de origen fecal reciente, constatándose también la existencia de problemas de operación y mantenimiento de los sistemas de agua.

Las deficiencias encontradas en la calidad del agua y la inadecuada operación y mantenimiento de los sistemas de agua llevaron a las instituciones del sector a intentar en varias oportunidades establecer Programas de Control de la Calidad del Agua, los cuales no tuvieron éxito alguno, debido a factores técnicos, económicos, sociales y políticos. La necesidad de laboratorios especializados con equipamiento costoso y numerosos parámetros establecidos para el Control de la Calidad del Agua hace que los programas planteados y experimentados dificultan el adecuado funcionamiento e incluso en algunos casos ocasiona que los sistemas sean insostenibles en el tiempo.

En la presente investigación se ha procedido a la determinación de la calidad del agua y sus condiciones, físico – químicas y biológicas, a partir de análisis químicos se determinó las concentraciones de algunos elementos presentes en el agua, sedimentos, niveles de gases disueltos, sustancias tóxicas, nutrientes, metales, aceites; así como las características físicas generales, tales como temperatura, caudal, color del agua y sus condiciones; biológicamente se determina la contaminación del agua con agentes patógenos

causantes de diversas enfermedades gástricas como son los Coliformes totales y fecales, etc; al determinar la calidad de agua se tendrá la información base para presentar una alternativa que permitirá suministrar agua potable de calidad apta para el consumo de las familias de la comunidad de Caguazhun Grande.

.....
Ing. Patricio Ortega
**Técnico de Gestión de
Fuentes Hídricas del
I. Municipio de Gualaceo**

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación, permitirá evaluar la incidencia de los diferentes contaminantes de las fuentes de agua que abastecen a la planta de tratamiento de agua potable, lo cual se realizó a través de la identificación de las vías de contaminación de las fuentes; la cuantificación de los diferentes contaminantes componentes del agua cruda proveniente de las vertientes y; la evaluación de la calidad del agua potable producida en la planta de tratamiento de la Comunidad de Caguazhun Grande.

Las principales vías de contaminación de las vertientes de agua que abastecen a la comunidad a través de la planta de tratamiento son el mal manejo de excretas, desechos sólidos comunitarios y las prácticas agrícolas inadecuadas.

Los principales contaminantes del agua de las fuentes que llegan a la planta de Caguazhun Grande son, Aceites y grasas, Amonio, Cloruro, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, DBO₅, Hierro (total), Nitrato, Oxígeno disuelto y Sulfato, cuyas existencias no cumplen con los estándares establecidos por las normativas vigentes (TULAS y NTE INEN 1108). Las concentraciones medias de los contaminantes antes señalados incumplen, según los siguientes porcentajes, con los valores establecidos por TULAS y NTE INEN 1108: Aceites y grasas: 14,33%; Amonio: 30,00%; Cloruro: 11,13%; Coliformes Totales: 1850,00% (NTE INEN 1108); Coliformes Fecales: 1083,35% (NTE INEN 1108); DBO₅: 41,65% (TULAS); Hierro (total): 130,00%; Nitrato: 10,00%; Oxígeno disuelto: - 8,33% (déficit, TULAS) y; Sulfato: 25,50% (NTE INEN 1108).

La planta no trabaja (cero eficiencia de remoción de contaminantes) por lo que el agua es de mala calidad. Se elaboró un Plan de Manejo para propiciar el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano proveniente de la planta potabilizadora de la Comunidad Caguazhun Grande, mediante el rediseño de la misma de acuerdo con las características del agua de las fuentes que la alimentan.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	IV
AUTORÍA	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
PRÓLOGO	VIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XI
ÍNDICE	1
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I	9
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.1 UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA...	10
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA	11
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.5. JUSTIFICACIÓN	12
1.6. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN	14
1.7. OBJETIVOS	15
1.7.1. General.....	15
1.7.2. Específicos	15
CAPÍTULO II	16
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1. ANTECEDENTES DEL TEMA A INVESTIGAR.....	17
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	18
2.2.1. Contaminación de fuentes de agua	18
2.2.2. Agua potable.....	19
2.2.3. Aguas residuales	20
2.2.4. Contaminación del agua y sus consecuencias	20
2.2.5. Principales fuentes de contaminación del agua y alternativas de control.....	22
2.2.6. El control de la contaminación a micro escala	23
2.2.7. Calidad del agua potable	24
2.2.8. Tratamiento o potabilización del agua.....	27
2.2.9. Modelo de Calidad del Agua (ICAGUA)	34
2.3. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL	42
2.4. FUNDAMENTACIÓN LEGAL	44
2.4.1. La Constitución Política del Estado 2008.....	44
2.4.2. Ley de Aguas	46

2.4.3.	Ley de Gestión Ambiental.....	52
2.4.4.	Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).....	53
2.4.5.	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108	54
2.5.	HIPÓTESIS	55
2.6.	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	55
2.6.1.	Variable independiente.....	55
2.6.2.	Variable dependiente.....	55
2.7.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	55
CAPÍTULO III		58
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		58
3.1.	MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA.....	59
	INVESTIGACIÓN	59
3.2.	CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE.....	60
	INVESTIGACIÓN	60
3.3.	ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....	61
3.4.	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA	62
3.5.	DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	63
3.6.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	63
3.7.	CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.....	64
CAPÍTULO IV		65
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN		65
4.1.	ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS	66
4.2.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A LA HIPÓTESIS.	66
4.2.1.	Variable independiente: Contaminantes de las fuentes de agua (RESULTADO DEL ANALISIS DE LABORATORIO-CONTAMINANTES, RESULTADOS DE ENCUESTAS- CONTAMINANTES).	66
4.2.2.	Variable dependiente: Calidad del agua potable que produce la planta de tratamiento (CÁLCULOS DEL ICAGUA, RESULTADOS DE ENTREVISTAS-CALIDAD DE AGUA).....	89
4.3.	DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS	102
4.3.1.	Variable independiente: Contaminantes de las fuentes de agua.....	102
4.3.2.	Variable dependiente: Calidad del agua potable que produce la planta de tratamiento	105
4.3.3.	Comprobación / disprobación de la hipótesis	106
CAPÍTULO V		120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		120
5.1.	CONCLUSIONES:.....	121
5.2.	RECOMENDACIONES:	122
CAPÍTULO VI.....		124

PROPUESTA ALTERNATIVA.....	124
6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	125
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD CAGUAZHUN GRANDE, CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA AZUAY.	125
6.2. JUSTIFICACIÓN	125
6.3. FUNDAMENTACIÓN	126
6.4. OBJETIVOS	126
6.4.1. Objetivo general.....	126
6.4.2. Objetivos específicos.....	127
6.5. IMPORTANCIA.....	127
6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA	127
6.7. FACTIBILIDAD.....	128
6.8. PLAN DE TRABAJO	128
6.8.1. Determinación de los procesos unitarios.....	128
6.8.2. Descripción y dimensionamiento de la planta potabilizadora	129
6.9. ACTIVIDADES.....	131
6.10. RECURSOS	131
6.10.1. Materiales.....	131
6.10.2. Humanos.....	131
6.10.3. Financieros.....	132
6.11. IMPACTO	132
6.12. EVALUACIÓN.....	132
BIBLIOGRAFÍA.....	133
ANEXOS	135
ANEXO 1. CUESTIONARIO DE ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS REPRESENTANTES DE LAS 153 FAMILIAS DE LA COMUNIDAD	135
ANEXO 2-1.....	138
P R E S U P U E S T O/RESUMEN.....	138
ANEXO 2-2.....	139
SISTEMA DE AGUA POTABLE-DISTRIBUCION	139
ANEXO 2-3.....	140
SISTEMA DE AGUA POTABLE-CONDUCCIONES	140
ANEXO 2-4.....	141
SISTEMA DE AGUA POTABLE-PLANTA DE TRATAMIENTO	141
ANEXO 3. FOTOGRAFÍAS DE LA COMUNIDAD, DE LOS CULTIVOS, DE LAS FUENTES DE AGUA Y DE LA PLANTA ACTUAL.....	145

INDICE TABLAS

Tabla 2.1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.....	26
Tabla 2.2. Evaluación del Nivel de Calidad Ambiental.....	38
Tabla 2.3. Datos para el cálculo del ICAGUA.	39
Tabla 2.4. Operacionalización de la variable independiente.....	56
Tabla 2.5. Operacionalización de la variable dependiente.....	57
Tabla 4.1. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Achupillas 1 (Dugdugcucho) (2,890 km).....	67
Tabla 4.2. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Achupillas 2(Papaloma) (2,650 km).....	70
Tabla 4.3. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Chachacón 1 (2,150 km).....	73
Tabla 4.4. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Chachacón 2 (2,510 km).	76
Tabla 4.5. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Chachacón 3 (Gallocantana) (2,250 km).....	79
Tabla 4.6. Caracterización de la calidad del agua de la salida de la planta (0 km).....	82
Tabla 4.7. Criterios sobre el sistema de disposición de excretas con que cuenta la familia.....	85
Tabla 4.8. Criterios sobre el sistema de recolección de desechos sólidos con que cuenta la familia.	86
Tabla 4.9. Criterios sobre el manejo ambiental de las producciones agrícolas en cuanto al empleo de sustancias químicas.	87
Tabla 4.10. Criterios sobre la distancia de los cultivos a las fuentes de agua.....	88
Tabla 4.11. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Achupillas 1 (Dugdugcucho).....	90
Tabla 4.12. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Achupillas 2 (Papaloma)... ..	91
Tabla 4.13. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Chachacón 1.	92
Tabla 4.14. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Chachacón 2.	93
Tabla 4.15. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Chachacón 3 (Gallocantana).	94
Tabla 4.16. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la salida de la planta de tratamiento..	95
Tabla 4.17. Criterios sobre la forma en que el sistema de servicio de agua potable abarca a su familia.....	96
Tabla 4.18. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a cantidad.....	97
Tabla 4.19. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a calidad.....	98

Tabla 4.20. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a continuidad.....	99
Tabla 4.21. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el servicio de medidor de agua en su vivienda.	100
Tabla 4.22. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el pago mensual por el servicio de agua potable... ..	101
Tabla 4.23. Valores medios de cada parámetro indicador de la contaminación investigado, considerando las cinco fuentes de agua y salida de la planta (concentraciones en mg/dm ³ con excepción de los Coliformes que se dan en NMP/0,1dm ³	108

INDICE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de flujo típico de una planta potabilizadora de agua.....	33
Figura 2.2. Esquema típico de una planta potabilizadora de agua (tercera dimensión).....	34
Figura 2.3. Funsion de transformación del indicador ICAGUA.....	37
Figura 4.1 Porcentaje en exceso o defecto en la fuente Achupillas 1..	68
Figura 4.2 Porcentaje en exceso o defecto en la fuente Achupillas 2....	71
Figura 4.3 Porcentaje en exceso o defecto en la fuente Chachacón 1..	74
Figura 4.4 Porcentaje en exceso o defecto en la fuente Chachacón 2..	77
Figura 4.5 Porcentaje en exceso o defecto en la fuente Chachacón 3..	80
Figura 4.6 Porcentaje en exceso o defecto en la salida de la planta	77
Figura 4.7 Criterio sobre el sistema de disposición de escretas con que cuenta la familia.....	85
Figura 4.8 Criterio sobre el sistema de recolección de desechos solidos con el que cuenta la familia.....	86
Figura 4.9 Criterios sobre el manejo ambiental de las producciones agrícolas en cuanto al empleo de sustancias químicas	87
Figura 4.10 Criterios sobre la distancia de los cultivos a las fuentes de agua.....	88
Figura 4.11 Criterios sobre la forma en que el sistema de servicio de agua potable abarca a su familia.....	96
Figura 4.12 Criterio sobre el nivel de satisfaccion con el servicio de agua potable en cuanto a cantidad.....	97
Figura 4.13 Criterio sobre el nivel de satisfaccion con el servicio de agua potable en cuanto a calidad.....	98
Figura 4.14 Criterio sobre el nivel de satisfaccion con el servicio de agua potable en cuanto a la continuidad.....	99
Figura 4.15 Criterio sobre el nivel de satisfaccion con el servicio de medidor de agua en su vivienda.....	100
Figura 4.16 Criterio sobre el nivel de satisfaccion con el pago mensual por el servicio de agua potable.....	101
Figura 6.1. Diagrama de flujo de la planta potabilizadora a implementarse.....	130

INTRODUCCIÓN

Es importante garantizar a la población un líquido apto para el consumo humano, que garantice la salud de los consumidores, para ello es necesario conocer la calidad de agua con la que se cuenta en las vertientes, así como también la calidad de agua que se da a la ciudadanía de la comunidad de Caguazhún Grande perteneciente al cantón Gualaceo provincia del Azuay, luego de potabilizarla, siendo necesario presentar un análisis de la calidad de los servicios que se entregan a los usuarios, por otra parte poner en conocimiento de los administradores una propuesta dependiendo de cada caso para mejorar la administración, operación y mantenimiento del sistema.

Otro aspecto en el que se trabajará en forma conjunta con los usuarios es en el diseño de estrategias de crecimiento ordenado, planificado y controlado en la zona entre los propietarios, usuarios y otros beneficiarios de los recursos existentes o que en el futuro podrían incluirse y evitar la contaminación de las fuentes de agua y otros recursos.

El proceso de desarrollo de este trabajo está íntimamente ligado al establecimiento de la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento y de la calidad del agua entregada a los usuarios, a las actividades por realizar, la supervisión y control de quienes forman parte de la formulación del estudio. La propuesta final, facilitará a los involucrados alcanzar las soluciones que se realicen de forma adecuada y con el menor contratiempo posible, de forma conjunta establecer mecanismos que nos permitan eliminar la contaminación de las fuentes hídricas y garantizar una dotación de agua segura para el consumo.

El presente estudio tiene el interés de garantizar desde el punto de vista de integralidad, coherencia e interrelación dentro del entorno económico. Tiene también como finalidad reunir la información determinante para decidir las acciones a tomar respecto al fin último que es identificar, mejorar y disponer

de una base de información real de los estados y condiciones de las fuentes de abastecimiento y la calidad del servicio de agua que utiliza la Comunidad de Caguazhun Grande perteneciente al cantón Gualaceo.

El Capítulo primero de la Tesis trata sobre el Marco Contextual de la Investigación, realizándose el análisis y síntesis de la situación actual de la problemática; el problema de investigación; la delimitación del problema; su justificación; los cambios esperados al aplicar la Propuesta del estudio; incluyendo también los objetivos general y específicos.

El Capítulo segundo abarca al Marco Teórico de la investigación, que se elaboró, considerando los objetivos específicos y por lo tanto, a las variables del estudio, fundamentándose teóricamente las variables y operacionalizándolas.

El Capítulo tercero contiene la Metodología de la Investigación, describiéndose los Métodos y Técnicas utilizados en el logro de los objetivos específicos. Se construye, metodológicamente el objeto de Investigación y la forma en que se elaboró el Marco Teórico. También se describe la manera de recolección, análisis e interpretación de los datos y la construcción del informe de investigación.

El Capítulo cuarto, uno de los clave en el estudio, contiene la exposición, análisis e interpretación de los datos, así como verificando la misma estadísticamente, para su aceptación o rechazo.

En el Capítulo quinto se exponen las conclusiones, con base en los objetivos específicos y, las recomendaciones de la investigación, haciendo énfasis estas últimas en la implementación de la Propuesta del estudio.

En el Capítulo sexto se presenta el diseño de la Propuesta titulada, Plan de Manejo para propiciar el mejoramiento de la calidad del agua de consumo

humano que emerge de la planta potabilizadora de la comunidad Caguazhun Grande, Gualaceo, Azuay.

CAPÍTULO I
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

*Gota a gota el
agua se agota*

1.1 UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La comunidad de Caguazhun Grande, perteneciente al cantón Gualaceo, provincia del Azuay se localiza a 10 km aproximadamente del centro Cantonal en dirección Nor – Oeste, a 35 km de Cuenca, la capital provincial, con las siguientes características:

- Altura: 2 900 a 3 100 m.s.n.m.
- Temperatura media anual: 13 °C
- Precipitación media anual: 800 mm

La comunidad se encuentra conformada por aproximadamente 150 familias con un promedio de 4 miembros por familia ocupando una superficie 120 ha. La comunidad de Caguazhun es una de las más pobres del cantón Gualaceo y sus principales fuentes de ingreso son la agricultura y la albañilería¹.

En la actualidad por el avance de la frontera agrícola las fuentes de agua que alimentan al sistema de agua potable a sufrido serios grados de contaminación, razón por la cual es urgente determinar la calidad del agua e implantar un plan de manejo que garantice a la población involucrada un servicio de calidad.

Por ello se pretende desarrollar el presente trabajo tomando como punto de partida que Caguazhun es una de las comunidades que posee mayor porcentaje de población indígena, que no ha tenido oportunidad de incorporarse a programas efectivos que promuevan el manejo adecuado de los recursos hídricos, esto ha provocado que no tengan oportunidad de mejorar su calidad de vida.

¹ ILUSTRE MUNICIPIO DE GUALACEO (2006).

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

Actualmente la comunidad de Caguazhún posee un sistema de potabilización deficiente ya que es un sistema que fue construido en el año de 1988 por el programa (Ayuda en Acción), en el año 1998 fue realizado un mejoramiento a través del (Plan Internacional), desde entonces el sistema no ha recibido intervención alguna, encontrándose al momento en condiciones no óptimas, este problema se agrava mucho más por la excesiva contaminación que han sufrido las fuentes de agua que alimentan a esta planta potabilizadora, principalmente por excrementos de animales y por el avance de la frontera agrícola, siendo todos estos aspectos indicadores visibles de que el sistema de potabilización del agua existente no es el adecuado.

Los principales factores que intervienen en la contaminación de las fuentes, se enuncian a continuación:

- Fertilizantes orgánicos y principalmente inorgánicos que se utilizan en la agricultura sin ningún criterio técnico ni medio de control, tanto para la dosificación como para el uso. Si bien es cierto que los fertilizantes químicos aumentan el rendimiento de las tierras de cultivo, pero su uso repetido conduce a la contaminación de los suelos, aire y agua. Además de ello los fosfatos y nitratos son arrastrados por las aguas superficiales hacia las fuentes que llevan hacia la captación en donde producen eutrofización. Los pesticidas minerales u orgánicos utilizados para proteger los cultivos generan contaminación a los suelos y a la biomasa.
- Metales pesados arrastrados por el agua de lluvia. También los suelos están expuestos a ser contaminados a través de las lluvias que arrastran como el plomo, cadmio, mercurio y molibdeno, así como, sulfatos y nitratos.

- Descargas de las heces fecales y orina de los animales que son criados cerca de las fuentes, por la falta de conocimiento de los pobladores y que también son arrastradas por el agua de lluvia.

El presente estudio busca determinar el grado de contaminación que enfrenta en la actualidad las fuentes de agua y concienciar a la población acerca de la importancia que tiene el recurso agua, garantizando de esta forma un mejor estilo y calidad de vida de la población de la comunidad de Caguazhun.

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo inciden los diferentes contaminantes de las fuentes de agua de la comunidad de Caguazhun Grande en la calidad del agua potable que produce su planta de tratamiento?

1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Campo:	Recursos Naturales No Renovables
Área:	Recursos Hídricos
Aspecto:	Manejo del Agua
Lugar:	Comunidad de Caguazhun Grande
Tiempo	En el segundo cuatrimestre del año 2010

1.5. JUSTIFICACIÓN

Al evaluar el sistema de agua potable de la Comunidad de Caguazhun Grande podremos identificar la calidad de sus vertientes, la eficacia de la planta y utilización de los recursos naturales existentes. La forma de uso y la aplicación de medios aptos para el tratamiento de potabilización del agua. El presente estudio permitirá identificar la calidad de las fuentes en diferentes parámetros, a fin de que puedan establecerse correctivos, tanto en las áreas administrativas, operativas, de mantenimiento y en sus modelos de intervención.

La propuesta persigue en primer lugar, evaluar y determinar las condiciones físicas y químicas del sistema de agua potable y de las vertientes que poseen la comunidad de Caguazhun Grande, para ello se realizarán análisis en los laboratorios de la EMAPAL (Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental del Cantón Azoguez), el trabajo irá enfocado a verificar la calidad del agua de las vertientes así como la calidad del agua luego de su supuesta potabilización.

Así también es importante que la población de la comunidad involucrada conozca y se concientice de la importancia que significa la protección y conservación de los recursos naturales, tal es el caso del agua que es el líquido vital para la vida, que cada día va en escases por la falta de protección de las fuentes hídricas por la intervención de la mano del hombre (Deforestación, avance de la frontera agrícola, etc.)

Con esta perspectiva, el desarrollo del presente estudio, pretende crear una herramienta de gestión en la cual se involucre a la comunidad, dirigentes y gobiernos locales de distinta jerarquía, para que su operativización sea ejecutable al mayor porcentaje posible y en el menor tiempo, logrando una mejor calidad de vida para la población de la comunidad de Caguazhun Grande.

De verificarse la hipótesis de investigación, habrá que considerar en la Propuesta de Mitigación, el mejoramiento de los sistemas de tratamiento con que cuenta la planta de tratamiento de agua de la comunidad bajo estudio.

Al presente estudio se le atribuye, como utilidad práctica, el hecho de que sus resultados y por lo tanto, Propuesta, benefician a la población de la comunidad Caguazhun Grande, contabilizada en más de 500 personas; propiciándose el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano e, incrementándose la calidad de vida de la población, particularmente en el

aspecto de la salud de sectores vulnerables como niños y personas de la tercera edad.

1.6. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN

Con la implementación de la propuesta para la determinación de la calidad de agua de las fuentes que alimentan a la planta de potabilización de agua perteneciente a la comunidad de Caguazhún, se apuntalará a un nudo crítico identificado que es el deficiente tratamiento del agua para el consumo humano y la contaminación de sus vertientes, al realizar el presente estudio se generaran aspectos que beneficiarán a los pobladores:

- Integración e involucramiento de varios actores relacionados a la temática propuesta para que apoyen el proceso de mejoramiento de la potabilización del agua en la comunidad.
- Incorporación en la población la educación ambiental para el manejo adecuado y protección del recurso agua.
- Aplicando adecuada herramienta de gestión que permita un eficiente manejo del recurso hídrico y mejorar las condiciones del entorno natural y de salubridad de la población.

El presente estudio permitió poseer datos técnicos que permitan conocer la calidad de agua que ingresa a la planta de tratamiento, y la calidad de agua que sale de la planta hasta llegar a su destino final, esto permitirá dar las recomendaciones necesarias para mejorar el tratamiento y garantizar un líquido de calidad para el consumo humano.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. General

Evaluar la incidencia de los diferentes contaminantes de las fuentes de agua de la comunidad de Caguazhun Grande en la calidad del agua potable que produce su planta de tratamiento.

1.7.2. Específicos

- Identificar las vías de contaminación de las fuentes de agua que abastecen a la comunidad a través de la planta de tratamiento.
- Cuantificar los diferentes contaminantes componentes del agua cruda proveniente de las fuentes y que son tratadas en la planta de Caguazhun Grande.
- Evaluar la calidad del agua potable producida en la planta de tratamiento, que es consumida por la población de Caguazhun Grande.
- Determinar las eficiencias de remoción de contaminantes de la planta de tratamiento.
- Elaborar un Plan de Manejo para propiciar el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano que emerge de la planta potabilizadora de la comunidad Caguazhun Grande.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

*El agua es vida, si la
cuidas te cuidas*

2.1. ANTECEDENTES DEL TEMA A INVESTIGAR

Una de las mayores preocupaciones en la historia de la humanidad ha sido el procurarse agua lo más pura y limpia posible. La historia del agua potable es muy remota. En Siria y Babilonia se construyeron conducciones de albañilería y acueductos para acercar el agua desde sus fuentes a lugares próximos a las viviendas. Los antiguos pueblos orientales usaban arena y barro poroso para filtrar el agua, también en Europa los romanos construyeron una red de acueductos y estanques e instalaron filtros para obtener agua de mayor calidad².

Hay registrados métodos para mejorar el sabor y olor del agua 4 000 años antes de Cristo. Escritos griegos antiguos, recomendaban métodos de tratamiento tales como filtración a través de carbón, exposición a los rayos solares y ebullición.

En el antiguo Egipto dejaban reposar el agua en vasijas de barro durante varios meses para dejar precipitar las partículas e impurezas, y mediante un sifón extraían el agua de la parte superior (decantación), en otras ocasiones incorporaban ciertas sustancias minerales y extractos vegetales para facilitar la precipitación de partículas y clarificar el agua (coagulación)³. En los comienzos del 1500 antes de Cristo, se tiene referencias de que los egipcios usaban para lograr precipitar las partículas suspendidas en el agua.

Ya en el siglo XVII de nuestra época se estableció la filtración como un efectivo medio para eliminar partículas del agua, aunque el grado de claridad conseguido no era medible en esta época. Al comienzo del siglo XVIII empezó a usarse de forma más regular la filtración lenta sobre arena.

² BERIOS, H. L. (2009). *La historia del agua potable*. Ed. Limusa, Córdoba, Argentina.

³ CANDILL, S.A. y HELLER, E. K. (2007). *Métodos de potabilización de agua*. Ed. Prentice – Hall, Londres, Reino Unido.

Durante la segunda mitad de este siglo XVIII, los científicos alcanzaron grandes conocimientos sobre las fuentes y efectos de los contaminantes del agua potable (en 1855 se probó que el cólera era una enfermedad de transmisión hídrica al relacionarse con el brote surgido en Londres a consecuencia de la contaminación de un pozo público por aguas residuales)⁴.

En 1880 Pasteur explicó como organismos microscópicos podían transmitir enfermedades a través del agua. En el siglo XX se descubrió que la turbiedad del agua no era solo un problema estético; las partículas en las fuentes del agua tales como la materia fecal, podría servir de refugio a los patógenos. Así como la filtración se mostró como un método de tratamiento efectivo para reducir la turbiedad, desinfectantes como el cloro jugaron un gran papel en la reducción del número de brotes epidémicos en los comienzos del siglo XX. En 1908 se empleó el cloro por primera vez como un desinfectante primario del agua potable de New Jersey. Otro desinfectante como el ozono, también empezó a emplearse por estas fechas en Europa⁴.

Los más recientes avances en el tratamiento del agua han sido las mejoras alcanzadas en el desarrollo de membranas para osmosis inversa y otras técnicas como la ozonización y otras relativas a la eliminación de los cada vez mayor número y cantidad de contaminantes encontrados en el agua potable.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Contaminación de fuentes de agua

El agua es el elemento más abundante del planeta. Se calcula que la Tierra mide unos 510 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales unos 365

⁴ COUNCIL, R. P. (2003). *El agua y las enfermedades: Recorrido histórico*. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.

millones se encuentran cubiertos por los océanos y mares. Ellos representan el 97% del agua del planeta. El restante 3% se reparte en lagos y ríos. Aunque esta cantidad de agua dulce parece pequeña, es fundamental para la vida animal y vegetal.

El agua de lagos y ríos y vertientes se llama "dulce" para diferenciarla del agua salada de los mares, aunque en realidad el agua pura es incolora, inodora e insípida (sin color, sabor, ni olor). En el ambiente acuático (tanto de agua salada como dulce) vive una enorme cantidad de organismos vivos, como peces y vegetales (algas). Además el agua es indispensable en la supervivencia de casi todos los organismos vivos del planeta.

La contaminación del agua atenta no sólo contra la supervivencia de los seres que habitan en ella, sino también contra quienes beben de las fuentes contaminadas, sean seres humanos, animales o plantas. Existen básicamente dos formas de contaminación del agua, las de causa natural y las generadas por el hombre. Agua cruda es la que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido tratamiento alguno para modificar sus características físicas, químicas o microbiológicas⁵.

2.2.2. Agua potable

Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido modificadas mediante tratamiento, a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

El límite máximo permisible representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para el consumo humano².

⁵ INEN (2005). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE 1108. Agua Potable. Requisitos*. Quito, Ecuador.

2.2.3. Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original⁶.

2.2.4. Contaminación del agua y sus consecuencias

La contaminación de los mares, lagos y ríos atenta contra la supervivencia de ecosistemas que en ellos habitan, además de ser un peligro para la salud humana, ya sea por la ingesta directa de agua contaminada o por el consumo de animales (peces, moluscos) contaminados. Las principales fuentes de contaminación en estas áreas son⁷:

- Derrames de petróleo (mareas negras) por hundimiento o accidentes de barcos petroleros. Ocasionan la muerte por envenenamiento de aves y peces, muerte de aves por impregnación de sus cuerpos, lo que implica la imposibilidad de desplazarse, afectan el desarrollo de las algas y de otras plantas que habitan en el fondo del mar, ya que el petróleo derramado les impide llevar a cabo la fotosíntesis.
- Productos químicos de desechos industriales, llamados hoy en día RILES, también detergentes y otros tipos similares de desechos domésticos (lava lozas, cloro, champús, etc.).
- Dependiendo del tipo específico de los desechos pueden ocasionar envenenamiento de especies, deterioro de las algas, absorción de materias tóxicas por parte de moluscos, ocasionando intoxicación cuando estos son consumidos por los humanos (el mercurio por ejemplo).

⁶ TULAS (2002). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua Libro VI, Anexo 1, Quito, Ecuador.

⁷ GRANDA, A. DUBLY, A. BORJA, G. (2004). *Agua, Vida y Conflicto*. Corporación Editora Nacional, Comisión Ecuménica de Derechos Humanos, Quito.

- Nutrientes vegetales, como por ejemplo las aguas de alcantarillados. Los desechos de excrementos y orines humanos contienen elementos que propician el crecimiento exagerado de la población vegetal, principalmente en lagunas o lagos, esto ocasiona un oscurecimiento del medio acuático con el consiguiente deterioro para peces y otras especies. Este tipo de contaminación también genera malos olores y un aspecto desagradable del entorno acuático.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por lluvias desde suelos de cultivo, áreas erosionadas, explotaciones mineras, carreteras, etc.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor transmitido también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.
- Contaminación por filtraciones de napas subterráneas desde basurales o desechos tóxicos enterrados.
- El vertido indiscriminado de basura no biodegradable en ríos, lagos, y mares ocasiona no sólo un daño estético sino además un perjuicio inimaginable en los animales, los cuales sufren de muerte por ingesta de materiales como botellas, pañales desechables; asfixia por enredamiento en bolsas plásticas; cortes por latas y vidrios.
- La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo.

2.2.5. Principales fuentes de contaminación del agua y alternativas de control

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas. La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. En los países más desarrollados, durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas⁸.

En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación; el tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado.

La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costos operativos de una planta depuradora. Este tipo de tratamiento de aguas servidas es escaso en el país, en el que en la mayoría de los casos los desechos de los alcantarillados son vertidos directamente en los ríos y en ocasiones, en el mar.

⁸ KENDALL, K. L. (2007). *All about water quality*. Journal of Chemical Education. Vol. III, No. 2. New York, U.S.A.

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

La agricultura, la ganadería comercial y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en la tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales.

2.2.6. El control de la contaminación a micro escala

Si bien es cierto que la responsabilidad principal del control de la contaminación recae en los gobiernos y empresas que generan la mayor cantidad de contaminación, no es menos relevante la responsabilidad que le cabe a cada ser humano en la preservación del agua y los sistemas acuáticos⁹.

⁹ GAINS, Y. S. (2008). *Water Pollution Control Systems*. Ed. Elsevier, Yale, U.S.A.

Algunas de las acciones que se pueden ejecutar para no contaminar son:

- Reducir al máximo el consumo detergentes y lava lozas.
- Esto no significa no lavar la ropa, sino, por ejemplo, utilizar la misma mezcla para más de un lavado. Así estaríamos reduciendo a la mitad el detergente vertido en el alcantarillado.
- No verter en la taza del baño o lavaplatos restos de diluyentes, pinturas, combustibles (parafina por ejemplo), remedios, ni ningún tipo de sustancia química.
- No arrojar a la taza del baño papel higiénico, pañales o toallas desechables.
- No botar basura en playas, ríos, lagos, ni en ningún lugar no indicado para esto.
- Reciclar al máximo todo tipo de basura.
- Conversar con nuestros padres, amigos, hermanos menores sobre la importancia de cuidar el agua y todo nuestro entorno familiar. Debatir al respecto buscando nuevas formas de contribuir a la no contaminación.

2.2.7. Calidad del agua potable

2.2.7.1. Clasificación

El Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria³ establece criterios de calidad para el agua, según sus usos, clasificándolos de la siguiente forma:

- a) Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- b) Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
- c) Criterios de calidad para aguas subterráneas.
- d) Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
- e) Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.

- f) Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
- g) Criterios de calidad para aguas de uso estético.
- h) Criterios de calidad para aguas utilizadas para transporte.
- i) Criterios de calidad para aguas de uso industrial.

Según los propósitos del presente trabajo, es de interés el manejo de los criterios del literal (a), es decir, para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.

2.2.7.2. Características

En tal caso, la legislación mencionada establece los límites de calidad, según se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	NMP/100 ml		3 000
Conformes Fecales	NMP/100 ml		600
Color	Color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Bifenilo policlorados	Concentración PCBs	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6 – 9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural + o – 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5

Turbiedad		UTN	100
Cinc	Zn	mg/l	5,0
*Productos para la Desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000

Fuente: TULAS (2002). Quito, Ecuador

2.2.8. Tratamiento o potabilización del agua

Los cuatro objetivos generales del tratamiento del agua potable son:

- La eliminación de cualquier materia tóxica o que provoque riesgos a la salud.
- La eliminación o inhibición de los organismos causantes de enfermedades.
- La obtención de un agua de calidad consistente y estable.
- La mejora de la aceptación estética del agua por el consumidor.

Las buenas prácticas de la ingeniería hacen que se logren estos objetivos con un factor razonable de seguridad y a un coste también razonable. Definir los objetivos del tratamiento y seleccionar las tecnologías apropiadas de control requiere ocho consideraciones básicas:

- Requisitos del efluente.
- Cantidad adecuada a tratar.
- Características de la fuente de suministro de agua.
- Costo de la configuración del sistema existente.
- Requisitos operativos.
- Componentes del pre-tratamiento y del pos-tratamiento.
- Gestión de los residuos.
- Necesidades futuras de servicio.

Al ser el agua uno de los compuestos con mayor importancia para el ser humano, este se ve obligado a quitarle a la madre naturaleza, una vez más, uno de sus frutos más valiosos, el líquido vida.

El desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso que dicha agua requerirá de una serie de correcciones y tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre.

De aquí, destacar la gran importancia que tiene la potabilidad del agua, ya que agua en mal estado o simplemente con sustancias nocivas para el hombre pero inherentes en ella, pueden provocar, como ya se ha visto en numerosas ocasiones, enfermedades tales como la difteria.

En general las aguas son sometidas a un conjunto de operaciones y tratamientos por tal de que sean aptas para el consumo humano o para determinadas aplicaciones industriales.

El agua suministrada al público debe estar libre de impurezas, las cuales pueden ser insolubles (arcilla, sedimentos...) o solubles (contaminantes agrícolas o industriales). Todas estas impurezas deben reducirse a cantidades seguras, antes de que el agua sea enviada a las casas y fábricas. Los tratamientos empleados para reducir las impurezas pueden ser de naturaleza física, química o bacteriológica:

- El tratamiento físico consistiría en someter al agua a decantación, natural o acelerada con agentes de floculación y posteriormente a

filtración, mediante lechos filtrantes de arena o de carbón. Las aguas poco turbias pueden ser sometidas directamente a filtración sin la necesidad de pasar por la decantación.

- El tratamiento químico se lleva a cabo por tal de mejorar los caracteres químicos del agua y consiste en efectuar la decantación con una cantidad conveniente de calcio, por tal de reducir la dureza temporal o carbónica, seguida de un control final del pH.
- El tratamiento bacteriológico se realiza generalmente por oxidación, ya sea directa o con gas cloro debidamente regulado. La posibilidad de dejar en el agua una pequeña dosis de cloro libre, garantiza su total potabilidad bacteriológica al llegar a los consumidores, aunque en la red de distribución pueda haber puntos de contaminación. Por tal de evitar el gusto desagradable del cloro, hoy en día se estudia la posibilidad de la ozonización.

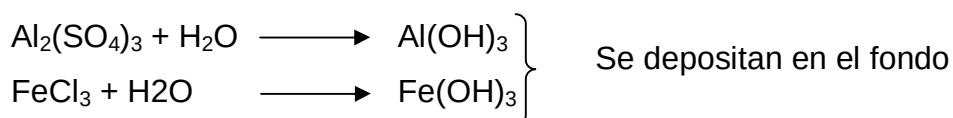
En estos tratamientos, los procesos más usados son:

a) Filtración

Desde objetos tales como ramas de árbol, hasta partículas cualesquiera. Y la filtración propiamente dicha que se lleva a cabo mediante filtros de arena.

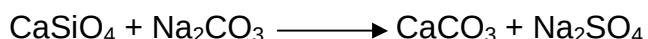
b) Floculación

Se realiza a fin de eliminar las partículas en suspensión coloidal. Para facilitar este proceso se añade una pequeña cantidad de sulfato de aluminio o de cloruro férrico en medio ligeramente básico. Estas sustancias provocan la precipitación de los hidróxidos correspondientes y que por sí mismas no sedimentarían:



c) Eliminación de sales disueltas

También llamada ablandamiento del agua y que consiste en la eliminación de los iones Ca y Mg por precipitación o por intercambio iónico, añadiendo carbonato de sodio para cambiar los iones calcio o magnesio por iones sodio.



Esta reacción, es seguida de una filtración para separar los precipitados formados.

d) Esterilización

Se realiza mediante cloración, hasta alcanzar concentraciones de cloro de 0,1 a 0,2 ppm (partes por millón) ya que concentraciones superiores a 0,4 ppm comunican sabor al agua. La esterilización puede efectuarse también mediante ozono (O₃) o radiaciones ultravioletas, para eliminar bacterias o sustancias nocivas.

En la planta, para tratar agua turbia y con partículas grandes en suspensión, un flujograma más general es como sigue:

- a) Captación: El proceso comienza con la captación del agua del río, que se lleva a cabo mediante unas rejillas de captación de unos 8 mm, suficientes para que entre bastante caudal pero no tierra ni grandes cuerpos en suspensión.
- b) Pre-cloración: se le añade cloro al agua para eliminar amoníaco y para evitar la formación de algas. El cloro se encuentra en unos tanques en estado líquido, mediante unas resistencias pasa a gas y entonces se le añade al agua.

- c) Cámaras desa-renadoras: al agrandar la sección de paso del agua, ésta pierde velocidad y esto permite que la arena y las partículas más grandes se depositen.
- d) Como el agua ya no contiene arena se puede bombear más fácilmente, llegando por su propio desnivel a;
- e) Cámara de mezcla: el agua está turbia y para depositar las partículas (muy pequeñas) que le dan tono opaco, se sigue el proceso de floculación, ya comentado antes:
 - adición sulfato de aluminio
 - adición cloruro de hierro.
- f) Decantadores: los correspondientes hidróxidos que se han formado se sedimentan en los decantadores, quedando el agua sin turbiedad.

Si el agua a tratar no es turbia pero tampoco cristalina:

- a) Filtros de arena: después de los procesos de floculación y sedimentación, el agua acaba su proceso de aclaración pasando a través de un lecho de arena de unos 60 cm de espesor, de manera que pierda las pequeñas partículas en suspensión que le queden.
- b) Galería de Control de Filtros: donde se encuentran una serie de controladores de la presión que sirven para saber cómo están los filtros de llenos.

En el caso de agua clara pero con disoluciones detergentes y orgánicas:

- a) Instalación de ozonización: en la Planta no hay tanques que contengan ozono, sino que tienen que producirlo ellos: cogen aire de la atmósfera, lo secan y le transmiten una diferencia de potencial de

unos 12000 V para que las moléculas de O_2 se separen y en unirse se obtengan moléculas de ozono (O_3), que se concentrará en el aire en un 4,5%. Posteriormente este ozono se suelta en el agua donde reacciona rápidamente destruyendo los componentes orgánicos.

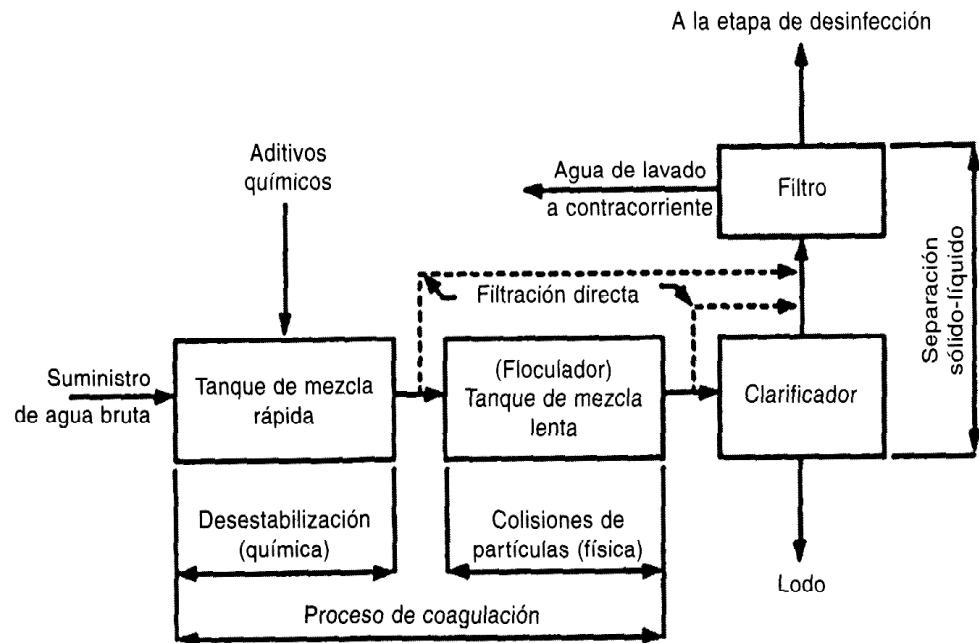
- b) Filtros de carbón activado: el carbón activo, que actúa de forma parecida a los filtros del tabaco, tiene la capacidad de coger partículas de tamaños muy pequeños, tales como las sustancias orgánicas o los detergentes.
- c) Destacar que este carbón se regenera con bastante frecuencia en los llamados hornos de regeneración, de modo que se recupera casi el 90% del carbón usado, que se renovará pasados 3 años.
- d) Poscloración: el agua ya está completamente limpia, pero para su total potabilidad y sobre todo por seguridad, se hace una última cloración, de manera que llegue en perfectas condiciones a los usuarios.

A partir de aquí, el agua ya está en perfectas condiciones para su consumo en las ciudades o zonas industriales, pero antes de que se pueda hacer uso de este recurso tan valioso, el agua ha de llegar hasta los hogares y establecimientos en general.

Es por eso, que al salir de la planta potabilizadora, el agua es bombeada para su posterior almacenaje en los llamados depósitos de servicio. Estos depósitos están situados a determinadas alturas, las suficientes para que el agua, siguiendo el principio de los vasos comunicantes, llegue a todas las casas.

En las Figuras 2.1 y 2.2 se presentan esquemas típicos de plantas potabilizadoras de agua.

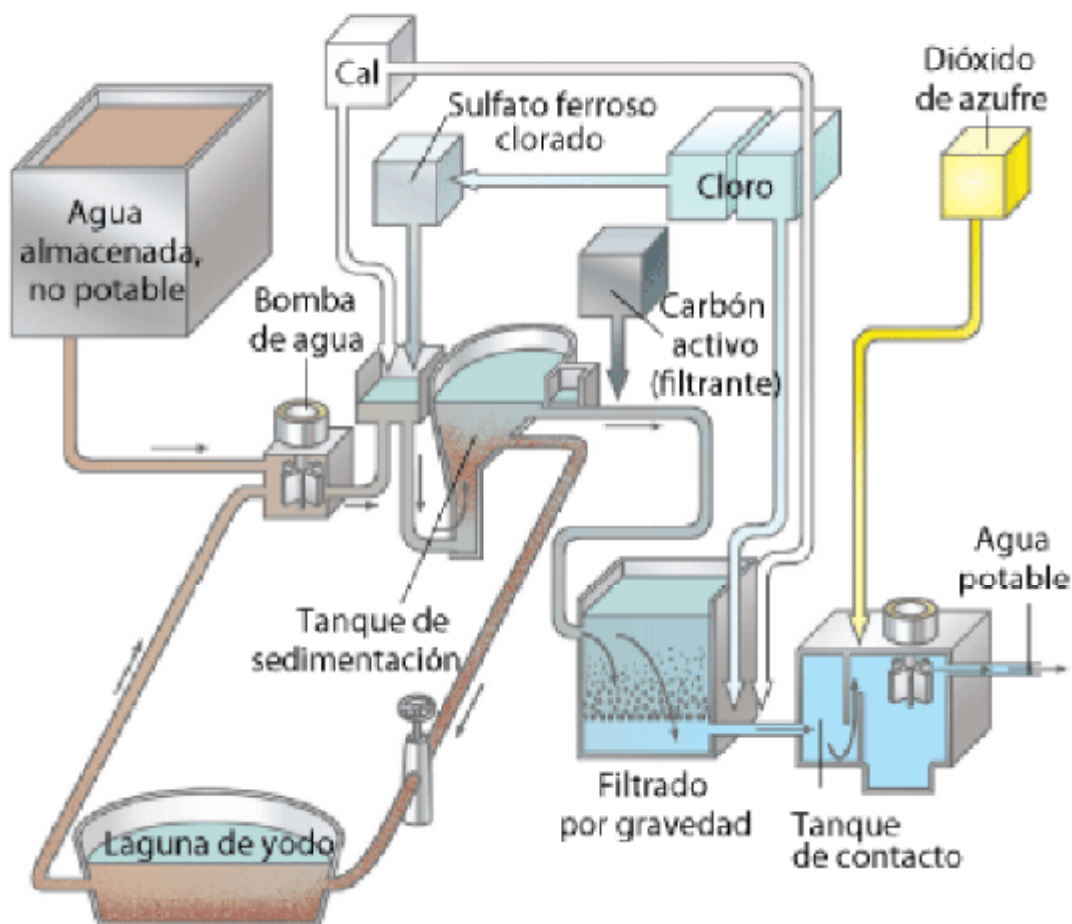
Figura 2.1. Diagrama de flujo típico de una planta potabilizadora de agua¹⁰.



Fuente: CORBITT, R. A. (2003). Madrid, España.

¹⁰ CORBITT, R. A. (2003). *Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental*. Ed. McGraw – Hill, Madrid, España.

Figura 2.2. Esquema típico de una planta potabilizadora de agua (tercera dimensión).



Fuente: GAINS, Y. S. (2008). Yale, U.S.A.

2.2.9. Modelo de Calidad del Agua (ICAGUA)

La manera más sencilla y práctica de modelar la calidad del agua consiste en la definición de índices o razones de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación operacional, comparados con otra situación que se considere admisible o deseable y que viene definida por determinados estándares o criterios.

Los parámetros más frecuentemente admitidos y utilizados son: DBO, sólidos totales (ST), disueltos (SDT) y en suspensión (SST); compuestos de

nitrógeno, fósforo, azufre y cloro; PH; dureza; turbidez: conductividad; elementos tóxicos; y elementos patógenos.

En relación con los usos, los parámetros más típicos son:

- Uso doméstico

- ❖ Turbidez.
- ❖ Dureza.
- ❖ Sólidos disueltos.
- ❖ Tóxicos.
- ❖ Coliformes.

- Uso industrial

- ❖ Sólidos disueltos.
- ❖ Sólidos suspendidos.

- Para riego

- ❖ Sólidos disueltos.
- ❖ Conductividad.
- ❖ Contenido de sodio.
- ❖ Contenido de calcio.
- ❖ Contenido de magnesio.

- Para recreación

- ❖ Turbidez.
- ❖ Tóxicos.
- ❖ Coliformes.

- Vida acuática

- ❖ Oxígeno disuelto.
- ❖ Compuestos órgano clorados.

Mediante el empleo de modelos de difusión físico-matemáticos del vertido en lagos, ríos, estuarios y mares, se puede modelar el impacto ambiental que una o varias actividades causan en el área afectada objeto de estudio, o sea se puede determinar la concentración de los distintos parámetros en un punto, alejado del foco emisor o del punto de venido.

Se adopta internacionalmente como indicador general, el índice de Calidad del Agua (ICA), que proporciona un valor global de la calidad del agua, incorporando los valores individuales de una serie de parámetros.

$$ICAGUA = K \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Donde:

C_i = valor porcentual asignado a los parámetros (Tabla 2.3).

P_i = peso asignado a cada parámetro.

K = constante que toma los siguientes valores:

- $K = 1,00$ para aguas claras sin aparente contaminación.
- $K = 0,75$ para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparentemente no natural.
- $K = 0,50$ para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor.
- $K = 0,25$ para aguas negras que presenten fermentaciones y olores.

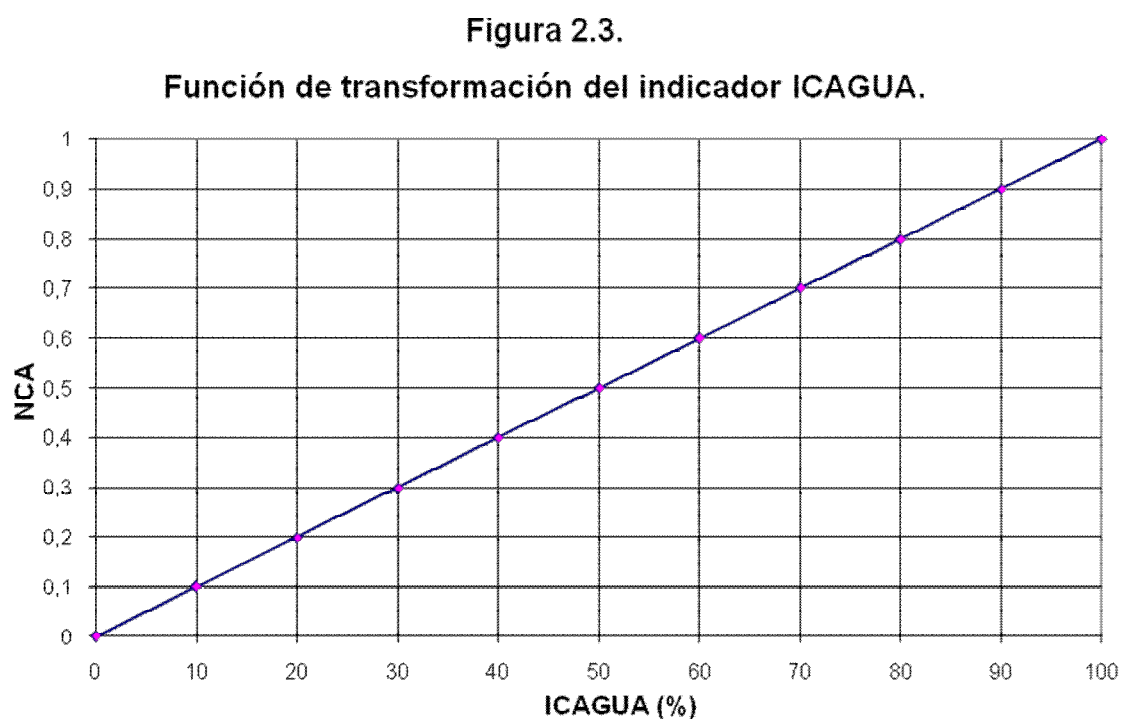
Para la constante K , típica de cada curso de agua, los valores podrán considerarse intermedios entre los anteriores.

Los valores de calidad de los distintos parámetros, expresados en la Tabla 2.3¹¹, son genéricos y por tanto susceptibles de conducir a error, cuando se trata de determinar la calidad del agua para un uso específico. Se

¹¹ CONESA, V. (1997). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ed. Mundi – Prensa. Madrid, España.

recomienda la consulta de tratados especializados, en los que de manera detallada se establecen los límites de las concentraciones de los distintos compuestos, pudiendo a partir de ellos confeccionarse una tabla de valores porcentuales.

Para la determinación del Nivel de Calidad Ambiental (NCA), se emplea la función de transformación⁸ del ICAGUA (Figura 2.3) y los criterios mostrados en la Tabla 2.2.



Fuente: CONESA, V. (1997). Madrid, España.

Tabla 2.2. Evaluación del Nivel de Calidad Ambiental.

VALOR DEL NCA	EVALUACIÓN DEL NCA
0,00 – 0,20	Muy mala
0,21 – 0,40	Malo
0,41 – 0,60	Regular
0,61 – 0,80	Bueno
0,81 – 0,90	Muy bueno
0,91 – 1,00	Excelente

Fuente: LEIVA, 2009. Los Ríos.

Tabla 2.3. Datos para el cálculo del ICAGUA.

PARÁMETRO	pH	Conduc- Tividad	O ₂ disuelto	Reducción del permanganato	Coli- formas Totales	Coli- formas Fecales	N amonio	Cloruros	Temp.	Deter- gentes	Aspecto	Valoración porcentual
VALOR ANALÍTICO	1- 14	> 16000	0	> 15	>14000	> 2333	> 1,25	> 1500	>50 y <-8	> 3,00	Pésimo	0
	2- 13	12000	1	12	10000	1667	1,00	1000	45 a -6	2,00	Muy malo	10
	3- 12	8000	2	10	7000	1167	0,75	700	40 a -4	1,50	Malo	20
	4- 11	5000	3	8	5000	833	0,50	500	36 a -2	1,00	Desagradable	30
	5- 10	3000	3,5	6	4000	667	0,40	300	32 a 0	0,75	Impropio	40
	6- 9,5	2500	4	5	3000	500	0,30	200	30 a 5	0,50	Normal	50
	6,5	2000	5	4	2000	333	0,20	150	28 a 10	0,25	Aceptable	60
	9	1500	6	3	1500	250	0,10	100	26 a 12	0,10	Agradable	70
	8,5	1250	6,5	2	1000	167	0,05	50	24 a 14	0,06	Bueno	80
	8	1000	7	1	500	83	0,03	25	22 a 15	0,02	Muy bueno	90
	7	< 750	7,5	< 0,5	< 50	< 8	0	0	21 a 16	0	Excelente	100
			mg/dm ³	mg/dm ³	NMP/0,1dm ³	NMP/0,1dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	°C	mg/dm ³	Subjetiva	%
	Unidad de medida											
	Peso	1	4	3	3	4	3	1	1	4	1	-----
Los valores analíticos que corresponden a un valor porcentual menor que 50, se entienden como no permisibles. Se precisarán medidas correctoras.												
PARÁMETRO	Dureza	SDT	Plagui- cidas	Grasas y aceites	Sulfatos	Nitrat os	Cianuros	Na	Ca	Valoración porcentual		
AN	> 1500	>20000	> 2	> 3	> 1500	> 100	> 1	> 500	> 1000	0		

	1000	10000	1	2	1000	50	0,6	300	600	10
	800	5000	0,4	1	600	20	0,5	250	500	20
	600	3000	0,2	0,60	400	15	0,4	200	400	30
	500	2000	0,1	0,30	250	10	0,3	150	300	40
	400	1500	0,05	0,15	150	8	0,2	100	200	50
	300	1000	0,025	0,08	100	6	0,1	75	150	60
	200	750	0,01	0,04	75	4	0,05	50	100	70
	100	500	0,005	0,02	50	2	0,02	25	50	80
	50	250	0,001	0,01	25	1	0,01	15	25	90
	<25	< 100	0	0	0	0	0	< 10	< 10	100
	mg CaCO ₃ /l	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	%
	1	2	2	2	2	2	2	1	1	-----
	Peso									

PARÁMETRO	Mg	Fosfatos	Nitritos	DBO ₅	Valoración porcentual
VALOR ANALÍTICO	> 500	> 500	> 1	>15	0
	300	300	0,50	12	10
	250	200	0,25	10	20
	200	100	0,20	8	30
	150	50	0,15	6	40
	100	30	0,10	5	50
	75	20	0,05	4	60
	50	10	0,025	3	70
	25	5	0,010	2	80
	15	1	0,005	1	90
	< 10	0	0	< 0,5	100
	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	%
Unidad de medida	1	1	2	3	-----
Peso					

Fuente: CONESA, V. (1997). Madrid, España.

2.3. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

Agua Cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas, (Visscher *et al.*, 1992)

Agua Potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. (Visscher *et al.*, 1992)

Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto. (Visscher *et al.*, 1992)

Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública. (Visscher *et al.*, 1992)

Dureza total. Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio. (Visscher *et al.*, 1992)

Contaminación del agua. Es la presencia en el agua de contaminante en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua. (Visscher *et al.*, 1992)

Límite máximo permisible. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apto para consumo humano. (Visscher *et al.*, 1992)

Efluente. Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad. (**Visscher et al., 1992**)

Pesticida o plaguicida. Los pesticidas son sustancias usadas para evitar, destruir, repeler o ejercer cualquier otro tipo de control de insectos, roedores, plantas, malezas indeseables u otras formas de vida inconvenientes. (**Vademecum 2009**)

MBAS, ABS . Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato. (**Visscher et al., 1992**)

Metales pesados. Metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación. (**Visscher et al., 1992**)

mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos. (**Visscher et al., 1992**)

Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano. (**Visscher et al., 1992**)

µg/l. (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos. (**Visscher et al., 1992**)

NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los Tubos múltiples. (**Visscher et al., 1992**)

Oxígeno disuelto. Es el oxígeno libre que se encuentra en el agua, vital para las formas de vida acuática y para la prevención de olores. (**Visscher et al., 1992**)

Sólidos totales disueltos. Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos. (Visscher *et al.*, 1992)

Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancia húmicas. (Visscher *et al.*, 1992)

UFC/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias. (Visscher *et al.*, 1992)

2.4. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

2.4.1. La Constitución Política del Estado 2008

La Constitución Política del Estado establece que:

“Hay que reconocer que por primera vez se eleva a los recursos hídricos a la categoría de patrimonio nacional estratégico, se establece el derecho humano al agua, se reconoce los derechos de la naturaleza, se plantean los temas de la equidad, el manejo sostenible de los recursos hídricos, el establecimiento de tarifas diferenciadas, la necesidad del fortalecimiento de las organizaciones de usuarios... poner fin a la concentración del agua en pocas manos...”¹²

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

¹² FORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. (2009). *Pronunciamiento ante el Proyecto de la Ley de Recursos Hídricos aprobado por la Comisión de Soberanía Alimentaria*. Ed. CAMAREM, Quito.

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias entorno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento

del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.

Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado.

Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptada por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley.

2.4.2. Ley de Aguas

A continuación se establece la concordancia entre la ley de aguas vigente codificada en el 2004 y el proyecto de nueva ley.

LEY DE AGUAS VIGENTE. Codificación 16, Registro Oficial 339 de 20 de Mayo del 2004.	PROYECTO DE NUEVA LEY (SENAGUA. 2009)
Art. 2.- Las aguas de ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes, y las subterráneas, afloradas o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son	Naturaleza jurídica. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, elemento del territorio, parte del patrimonio natural, dominio inalienable, imprescriptible del Estado y elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. No hay ni se reconoce ninguna forma de

susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación. No hay ni se reconoce derechos de dominio adquiridos sobre ellas y los preexistentes sólo se limitan a su uso en cuanto sea eficiente y de acuerdo con esta Ley.	apropiación o posesión individual o colectiva sobre el agua, cualquiera sea su estado. Los recursos hídricos, esto es los elementos naturales que constituyen el dominio hidráulico público, son parte del patrimonio natural del Estado y competencia exclusiva del Estado central.
Art. 14.- Sólo mediante concesión de un derecho de aprovechamiento, pueden utilizarse las aguas, a excepción de las que se requieran para servicio doméstico.	Garantía de derechos ya otorgados. La autoridad única del agua de conformidad con la ley, garantiza la permanencia de las actuales y futuras autorizaciones administrativas sobre el agua, base de la seguridad jurídica de la actual y futura gestión, sin perjuicio de una distribución y acceso más equitativo en virtud de la revisión de los existentes derechos de uso y aprovechamiento prevista en la vigésima séptima transitoria constitucional. Por el plazo de diez años a partir de su otorgamiento, se garantiza también la permanencia de los derechos administrativos de uso o aprovechamiento otorgados con anterioridad a esta ley y que se canjeen por autorizaciones, de

	conformidad con lo previsto en ésta.
Art. 36.- Las concesiones del derecho de aprovechamiento de agua se efectuarán de acuerdo al siguiente orden de preferencia: a) Para el abastecimiento de poblaciones, para necesidades domésticas y abrevadero de animales; b) Para agricultura y ganadería; c) Para usos energéticos, industriales y mineros; y, d) Para otros usos. En casos de emergencia social y mientras dure ésta, el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos podrá variar el orden antes mencionado, con excepción del señalado en el literal a).	Definición. El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable, principal condición del régimen del buen vivir o Sumak Kawsay, articulado a los derechos reconocidos constitucionalmente, en especial a los derechos a la vida, a la salud y a la alimentación. Ninguna persona, puede ser excluida o despojada de éste. Prioridades. De conformidad con la disposición constitucional, el orden de prioridad entre los diferentes destinos o funciones del agua es: 1. Consumo humano; 2. Riego, abrevadero de animales y acuicultura que garantice la soberanía alimentaria; 3. Caudal ecológico; 4. Actividades productivas; y 5. Actividades recreacionales y culturales.
Art. 39.- Las concesiones de agua para consumo humano, usos domésticos y saneamientos de poblaciones, se otorgarán a	Prohibición de privatización. El agua por su trascendencia para la vida, la economía y el ambiente, no pueden ser objeto de ningún acuerdo comercial, con gobierno, entidad multilateral o empresa

los Municipios, Consejos Provinciales, Organismos de Derecho Público o Privado y particulares, de acuerdo a las disposiciones de esta Ley.	extranjera alguna. Se prohíbe toda forma de privatización del agua, por lo tanto: 1. Toda delegación al sector privado de la gestión del agua o de alguna de las atribuciones asignadas constitucional o legalmente a la autoridad única del agua o a los gobiernos autónomos descentralizados, 2. La delegación de la prestación de servicios públicos relacionados con ella y la administración por parte de la iniciativa privada, de la economía popular o solidaria de estos servicios, no previstas en la norma constitucional o la ley; y ; 3. Cualquier otra forma que imponga un régimen económico basado exclusivamente en la inversión privada lucrativa para la gestión del agua o la prestación de los servicios públicos relacionados. Las instituciones del Estado en el ámbito de sus competencias, velarán por la racionalidad del uso o aprovechamiento del agua y por la legitimidad y legalidad de las autorizaciones y permisos para tales efectos.
Art. 42.- Se concederán derechos de	Calidad del agua. La protección y conservación de los

aprovechamiento de aguas para la generación de energía destinada a actividades industriales y mineras, especialmente a las contempladas en el Plan General de Desarrollo del País. Las aguas destinadas a la generación de energía y trabajos mineros, deberán ser devueltas a un cauce público, obligándose el concesionario a tratarlas, si el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos lo estimare necesario.	recursos hídricos para prevenir y controlar su deterioro, se orienta por los siguientes objetivos: a) Garantizar el derecho humano al agua; b) Garantizar el derecho a vivir en un medio ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación; c) Conservar y mejorar la calidad del agua; d) Evitar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo, de compuestos tóxicos, peligrosos, desechos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas; e) Evitar las actividades que puedan causar la degradación de la calidad del agua; y f) Garantizar los derechos reconocidos a la naturaleza y por tanto, la permanencia de las formas de vida. Quienes utilicen el agua en cualquiera de los destinos previstos en esta ley sacándolas de su cauce, deberán tratarla antes de descargarla. La autoridad competente no permitirá la descarga de agua que no haya sido previamente tratada.
---	---

	Gestión integrada e integral. Corresponde a la autoridad única del agua, responsable de su rectoría, planificación, gestión, regulación y control, la gestión integrada de los recursos hídricos y la gestión integral del agua por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas. La unidad de planificación y gestión de los recursos hídricos es, en su orden, el sistema de cuencas, la cuenca y la sub cuenca hidrográfica.
	Derecho a participar. Para fortalecer su identidad, cultura, tradiciones y derechos, las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas y afro ecuatorianas, de conformidad con el ordenamiento jurídico nacional y con los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos, ejercerán el derecho colectivo a participar en el uso, usufructo, administración y conservación del agua que fluya en sus tierras. Para el efecto, a través de los representantes de sus organizaciones y de conformidad con esta ley participarán en la administración comunitaria y

	conservación del agua que se encuentre en sus tierras, así como también, ser parte de las organizaciones de cuenca que se constituyan en las cuencas y subcuencas en que sus tierras se encuentran.
--	---

2.4.3. Ley de Gestión Ambiental¹³

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 3.- El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Art. 5.- Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales. En el sistema participará la sociedad civil de conformidad con esta Ley.

Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia, las siguientes:

f) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales.

¹³ CONGRESO NACIONAL. (1999). *Ley de Gestión Ambiental*. R.O. 245 de 30 de julio de 1999. Quito.

g) Garantizar el acceso de las personas naturales y jurídicas a la información previa a la toma de decisiones de la administración pública, relacionada con la protección del medio ambiente.

Art. 28.- Toda persona natural o jurídica tiene derecho a participar en la gestión ambiental, a través de los mecanismos que para el efecto establezca el Reglamento, entre los cuales se incluirán consultas, audiencias públicas, iniciativas, propuestas o cualquier forma de asociación entre el sector público y el privado.

Se concede acción popular para denunciar a quienes violen esta garantía, sin perjuicio de la responsabilidad civil y penal por denuncias o acusaciones temerarias o maliciosas.

El incumplimiento del proceso de consulta al que se refiere el artículo 88 de la Constitución Política de la República tornará inejecutable la actividad de que se trate y será causal de nulidad de los contratos respectivos.

Art. 29.- Toda persona natural o jurídica tiene derecho a ser informada oportuna y suficientemente sobre cualquier actividad de las instituciones del Estado que conforme al Reglamento de esta Ley, pueda producir impactos ambientales. Para ello podrá formular peticiones y deducir acciones de Carácter individual o colectivo ante las autoridades.

2.4.4. Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)

TULAS¹⁴ es una normativa de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. En su LIBRO VI ANEXO 1, plantea que es una norma técnica ambiental, dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y que se somete a

¹⁴ MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2002 , *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, actualizada a diciembre de 2002*. Corporación de estudios y Publicaciones. Quito, Ecuador.

las disposiciones de estos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. Esta norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua y su objetivo principal es proteger la calidad el recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Además, que acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la misma.

Asimismo, establece los límites máximos permisibles, que para el agua de consumo humano, deben observarse y que fueron presentados en la Tabla 2.1. Estos límites serán la referencia obligada para los análisis y síntesis desarrollados en el presente trabajo de investigación.

2.4.5. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108¹⁵ establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano y su alcance abarca al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros. Esta Norma no presenta contradicciones con TULAS, sino que más bien se complementan.

¹⁵ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1983). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 Agua Potable Requisitos*. Quito, Ecuador

2.5. HIPÓTESIS

Los contaminantes de *las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande inciden negativamente en la calidad del agua potable* que produce su planta de tratamiento.

2.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1. Variable independiente

Contaminantes de las fuentes de agua.

2.6.2. Variable dependiente

Calidad del agua potable que produce la planta de tratamiento.

2.7. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En las Tablas 2.4 y 2.5 se presenta las operacionalizaciones de las dos variables de la investigación, que se correlacionan en la hipótesis del estudio.

Tabla 2.4. Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	UNIDAD ANALISIS	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Independiente Contaminantes de las fuentes de agua	Cualquier agente físico, químico o biológico que altere nocivamente la pureza o las condiciones del agua.	Ambiental	Aceites y Grasas	Análisis de laboratorio	Fuentes de agua	APHA, AWWA, WPCF ¹⁶	Medios del laboratorio de análisis
			Amonio				
			Cadmio				
			Cloruro				
			Cobre				
			Coliformes Totales				
			Conformes Fecales				
			Cromo Hexavalente				
			DBO ₅				
			Dureza				
			Hierro (total)				
			Nitrato				
			Oxígeno disuelto				
			Sólidos Disueltos Totales				
			Sulfatos				

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

¹⁶ APHA, AWWA, WPCF. (2005). *Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales*. 15ta.

Tabla 2.5. Operacionalización de la variable dependiente.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	UNIDAD ANALISIS	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Dependiente	Propiedad o conjunto de propiedades inherentes al agua que permiten juzgar su valor	Ambiental	Porcentaje en exceso o defecto de cada parámetro, con respecto al límite superior en norma, TULAS.	$\left\{ \frac{\text{Exceso}}{\text{Defecto}} \right\} = \frac{\text{Valor Obtenido} - \text{Valor en Norma}}{\text{Valor en Norma}} \times 100$	Fuentes de agua	-----	TULAS
Calidad del agua potable que produce la planta de tratamiento			Percepción ciudadana	• Forma en que el sistema de servicio de agua potable abarca a su familia • Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a cantidad • Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a calidad • Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a continuidad • El servicio de medidor de agua en su vivienda es • A su juicio, lo que usted paga mensualmente por el servicio de agua potable es • El sistema de disposición de excretas con que cuenta su familia es • El sistema de recolección de desechos sólidos con que cuenta su familia es • El manejo ambiental de sus producciones agrícolas en cuanto a la utilización químicos es • La distancia de los cultivos a las fuentes de agua es		Entrevista	Cuestionario

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

*Agua segura, vida
segura*

3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo de investigación, para la medición de las variables, se aplicaron los métodos:

a) Método lógico deductivo

Los aspectos inherentes a casos particulares, como las características cualitativas del agua de cada fuente, fueron empleados para la elaboración de enlaces de juicios sobre las mismas, describiendo la realidad de cada una.

b) Método deductivo directo

Se realizó la inferencia o conclusión inmediata sobre la realidad del suministro de agua potable en la comunidad bajo estudio.

c) Método hipotético – deductivo

Proponiendo una hipótesis como consecuencia de inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales, es decir, que la eficiencia de eliminación de contaminantes de la planta de potabilización de agua atenta contra la calidad de vida de la población bajo estudio.

d) Método analítico

Se empleó en el análisis de los resultados de los análisis de laboratorio y de la entrevista aplicada a la población bajo estudio.

e) Observación científica

Estando al tanto del problema y el objeto de investigación, estudiando su curso natural, sin alteración de las condiciones naturales. O sea, colocado el investigador fuera del objeto de estudio y observando detenidamente el desarrollo de las etapas del flujograma de la planta potabilizadora de agua.

Las técnicas utilizadas para la medición de las variables correlacionadas en la hipótesis de investigación fueron:

- De observación in situ, para la identificación de las vías de contaminación de las fuentes de agua que abastecen a la comunidad a través de la planta de tratamiento.
- La entrevista a través de un cuestionario pre elaborado (Anexo 1).
- Los análisis de laboratorio para la medición de las concentraciones de los principales parámetros indicadores de la contaminación del agua de las fuentes y del agua efluente de la planta de tratamiento.

3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

El problema de investigación fue seleccionado considerando la necesidad de mejoramiento de la calidad de vida de la población de la comunidad de Caguazhún Grande, a través del incremento de la calidad del agua potable que genera la planta de potabilización de la localidad, pero pasando por la protección de las cinco fuentes de agua que alimentan a dicha planta.

El hecho de que últimamente se han intensificado las prácticas agrícolas con el consecuente incremento del uso de sustancias químicas como fertilizantes y plaguicidas, ha determinado que la calidad del agua de las fuentes no sea la misma de antes, para la que fue diseñada la planta potabilizadora.

3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta que la función principal del Marco Teórico es fundamentar teóricamente los objetivos específicos, a través de las variables de investigación, es decir, analizar, interpretar y exponer las teorías, investigaciones previas y antecedentes que sean de utilidad para la realización del estudio, lo cual sólo puede realizarse cuando se hayan complementado las etapas anteriores, es decir, el planteamiento del problema, con todos los aspectos que comprende hasta el diseño de los objetivos, la factibilidad y las preguntas de investigación.

De acuerdo con esto, el Marco Teórico puede ser definido como “un conjunto de elementos de organización cognitiva presentado en forma explícita, rigurosa y sistemática” (Jiménez et al.¹⁷, 1999). El Marco Teórico está relacionado con absolutamente todas las etapas del proceso de investigación, desde que nace la idea, hasta que se elabora el informe final de la investigación.

El Marco Teórico se esquematizó tomando como base a los objetivos específicos y por supuesto, a las variables de investigación categorías principales, que constituyen su esquema:

- Los antecedentes del tema a investigar, es decir, qué se ha hecho – publicado con respecto a la protección de las fuentes de agua y plantas potabilizadoras.
- La fundamentación teórica de los objetivos específicos de la investigación, con base en las variables y por lo tanto, en la hipótesis de investigación.

¹⁷ JIMENEZ, C. et al. (1999). Módulo de tutoría I. Programa de capacitación en liderazgo educativo. Ed. Unidad técnica EB/PRODEC. Ecuador.

- La fundamentación conceptual que sustenta a los diferentes aspectos que caracterizan las temáticas tratadas.
- La fundamentación legal, que sostiene, desde el punto de vista jurídico al estudio realizado.

3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA

La información empírica fue obtenida de la siguiente forma:

- Aplicando la técnica de observación in situ, para identificar las vías de contaminación de las fuentes de agua que abastecen a la comunidad a través de la planta de tratamiento.
- Aplicando el muestreo en las cinco fuentes de agua.
- Realizando a las muestras, los análisis de laboratorio que caractericen la calidad del agua de las fuentes muestreadas.
- Tomando muestras del agua efluente de la planta de tratamiento, realizándole los análisis de laboratorio correspondientes y comparando los resultados con los establecidos como límites superiores permisibles en la normativa vigente, en este caso, TULAS (2002) (Tabla 2.1) y NTE INEN 1108
- Calculando el Índice de Calidad del Agua (ICAGUA), en las muestras de agua a la salida de la supuesta planta de tratamiento; empleando la función de transformación correspondiente y la equivalencia de calidad del valor del ICAGUA

- Aplicando un cuestionario de entrevista a la población de los 153 socios de la Junta de Agua de Caguazhún Grande, para la determinación de la percepción ciudadana de la calidad del servicio de agua potable en la localidad (Anexo 1).

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

La información obtenida se capitalizó según las variables de la hipótesis, es decir, para “contaminantes de las fuentes de agua”, como variable independiente, sus datos se describen como un conjunto de análisis de laboratorio, cuyo estudio rindió conclusiones sobre la calidad del agua de las fuentes y del efluente de la planta de potabilización.

Mientras que para la variable dependiente “calidad del agua potable que produce la planta de tratamiento”, se describe también como un conjunto de resultados de análisis de laboratorio, así como la percepción ciudadana sobre la calidad del servicio, como un conjunto de criterios cualitativos al respecto.

3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de los análisis de laboratorio sobre la calidad del agua de las fuentes y del agua efluente de la planta potabilizadora, fueron tabulados y graficados, comparados con los límites superiores establecidos por TULAS; la contrastación de los mismos se realizó empleando la distribución de la “t” de Student, apropiada para las muestras de pequeño tamaño.

Los resultados de las entrevistas fueron tabulados y graficados según sus frecuencias y contrastados con la calidad del servicio de agua potable, empleando la distribución del Ji Cuadrado, un nivel de significación de, al menos; 0,05; es decir, una confianza del 95%.

3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Para la construcción del informe de investigación se presentaron tablas y gráficos de los resultados obtenidos, para con esa base, contrastar la hipótesis de investigación. A partir de la verificación de la hipótesis y del alcance de los objetivos específicos del estudio se desarrollaron las conclusiones y recomendaciones del estudio, supeditando estas a los lineamientos alternativos del mismo, que se describen, considerando las vías de aplicación y logros de dichos lineamientos.

CAPÍTULO IV

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN
RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

4.1. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS

Los contaminantes de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande inciden negativamente en la calidad del agua potable que produce su planta de tratamiento.

4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A LA HIPÓTESIS.

4.2.1. Variable independiente: Contaminantes de las fuentes de agua (RESULTADO DEL ANALISIS DE LABORATORIO-CONTAMINANTES, RESULTADOS DE ENCUESTAS-CONTAMINANTES).

Según la observación realizada, las vías de contaminación más significativas de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande son: las aguas residuales domésticas crudas, el deficiente manejo ambiental de los residuos sólidos domésticos y de cosechas, que provocan la generación de lixiviados altamente contaminantes, el empleo de fertilizantes químicos, aunque en pequeñas cantidades y, el lavado de ropa en las propias fuentes.

En las Tablas desde la 4.1 hasta la 4.6 se presentan los resultados promedio obtenidos de los análisis de las tres muestras de agua tomadas en cada una de las cinco fuentes de agua, con sus correspondientes desviaciones estándar y coeficientes de variación, con los porcentajes en exceso o defecto con relación a las normativas vigentes, TULAS y NTE INEN 1108 (Figuras 4.1 – 4.6, con la excepción de ambas formas de Coliformes cuyos porcentajes son muy superiores y desfiguran la gráfica.

Tabla 4.1. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Achupillas 1 (Dugdugcucho) (2,890 km).

CONTAMINANTE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN MEDIA	DESV. EST.	COEFIC. VARIAC. (%)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (TULAS)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NTE INEN 1108)	EN EXCESO / LÍMITE MÁXIMO*	
							TULAS	INEN
Aceites y Grasas	mg/ dm ³	0,38	0,0704	18,53	0,3		26,67	
Amonio	mg/ dm ³	0,07	0,0021	3,00	0,05		40,00	
Cadmio	mg/ dm ³	0,007	0,0014	20,00	0,01	0,003	-30,00	133,33
Cloruro	mg/ dm ³	296	23,4825	7,93	250	250	18,40	18,40
Cobre	mg/ dm ³	0,68	0,0917	13,49	1,0	1,0	-32,00	-32,00
Coliformes Totales	NMP/0,1 dm ³	43	5,9636	13,87	3 000	< 2**	-98,57	2060,80
Coliformes Fecales	NMP/0,1 dm ³	25	4,3020	17,21	600	< 2**	-95,83	1156,28
Cromo Hexavalente	mg/ dm ³	0,003	0,0002	6,67	0,05	0,05	-94,00	-94,00
DBO ₅	mg/ dm ³	3,1	0,2800	9,03	2,0		55,00	
Dureza, CaCO ₃	mg/ dm ³	32	5,0200	15,69	500	300	-93,60	-89,33
Hierro (total)	mg/ dm ³	0,84	0,1100	13,10	1,0	0,3	-16,00	180,00
Nitrato	mg/ dm ³	13	2,0300	15,62	10,0	10	30,00	30,00
Oxígeno disuelto***	mg/ dm ³	5,5	0,8500	15,45	6		-8,33	
Sólidos Disueltos Totales	mg/ dm ³	39	3,2100	8,23	1 000	1 000	-96,10	-96,10
Sulfatos	mg/ dm ³	273	13,1600	4,82	400	200	-31,75	36,50

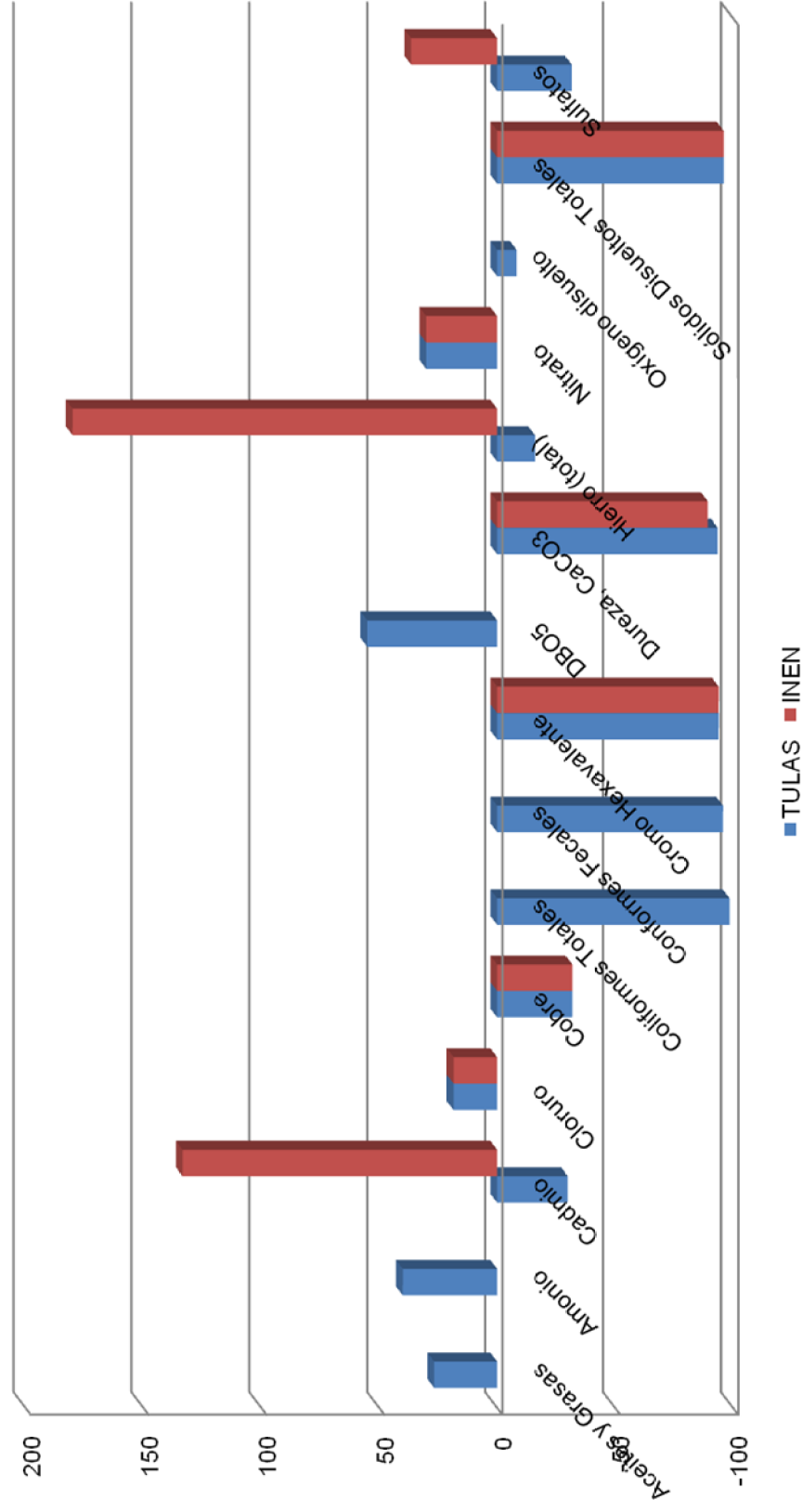
* Valor negativo implica que la concentración obtenida está por debajo del límite máximo permisible.

** Se tomó como valor efectivo 1,99.

*** Criterio contrario; si el OD es menor que 6 mg/dm³ ⇒ porcentaje negativo y mala calidad ambiental.
Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Figura 4.1.

Porcentajes en exceso o defecto en la fuente Achupillas 1.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Tomando en consideración los datos presentados en la Tabla 4.1 y en la Figura de la misma numeración, se analiza que, para la fuente de agua Achupillas 1(Dugdugcucho), que dista 2,890 km de la planta de tratamiento, según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, los parámetros indicadores de la contaminación o de la deficiente calidad del agua, cuyas concentraciones promedio estuvieron por sobre los límites superiores permisibles estipulado por dicha legislación, con sus correspondientes porcentajes en exceso fueron Aceites y Grasas (27%); Amonio (40%), Cloruro (18%); (DBO₅ (55%) y Nitrato (30%).

Según la Norma NTE INEN 1108, los parámetros cuyas concentraciones sobrepasaron los límites máximos permisibles por esta fueron Cadmio (133%); Cloruro (18%); Coliformes Totales (2061%); Coliformes Fecales (1156%); Hierro total (180%); Nitrato (30%) y Sulfatos (37%).

El oxígeno disuelto presentó un 8% de defecto en cuanto al límite inferior permisible, que se traduce en un incumplimiento de la norma, según TULAS, puesto que la norma INEN no presenta fronteras para este parámetro.

Los porcentajes en exceso de Coliformes Totales y de Coliformes Fecales no se graficaron junto a los demás parámetros que presentaron excesos con respecto a las normas consideradas, debido a su superior orden de magnitud, que provocaría una desfiguración del gráfico, causante de dificultades en su lectura y comprensión.

Tabla 4.2. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Achupillas 2(Papaloma) (2,650 km).

CONTAMINANTE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN MEDIA	DESV. EST.	COEFIC. VARIAC. (%)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (TULAS)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NTE INEN 1108)	PORCENTAJE EN EXCESO / LÍMITE MÁXIMO	
							TULAS	INEN
Aceites y Grasas	mg/ dm ³	0,45	0,0736	16,36	0,3	-----	50,00	-----
Amonio	mg/ dm ³	0,08	0,0028	3,50	0,05	-----	60,00	-----
Cadmio	mg/ dm ³	0,009	0,0019	21,11	0,01	0,003	-10,00	200,00
Cloruro	mg/ dm ³	331	21,3751	6,46	250	250	32,40	32,40
Cobre	mg/ dm ³	0,77	0,1408	18,29	1,0	1,0	-23,00	-23,00
Coliformes Totales	NMP/0,1 dm ³	52	8,2979	15,96	3 000	< 2**	-98,27	2513,07
Coliformes Fecales	NMP/0,1 dm ³	36	5,1306	14,25	600	< 2**	-94,00	1709,05
Cromo Hexavalente	mg/ dm ³	0,002	0,0003	15,00	0,05	0,05	-96,00	-96,00
DBO ₅	mg/ dm ³	3,9	0,3100	7,95	2,0	-----	95,00	-----
Dureza, CaCO ₃	mg/ dm ³	38	7,0200	18,47	500	300	-92,40	-87,33
Hierro (total)	mg/ dm ³	0,81	0,1617	19,96	1,0	0,3	-19,00	170,00
Nitrato	mg/ dm ³	10	1,8414	18,41	10,0	10	0,00	0,00
Oxígeno disuelto	mg/ dm ³	4,5	0,9852	21,89	6	-----	-25,00	-----
Sólidos Disueltos Totales	mg/ dm ³	52	5,0115	9,64	1 000	1 000	-94,80	-94,80
Sulfatos	mg/ dm ³	298	15,3813	5,16	400	200	-25,50	49,00

Valor negativo implica que la concentración obtenida está por debajo del límite máximo permisible.

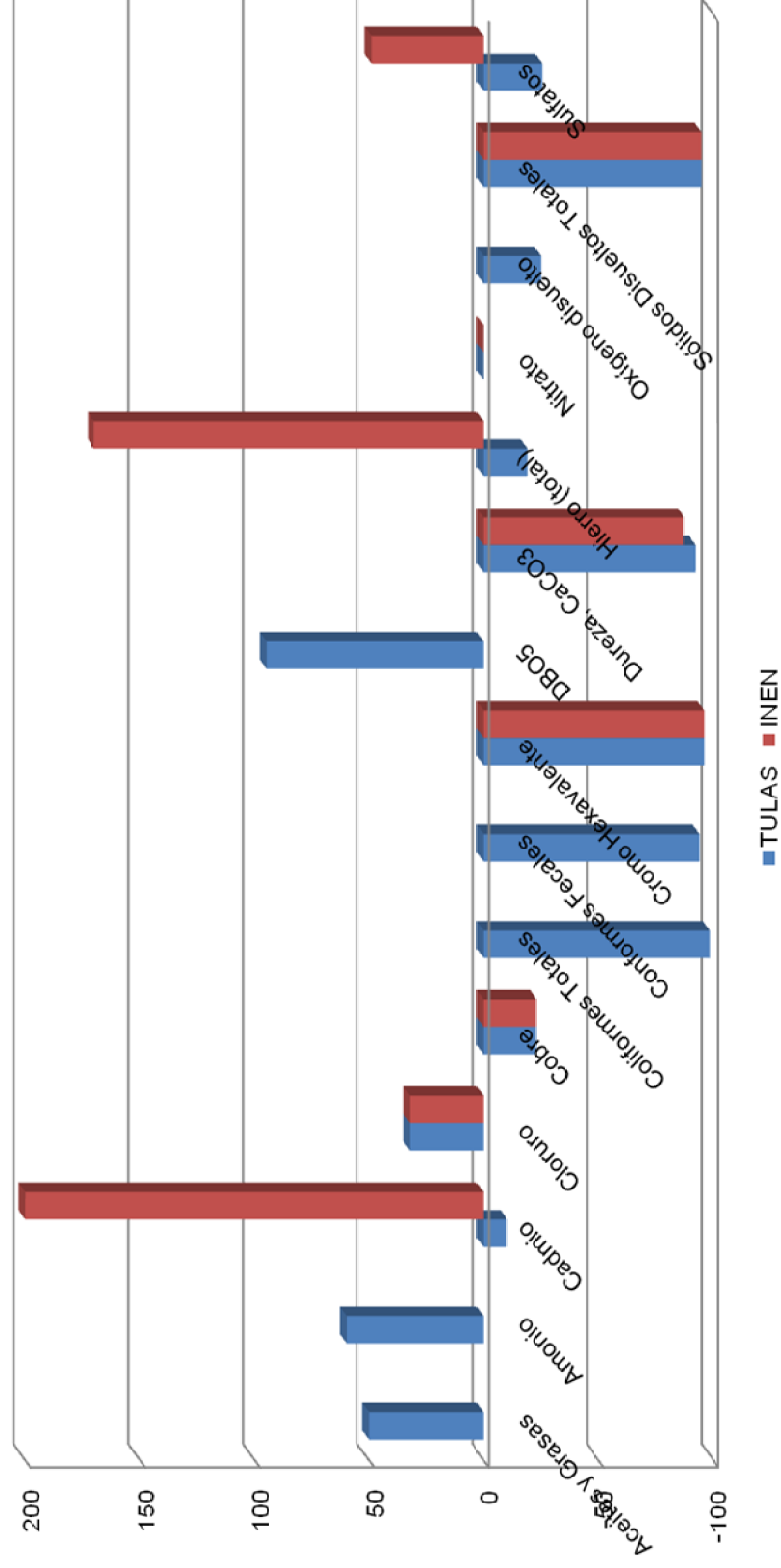
** Se tomó como valor efectivo 1,99.

*** Criterio contrario; si el OD es menor que 6 mg/dm³ ⇒ porcentaje negativo y mala calidad ambiental.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Figura 4.2.

Porcentajes en exceso o defecto en la fuente Achupillas 2.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

De acuerdo con los datos mostrados en la Tabla 4.2 y en la Figura de la misma numeración, se analiza que, para la fuente de agua Achupillas 2 (Papaloma), que dista 2,650 km de la planta de tratamiento; Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, los parámetros indicadores de la contaminación o de la deficiente calidad del agua, cuyas concentraciones promedio estuvieron por sobre los límites superiores permisibles estipulado por dicha legislación, con sus correspondientes porcentajes en exceso fueron Aceites y Grasas (50%); Amonio (60%), Cloruro (32%); (DBO₅ (95%) y el Nitrato (0%), es decir, exactamente cumpliendo la norma.

Según la Norma NTE INEN 1108, los parámetros cuyas concentraciones sobrepasaron los límites máximos permisibles por esta fueron Cadmio (200%); Cloruro (32%); Coliformes Totales (2513%); Coliformes Fecales (1709%); Hierro total (170%); Nitrato (0%, mismo análisis que con TULAS) y Sulfatos (49%).

El oxígeno disuelto presentó un 25% de defecto en cuanto al límite inferior permisible, que se traduce en un incumplimiento de la norma, según TULAS, puesto que la norma INEN no presenta fronteras para este parámetro.

Los porcentajes en exceso de Coliformes Totales y de Coliformes Fecales no se graficaron junto a los demás parámetros que presentaron excesos con respecto a las normas consideradas, debido a su superior orden de magnitud, que provocaría una desfiguración del gráfico, causante de dificultades en su lectura y comprensión.

Tabla 4.3. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Chachacón 1 (2,150 km).

CONTAMINANTE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN MEDIA	DESV. EST.	COEFIC. VARIAC. (%)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (TULAS)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NTE INEN 1108)	PORCENTAJE EN EXCESO / LÍMITE MÁXIMO	
							TULAS	INEN
Aceites y Grasas	mg/ dm ³	0,32	0,0612	19,13	0,3	-----	6,67	-----
Amonio	mg/ dm ³	0,06	0,0031	5,17	0,05	-----	20,00	-----
Cadmio	mg/ dm ³	0,005	0,0007	14,00	0,01	0,003	-50,00	66,67
Cloruro	mg/ dm ³	269	24,5430	9,12	250	250	7,60	7,60
Cobre	mg/ dm ³	0,56	0,1174	20,96	1,0	1,0	-44,00	-44,00
Coliformes Totales	NMP/0,1 dm ³	36	6,1369	17,05	3 000	< 2**	-98,80	1794,74
Coliformes Fecales	NMP/0,1 dm ³	20	3,2893	16,45	600	< 2**	-96,67	952,63
Cromo Hexavalente	mg/ dm ³	0,002	0,0004	20,00	0,05	0,05	-96,00	-96,00
DBO ₅	mg/ dm ³	2,8	0,5068	18,10	2,0	-----	40,00	-----
Dureza, CaCO ₃	mg/ dm ³	39	5,4759	14,04	500	300	-92,20	-87,00
Hierro (total)	mg/ dm ³	0,71	0,1153	16,24	1,0	0,3	-29,00	136,67
Nitrato	mg/ dm ³	12	2,0176	16,81	10,0	10	20,00	20,00
Oxígeno disuelto	mg/ dm ³	5,7	0,5715	10,03	6	-----	-5,00	-----
Sólidos Disueltos Totales	mg/ dm ³	28	3,7351	13,34	1 000	1 000	-97,20	-97,20
Sulfatos	mg/ dm ³	224	13,4426	6,00	400	200	-44,00	12,00

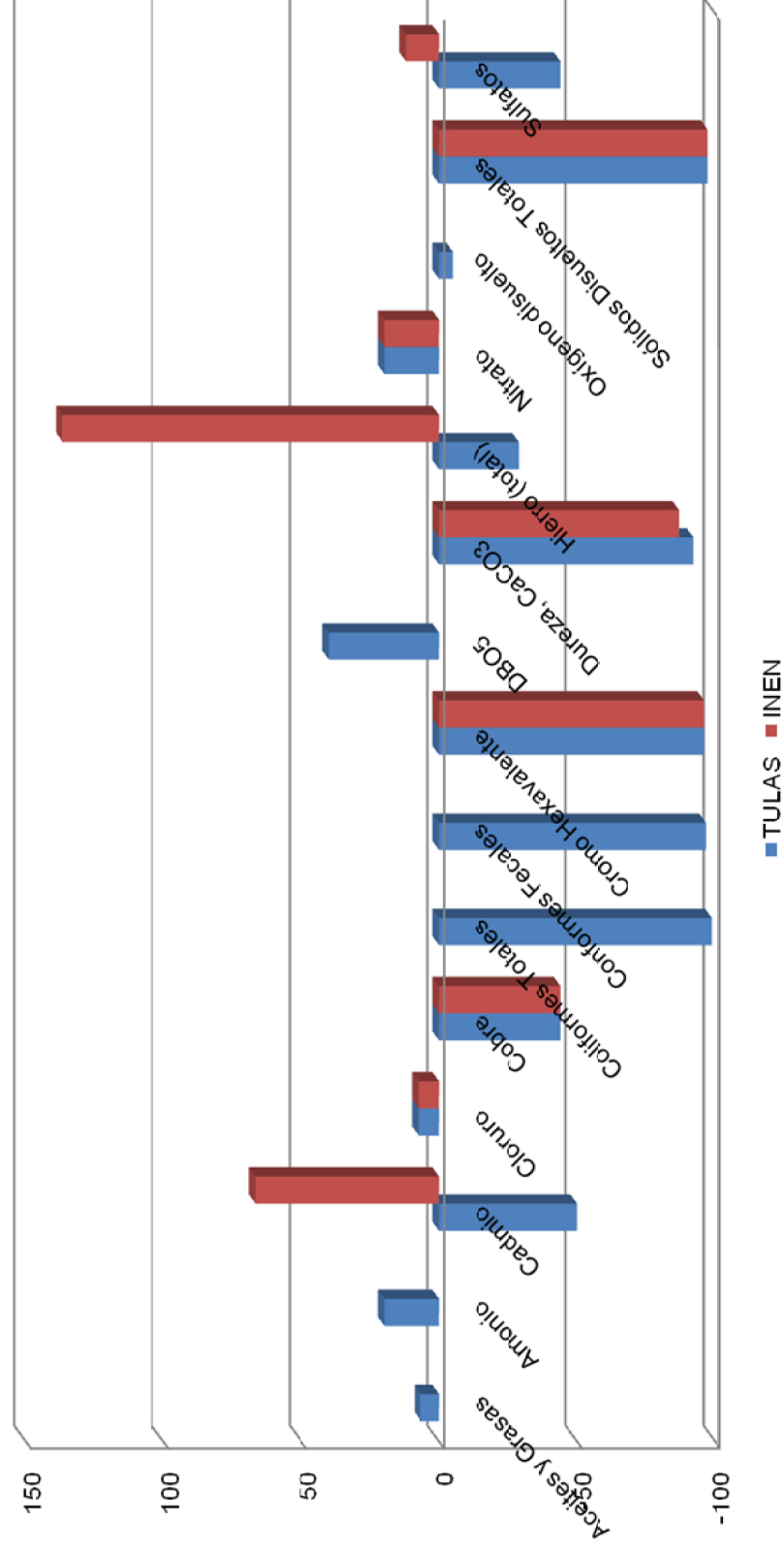
Valor negativo implica que la concentración obtenida está por debajo del límite máximo permisible.

** Se tomó como valor efectivo 1,99.

*** Criterio contrario; si el OD es menor que 6 mg/dm³ ⇒ porcentaje negativo y mala calidad ambiental.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Figura 4.3.
Porcentajes en exceso o defecto en la fuente Chachacón 1.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Según los datos que se presentan en la Tabla 4.3 y en la Figura de la misma numeración, se analiza que, para la fuente de agua Chachacón 1, que dista 2,150 km de la planta de tratamiento; De acuerdo con el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, los parámetros indicadores de la contaminación o de la deficiente calidad del agua, cuyas concentraciones promedio estuvieron por sobre los límites superiores permisibles estipulado por dicha legislación, con sus correspondientes porcentajes en exceso fueron Aceites y Grasas (7%); Amonio (20%), Cloruro (8%); (DBO₅ (40%) y el Nitrato (20%).

Según la Norma NTE INEN 1108, los parámetros cuyas concentraciones sobrepasaron los límites máximos permisibles por esta fueron Cadmio (67%); Cloruro (8%); Coliformes Totales (1795%); Coliformes Fecales (953%); Hierro total (137%); Nitrato (20%) y Sulfatos (12%).

El oxígeno disuelto presentó un 5% de defecto en cuanto al límite inferior permisible, que se traduce en un incumplimiento de la norma, según TULAS, puesto que la norma INEN no presenta fronteras para este parámetro.

Los porcentajes en exceso de Coliformes Totales y de Coliformes Fecales no se graficaron junto a los demás parámetros que presentaron excesos con respecto a las normas consideradas, debido a su superior orden de magnitud, que provocaría una desfiguración del gráfico, causante de dificultades en su lectura y comprensión.

Tabla 4.4. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Chachacón 2 (2,510 km).

CONTAMINANTE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN MEDIA	DESV. EST.	COEFIC. VARIAC. (%)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (TULAS)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NTE INEN 1108)	PORCENTAJE EN EXCESO / LÍMITE MÁXIMO	
							TULAS	INEN
Aceites y Grasas	mg/ dm ³	0,30	0,0368	12,27	0,3	-----	0,00	-----
Amonio	mg/ dm ³	0,05	0,0038	7,60	0,05	-----	0,00	-----
Cadmio	mg/ dm ³	0,004	0,0003	7,50	0,01	0,003	-60,00	33,33
Cloruro	mg/ dm ³	266	19,8633	7,47	250	250	6,40	6,40
Cobre	mg/ dm ³	0,41	0,0752	18,34	1,0	1,0	-59,00	-59,00
Coliformes Totales	NMP/0,1 dm ³	34	4,3341	12,75	3 000	< 2**	-98,87	1689,47
Coliformes Fecales	NMP/0,1 dm ³	19	3,7784	19,89	600	< 2**	-96,83	900,00
Cromo Hexavalente	mg/ dm ³	0,001	0,0001	10,00	0,05	0,05	-98,00	-98,00
DBO ₅	mg/ dm ³	2,4	0,3625	15,10	2,0	-----	20,00	-----
Dureza, CaCO ₃	mg/ dm ³	21	3,2856	15,65	500	300	-95,80	-93,00
Hierro (total)	mg/ dm ³	0,64	0,0998	15,59	1,0	0,3	-36,00	113,33
Nitrato	mg/ dm ³	11	1,1887	10,81	10,0	10	10,00	10,00
Oxígeno disuelto	mg/ dm ³	5,8	0,4653	8,02	6	-----	-3,33	-----
Sólidos Disueltos Totales	mg/ dm ³	27	4,4591	16,52	1 000	1 000	-97,30	-97,30
Sulfatos	mg/ dm ³	232	14,7729	6,37	400	200	-42,00	16,00

Valor negativo implica que la concentración obtenida está por debajo del límite máximo permisible.

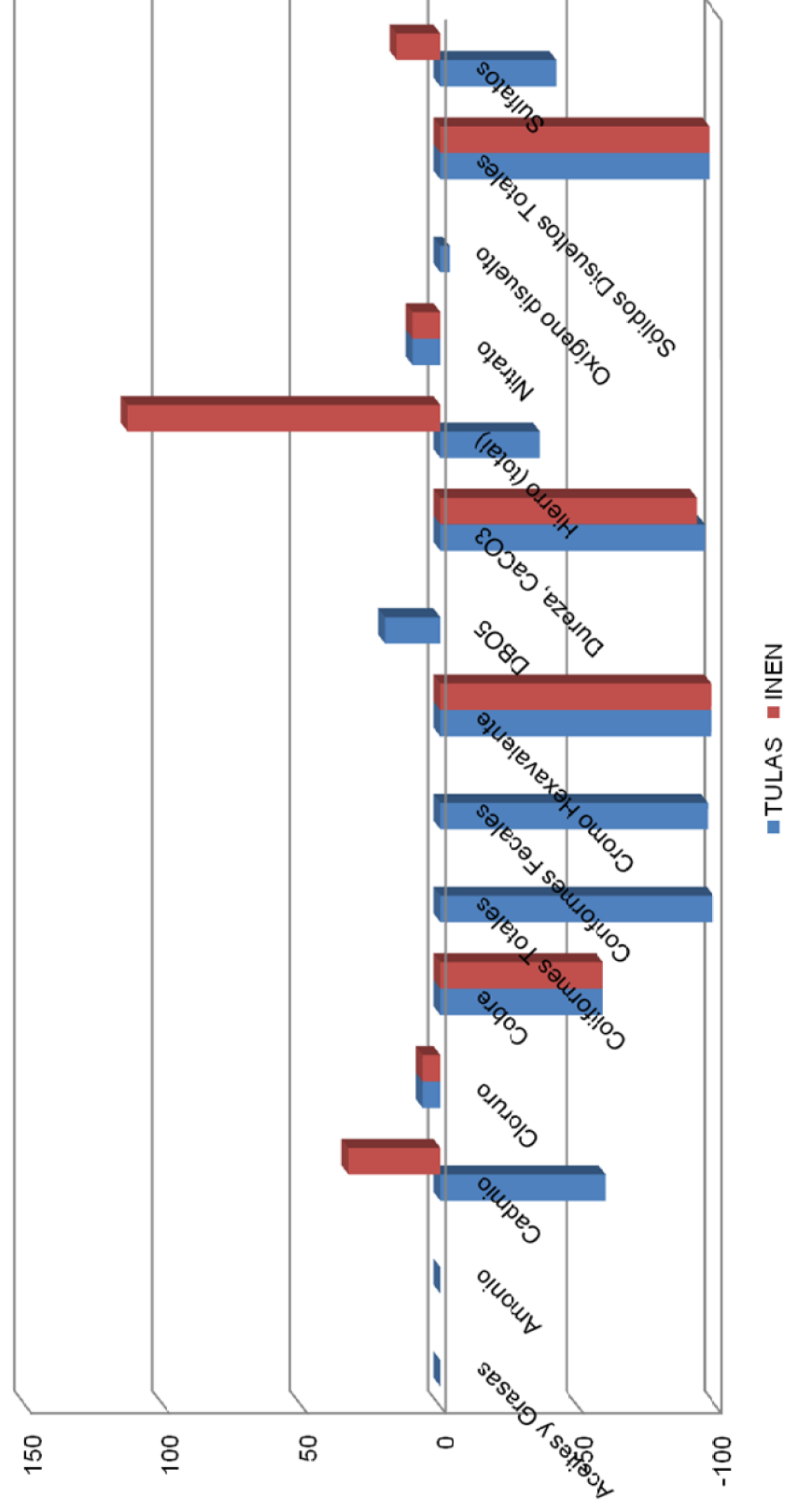
** Se tomó como valor efectivo 1,99.

*** Criterio contrario; si el OD es menor que 6 mg/dm³ ⇒ porcentaje negativo y mala calidad ambiental.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Figura 4.4.

Porcentajes en exceso o defecto en la fuente Chachacón 2.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Teniendo en cuenta los datos que se presentan en la Tabla 4.4 y en la Figura de la misma numeración, se analiza que, para la fuente de agua Chachacón 2, que dista 2,510 km de la planta de tratamiento; Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, los parámetros indicadores de la contaminación o de la deficiente calidad del agua, cuyas concentraciones promedio estuvieron por sobre los límites superiores permisibles estipulado por dicha legislación, con sus correspondientes porcentajes en exceso fueron Aceites y Grasas (0%); Amonio (0%), que están exactamente en la frontera de cumplimiento con TULAS; Cloruro (6%); (DBO₅ (20%) y Nitrato (10%).

Según la Norma NTE INEN 1108, los parámetros cuyas concentraciones sobrepasaron los límites máximos permisibles por esta fueron Cadmio (33%); Cloruro (6%); Coliformes Totales (1689%); Coliformes Fecales (900%); Hierro total (113%); Nitrato (10%) y Sulfatos (16%).

El oxígeno disuelto presentó un 3% de defecto en cuanto al límite inferior permisible, que se traduce en un incumplimiento de la norma, según TULAS, puesto que la norma INEN no presenta fronteras para este parámetro.

Los porcentajes en exceso de Coliformes Totales y de Coliformes Fecales no se graficaron junto a los demás parámetros que presentaron excesos con respecto a las normas consideradas, debido a su superior orden de magnitud, que provocaría una desfiguración del gráfico, causante de dificultades en su lectura y comprensión.

Tabla 4.5. Caracterización de la calidad del agua de la fuente Chachacón 3 (Gallocantana) (2,250 km).

CONTAMINANTE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN MEDIA	DESV. EST.	COEFIC. VARIAC. (%)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (TULAS)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NTE INEN 1108)	PORCENTAJE EN EXCESO / LÍMITE MÁXIMO	
							TULAS	INEN
Aceites y Grasas	mg/ dm ³	0,33	0,0247	7,48	0,3		10,00	
Amonio	mg/ dm ³	0,07	0,0040	5,71	0,05		40,00	
Cadmio	mg/ dm ³	0,003	0,0002	6,67	0,01	0,003	-70,00	0,00
Cloruro	mg/ dm ³	258	23,6891	9,18	250	250	3,20	3,20
Cobre	mg/ dm ³	0,34	0,0536	15,76	1,0	1,0	-66,00	-66,00
Coliformes Totales	NMP/0,1 dm ³	38	5,7384	15,10	3 000	< 2**	-98,73	1900,00
Coliformes Fecales	NMP/0,1 dm ³	25	3,3285	13,31	600	< 2**	-95,83	1215,79
Cromo Hexavalente	mg/ dm ³	0,002	0,0002	10,00	0,05	0,05	-96,00	-96,00
DBO ₅	mg/ dm ³	2,3	0,3111	13,53	2,0		15,00	
Dureza, CaCO ₃	mg/ dm ³	24	4,0027	16,68	500	300	-95,20	-92,00
Hierro (total)	mg/ dm ³	0,67	0,0673	10,04	1,0	0,3	-33,00	123,33
Nitrato	mg/ dm ³	9,0	1,2546	13,94	10,0	10	-10,00	-10,00
Oxígeno disuelto	mg/ dm ³	5,8	0,6002	10,35	6		-3,33	
Sólidos Disueltos Totales	mg/ dm ³	31	3,8322	12,36	1 000	1 000	-96,90	-96,90
Sulfatos	mg/ dm ³	247	18,6399	7,55	400	200	-38,25	23,50

Valor negativo implica que la concentración obtenida está por debajo del límite máximo permisible.

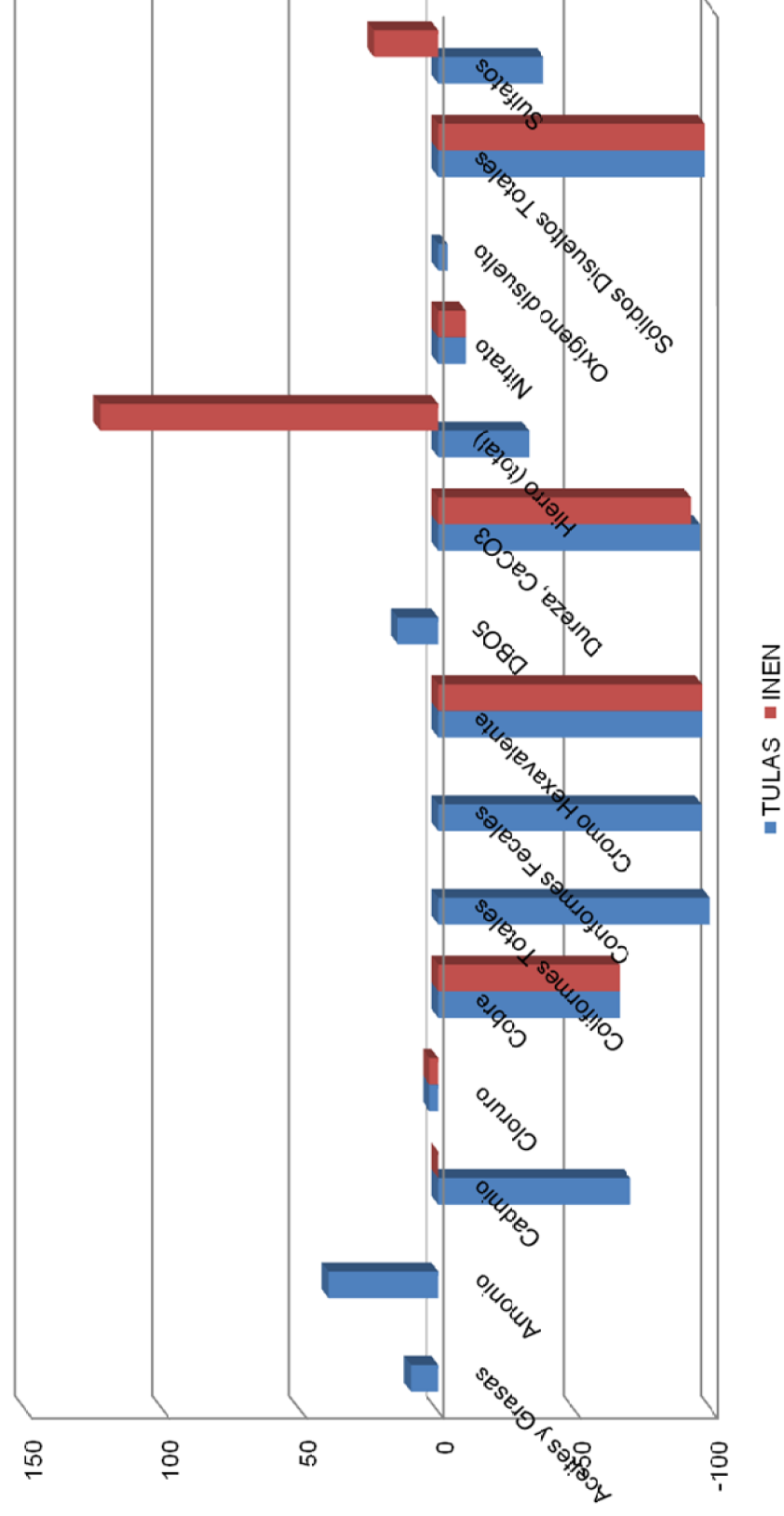
** Se tomó como valor efectivo 1,99.

*** Criterio contrario; si el OD es menor que 6 mg/dm³ ⇒ porcentaje negativo y mala calidad ambiental.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Figura 4.5.

Porcentajes en exceso o defecto en la fuente Chachacón 3.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Tomando en consideración los datos que se presentan en la Tabla 4.5 y en la Figura de la misma numeración, se analiza que, para la fuente de agua Chachacón 3 (Gallocantana), que dista 2,250 km de la planta de tratamiento; Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, los parámetros indicadores de la contaminación o de la deficiente calidad del agua, cuyas concentraciones promedio estuvieron por sobre los límites superiores permisibles estipulado por dicha legislación, con sus correspondientes porcentajes en exceso fueron Aceites y Grasas (10%); Amonio (40%); Cloruro (3%) y DBO₅ (15%).

Según la Norma NTE INEN 1108, los parámetros cuyas concentraciones sobrepasaron los límites máximos permisibles por esta fueron Cadmio (33%); Cloruro (6%); Coliformes Totales (1900%); Coliformes Fecales (1216%); Hierro total (123%) y Sulfatos (24%).

El oxígeno disuelto presentó un 3% de defecto en cuanto al límite inferior permisible, que se traduce en un incumplimiento de la norma, según TULAS, puesto que la norma INEN no presenta fronteras para este parámetro.

Los porcentajes en exceso de Coliformes Totales y de Coliformes Fecales no se graficaron junto a los demás parámetros que presentaron excesos con respecto a las normas consideradas, debido a su superior orden de magnitud, que provocaría una desfiguración del gráfico, causante de dificultades en su lectura y comprensión.

Tabla 4.6. Caracterización de la calidad del agua de la salida de la planta (0 km).

CONTAMINANTE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN MEDIA	DESV. EST.	COEFIC. VARIAC. (%)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (TULAS)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NTE INEN 1108)	PORCENTAJE EN EXCESO / LÍMITE MÁXIMO	
							TULAS	INEN
Aceites y Grasas	mg/ dm ³	0,28	0,0154	5,50	0,3	-----	-6,67	-----
Amonio	mg/ dm ³	0,057	0,0032	5,61	0,05	-----	14,00	-----
Cadmio	mg/ dm ³	0,004	0,0001	2,50	0,01	0,003	-60,00	33,33
Cloruro	mg/ dm ³	247	32,4592	12,73	250	250	2,00	2,00
Cobre	mg/ dm ³	0,44	0,0277	6,30	1,0	1,0	-56,00	-56,00
Coliformes Totales	NMP/0,1 dm ³	31	2,6910	8,68	3 000	< 2**	-98,97	1531,58
Coliformes Fecales	NMP/0,1 dm ³	17	3,1283	18,40	600	< 2**	-97,17	794,74
Cromo Hexavalente	mg/ dm ³	0,003	0,0003	10,00	0,05	0,05	-94,00	-94,00
DBO ₅	mg/ dm ³	2,5	0,36126	14,45	2,0	-----	25,00	-----
Dureza, CaCO ₃	mg/ dm ³	16	3,3120	20,70	500	300	-96,80	-94,67
Hierro (total)	mg/ dm ³	0,47	0,0425	9,04	1,0	0,3	-53,00	56,67
Nitrato	mg/ dm ³	11	0,9118	8,29	10,0	10,0	10,00	10,00
Oxígeno disuelto	mg/ dm ³	5,7	0,42134	7,39	6,0	-----	-5,00	-----
Sólidos Disueltos Totales	mg/ dm ³	19	1,6358	8,61	1 000	1 000	-98,10	-98,10
Sulfatos	mg/ dm ³	232	21,7260	9,36	400	200	-42,00	16,00

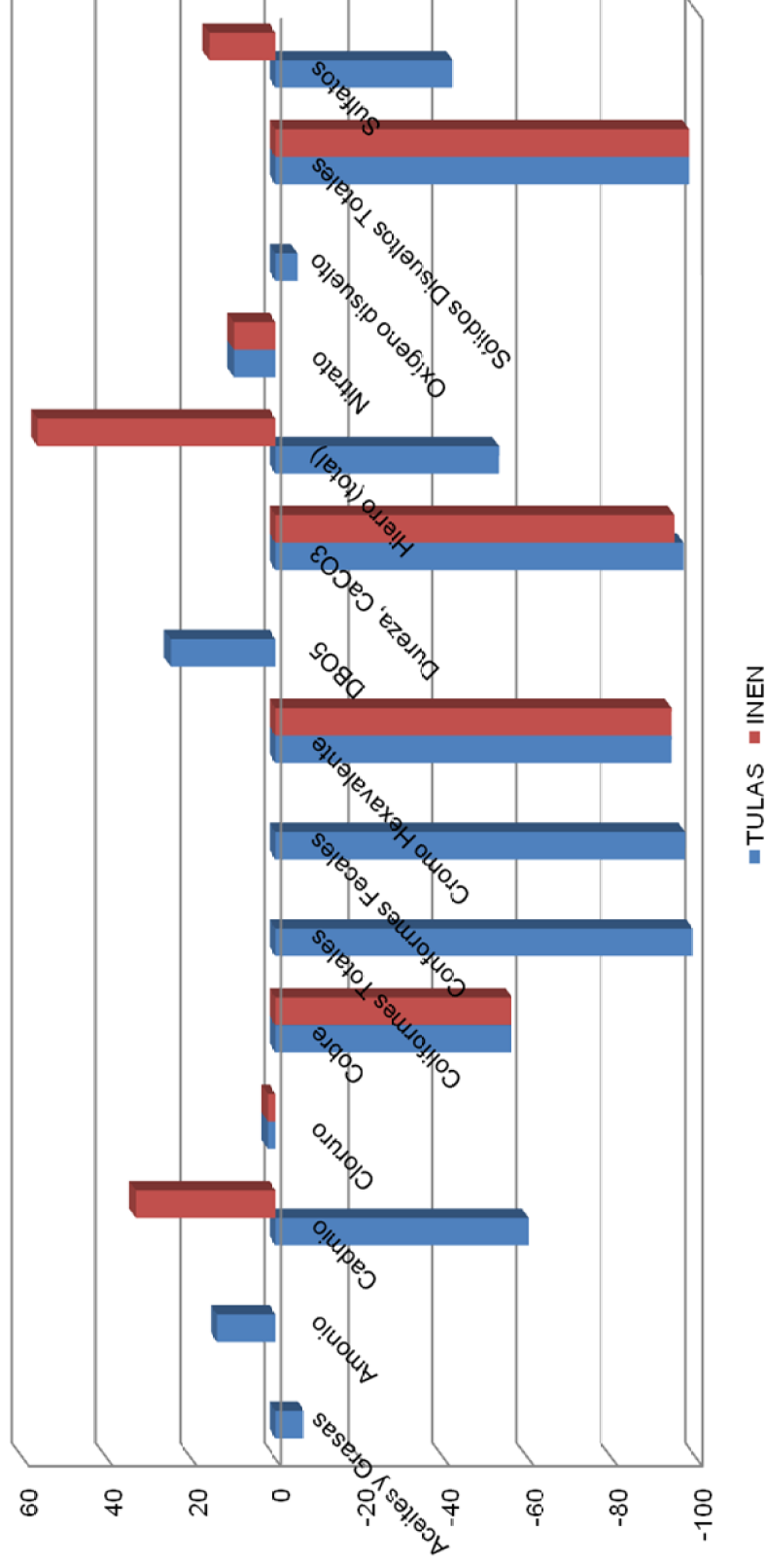
Valor negativo implica que la concentración obtenida está por debajo del límite máximo permisible.

** Se tomó como valor efectivo 1,99.

*** Criterio contrario; si el OD es menor que 6 mg/dm³ ⇒ porcentaje negativo y mala calidad ambiental.
Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Figura 4.6.

Porcentajes en exceso o defecto en la fuente Chachacón 4.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Según los datos mostrados en la Tabla 4.6 y en la Figura correspondiente de la misma numeración, se analiza que, para la salida de la planta de tratamiento, según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, los parámetros indicadores de la contaminación o de la deficiente calidad del agua, cuyas concentraciones promedio estuvieron por sobre los límites superiores permisibles estipulado por dicha legislación, con sus correspondientes porcentajes en exceso fueron Amonio (14%), Cloruro (2%); (DBO_5) (25%) y el Nitrato (10%), es decir, exactamente cumpliendo la norma.

Según la Norma NTE INEN 1108, los parámetros cuyas concentraciones sobrepasaron los límites máximos permisibles por esta fueron Cadmio (33%); Cloruro (2%); Coliformes Totales (1533%); Coliformes Fecales (795%); Hierro total (57%); Nitrato (10%), mismo análisis que con TULAS y Sulfatos (16%).

El oxígeno disuelto presentó un 5% de defecto en cuanto al límite inferior permisible, que se traduce en un incumplimiento de la norma, según TULAS, puesto que la norma INEN no presenta fronteras para este parámetro.

Los porcentajes en exceso de Coliformes Totales y de Coliformes Fecales no se graficaron junto a los demás parámetros que presentaron excesos con respecto a las normas consideradas, debido a su superior orden de magnitud, que provocaría una desfiguración del gráfico, causante de dificultades en su lectura y comprensión.

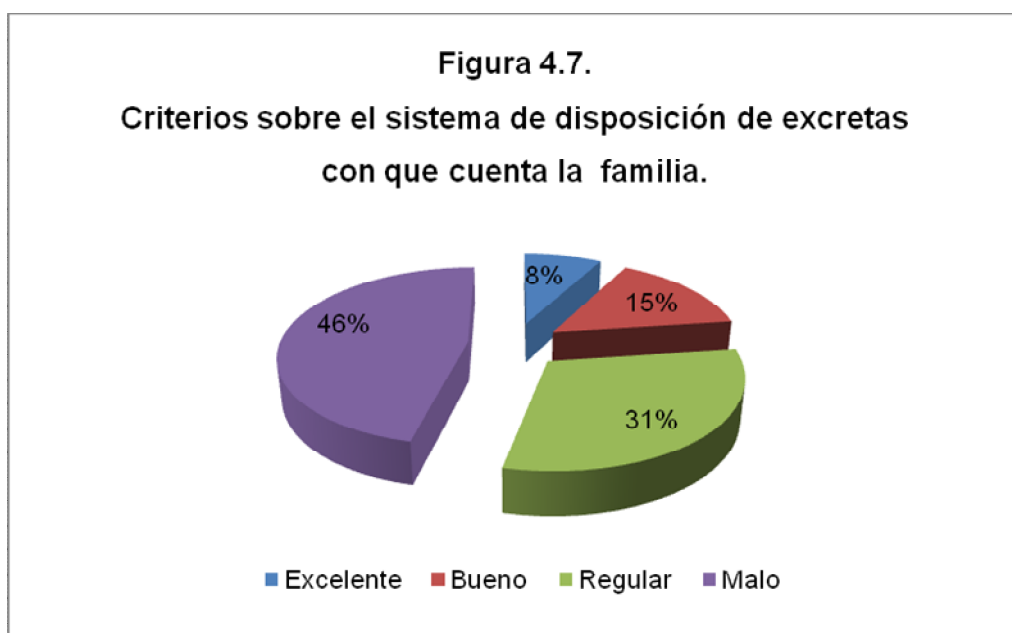
A continuación se tratarán los cuatro ítems de la encuesta que están asociados con los contaminantes del agua de las fuentes que abastecen a la comunidad bajo estudio.

- El sistema de disposición de excretas con que cuenta la familia es

Tabla 4.7. Criterios sobre el sistema de disposición de excretas con que cuenta la familia.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	12	7,84
Bueno	23	15,03
Regular	47	30,72
Malo	71	46,41
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

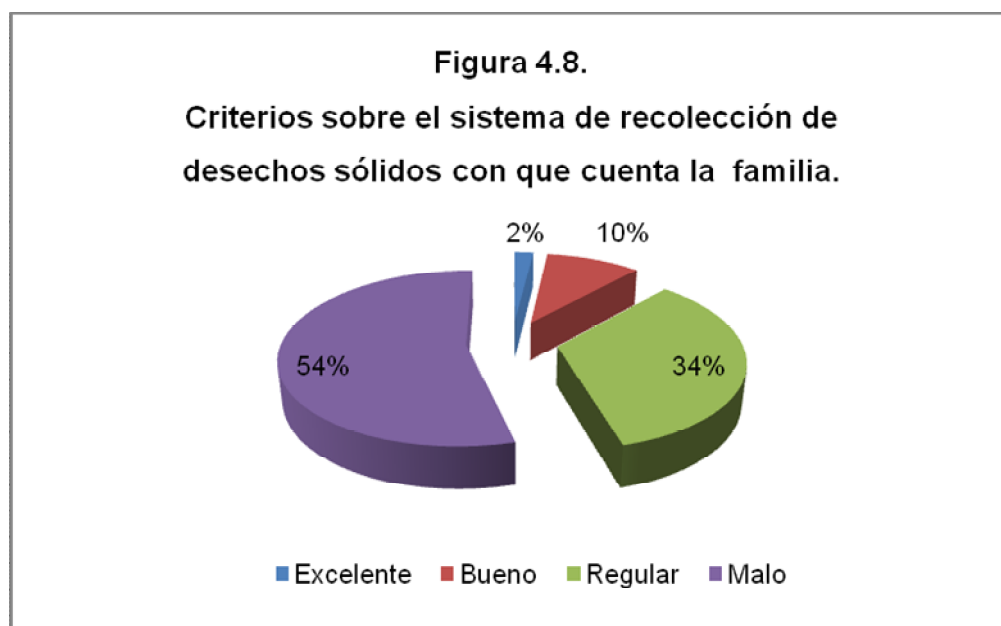
Una mayoría representada por el 46% de entrevistados considera que el sistema de disposición de excretas con que cuenta su familia es malo, mientras que el 31% lo evalúa como regular. El 15% lo considera bueno y, sólo el 8% coincide en que dicho sistema es excelente.

- El sistema de recolección de desechos sólidos con que cuenta su familia es

Tabla 4.8. Criterios sobre el sistema de recolección de desechos sólidos con que cuenta la familia.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	3	1,96
Bueno	15	9,80
Regular	52	33,99
Malo	83	54,25
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

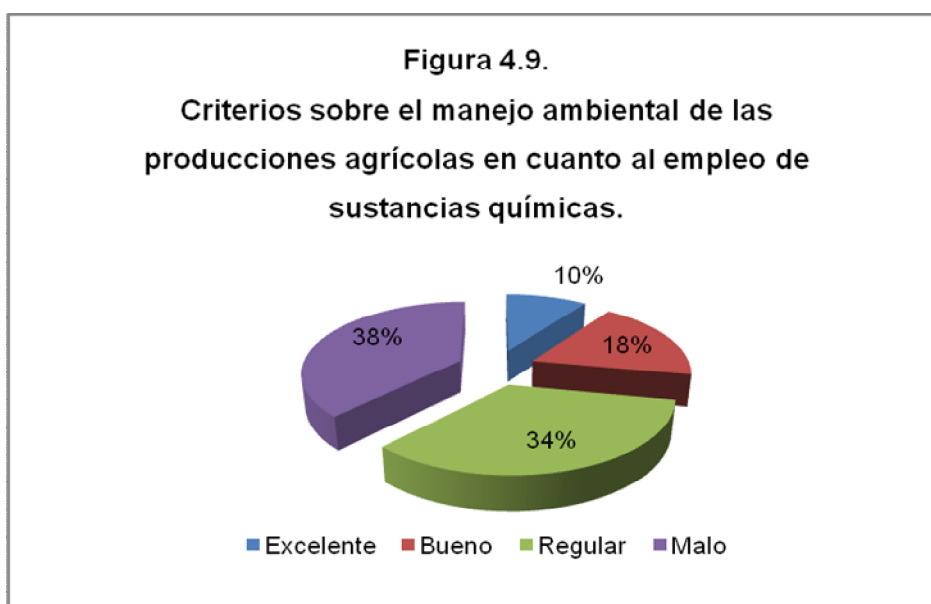
Una mayoría representada por el 54% de entrevistados considera que el sistema de recolección de desechos sólidos con que cuenta su familia es malo, mientras que el 34% lo evalúa como regular, el 10% lo considera bueno y, sólo el 2% coincide en que dicho sistema es excelente.

- El manejo ambiental de sus producciones agrícolas en cuanto a la utilización de químicos es

Tabla 4.9. Criterios sobre el manejo ambiental de las producciones agrícolas en cuanto al empleo de sustancias químicas.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	15	9,80
Bueno	28	18,30
Regular	52	33,99
Malo	58	37,91
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Una mayoría representada por el 38% de entrevistados considera que el manejo ambiental de sus producciones agrícolas en cuanto a la utilización de sustancias químicas es malo, mientras que el 34% lo evalúa como regular, el

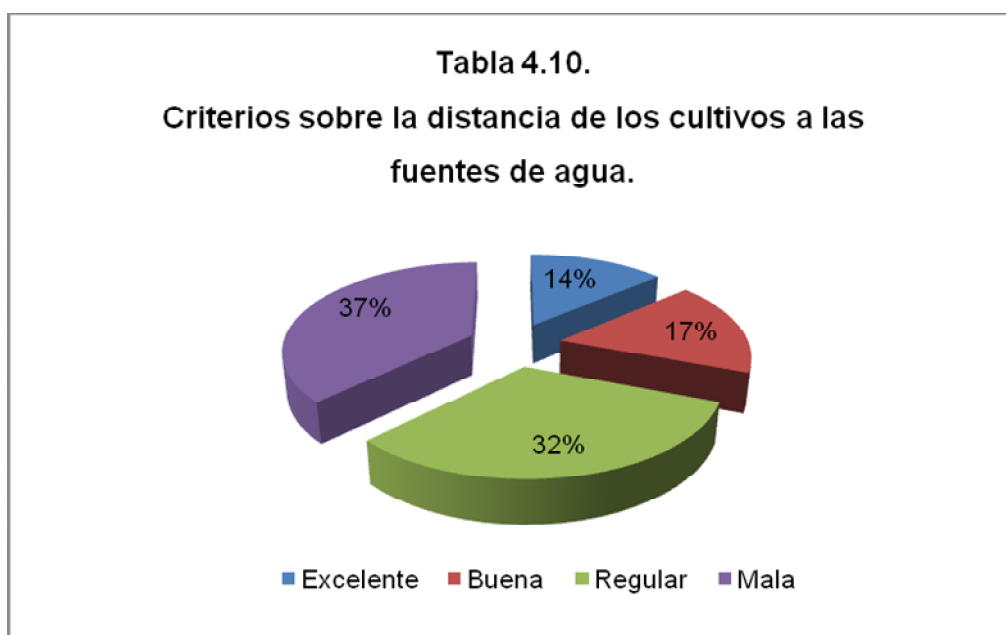
18% lo considera bueno y, sólo el 10% coincide en que dicho manejo es excelente.

- La distancia de los cultivos a las fuentes de agua es

Tabla 4.10. Criterios sobre la distancia de los cultivos a las fuentes de agua.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	21	13,73
Buena	26	16,99
Regular	49	32,03
Mala	57	37,25
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Una mayoría representada por el 37% de entrevistados considera que la distancia de los cultivos a las fuentes de agua es mala, mientras que el 32% la

evalúa como regular, el 17% la considera buena y, sólo el 14% coincide en que dicha distancia es excelente.

4.2.2. Variable dependiente: Calidad del agua potable que produce la planta de tratamiento (CÁLCULOS DEL ICAGUA, RESULTADOS DE ENTREVISTAS-CALIDAD DE AGUA)

Después de aplicada la técnica de observación in situ de la planta de tratamiento de agua de la comunidad de Caguazhun Grande, se obtuvo como información, que la misma, a pesar de existir físicamente, ninguna de sus etapas de tratamiento funciona, es decir, que el agua sale de la misma tal y como entró, sin sedimentación ni filtración, ni cloración, ni ninguno de los procesos que debían integrarla. Es decir, que el agua de las fuentes es dirigida hacia un tanque de almacenamiento y, de ahí, mediante la fuerza gravitatoria, transportada hacia los hogares de la comunidad.

Es por ello que la calidad del agua de las fuentes coincide con la del agua de consumo que se suponía potabilizada por la planta de tratamiento y se calcula su calidad según los valores del ICAGUA para la combinación de las aguas de las cinco fuentes con que cuenta la comunidad bajo estudio y que consume el agua que ellas suministran, sin tratamiento alguno.

De los 15 parámetros indicadores de la calidad del agua investigados, 11 de ellos aparecen en los cálculos del modelo ICAGUA, que consta de 23 parámetros. El aspecto del agua de las fuentes, que es un parámetro que forma parte del ICAGUA, también fue considerado, estimándose, por observación simple, que en la época seca, el agua tiene un aspecto catalogado como “bueno”, y que en la época lluviosa, este es solamente “aceptable”, según las clasificaciones del ICAGUA. Debido a esto, los valores del índice se calcularon considerando el aspecto entre “bueno” y “aceptable”, es decir, “agradable”,

como puede ser comprobado en la Tabla 2.3, que equivale a un valor porcentual de 70%.

En definitiva, el valor del ICAGUA se calculó con base en los 12 parámetros que fue posible investigar y que están dentro de los 23 con que cuenta el modelo (más del 50%). Las Tablas desde la 4.11 hasta la 4.16 sirven para facilitar los cálculos del ICAGUA para cada fuente de agua y los valores porcentuales se extrajeron de la Tabla 2.3. La constante K , se consideró igual a 0,90; considerando que las aguas de las fuentes son casi claras y con muy ligera turbidez aparentemente no natural. Los cálculos son los siguientes:

Tabla 4.11. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Achupillas 1 (Dugdugcucho).

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MEDIA (mg/dm ³)	VALOR PORCENTUAL (%)	PESO DEL PARÁMETRO
Aspecto	Agradable	70,00	1
Aceites y Grasas	0,38	37,33	2
Amonio	0,07	76	3
Cloruro	296	40,40	1
Coliformes Totales	43	100,00	3
Coliformes Fecales	25	100,00	4
DBO ₅	3,1	69,00	3
Dureza	32	97,20	1
Nitrato	13	34,00	2
Oxígeno disuelto	5,5	45,00	4
Sólidos Disueltos Totales	39	100,00	2
Sulfatos	273	38,47	2

* Subjetiva, sin unidades.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Aplicando la ecuación del ICAGUA para cada fuente de agua. En este caso, para la fuente Achupillas 1, $ICAGUA = 71,74\%$, equivalente a un Nivel de Calidad Ambiental (NCA) de 0,72 según la función de transformación de la Figura 2.2; y evaluado como bueno, en la escala correspondiente de la Tabla 2.3.

Tabla 4.12. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Achupillas 2 (Papaloma).

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MEDIA (mg/dm ³)	VALOR PORCENTUAL (%)	PESO DEL PARÁMETRO
Aspecto	Agradable	70,00	1
Aceites y Grasas	0,45	35,00	2
Amonio	0,08	74,00	3
Cloruro	331	38,45	1
Coliformes Totales	52	100,00	3
Coliformes Fecales	36	100,00	4
DBO ₅	3,9	61,00	3
Dureza	38	94,80	1
Nitrato	10	40,00	2
Oxígeno disuelto	4,5	55,00	4
Sólidos Disueltos Totales	52	100,00	2
Sulfatos	298	36,80	2

* Subjetiva, sin unidades.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Para la fuente Achupillas 2, $ICAGUA = 72,24\%$, equivalente a un Nivel de Calidad Ambiental (NCA) de 0,72 según la función de transformación de la Figura 2.2 y evaluado como bueno, en la escala correspondiente de la Tabla 2.3.

Tabla 4.13. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Chachacón 1.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MEDIA (mg/dm ³)	VALOR PORCENTUAL (%)	PESO DEL PARÁMETRO
Aspecto	Agradable	70,00	1
Aceites y Grasas	0,32	39,33	2
Amonio	0,06	78,00	3
Cloruro	269	43,10	1
Coliformes Totales	36	100,00	3
Coliformes Fecales	20	100,00	4
DBO ₅	2,8	72,00	3
Dureza	39	94,40	1
Nitrato	12	38,00	2
Oxígeno disuelto	5,7	73,00	4
Sólidos Disueltos Totales	28	100,00	2
Sulfatos	224	42,60	2

* Subjetiva, sin unidades.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Para la fuente Chachacón 1, *ICAGUA* = 77,08%, equivalente a un Nivel de Calidad Ambiental (NCA) de 0,77 según la función de transformación de la Figura 2.2 y evaluado como bueno, en la escala correspondiente de la Tabla 2.3.

Tabla 4.14. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Chachacón 2.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MEDIA (mg/dm ³)	VALOR PORCENTUAL (%)	PESO DEL PARÁMETRO
Aspecto	Agradable	70,00	1
Aceites y Grasas	0,28	41,33	2
Amonio	0,057	78,60	3
Cloruro	255	44,50	1
Coliformes Totales	31	100,00	3
Coliformes Fecales	17	100,00	4
DBO ₅	2,5	75	3
Dureza	16	100	1
Nitrato	11	38	2
Oxígeno disuelto	5,7	67	4
Sólidos Disueltos Totales	19	100	2
Sulfatos	232	41,80	2

* Subjetiva, sin unidades.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Para la fuente Chachacón 2, *ICAGUA* = 77,00%, equivalente a un Nivel de Calidad Ambiental (NCA) de 0,77 según la función de transformación de la Figura 2.2 y evaluado como bueno, en la escala correspondiente de la Tabla 2.3.

Tabla 4.15. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la fuente de agua Chachacón 3 (Gallocantana).

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MEDIA (mg/dm ³)	VALOR PORCENTUAL (%)	PESO DEL PARÁMETRO
Aspecto	Agradable	70,00	1
Aceites y Grasas	0,33	39,00	2
Amonio	0,07	76,00	3
Cloruro	258	44,20	1
Coliformes Totales	38	100,00	3
Coliformes Fecales	25	100,00	4
DBO ₅	2,3	77,00	3
Dureza	24	100,00	1
Nitrato	9	45,00	2
Oxígeno disuelto	5,8	68,00	4
Sólidos Disueltos Totales	31	100,00	2
Sulfatos	247	41,80	2

* Subjetiva, sin unidades.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Para la fuente Chachacón 3, *ICAGUA* = 77,43%, equivalente a un Nivel de Calidad Ambiental (NCA) de 0,77 según la función de transformación de la Figura 2.2 y evaluado como bueno, en la escala correspondiente de la Tabla 2.3.

Tabla 4.16. Datos reales para el cálculo del ICAGUA de la salida de la planta de tratamiento.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MEDIA (mg/dm ³)	VALOR PORCENTUAL (%)	PESO DEL PARÁMETRO
Aspecto	Agradable	70,00	1
Aceites y Grasas	0,28	41,33	2
Amonio	0,057	78,60	3
Cloruro	247	45,30	1
Coliformes Totales	31	100,00	3
Coliformes Fecales	17	100,00	4
DBO ₅	2,5	75,00	3
Dureza	16	100,00	1
Nitrato	11	38,00	2
Oxígeno disuelto	5,7	67,00	4
Sólidos Disueltos Totales	19	100,00	2
Sulfatos	232	41,80	2

* Subjetiva, sin unidades.

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Para la salida de la planta de la tratamiento, *ICAGUA* = 77,03%, equivalente a un Nivel de Calidad Ambiental (NCA) de 0,77 según la función de transformación de la Figura 2.2 y evaluado como bueno, en la escala correspondiente de la Tabla 2.3.

La media de los seis valores del *ICAGUA* correspondientes a las cinco fuentes más la muestra tomada en la salida de la planta de tratamiento es de 77,03%, con una desviación estándar de 2,67% y un coeficiente de variación de 3,47%.

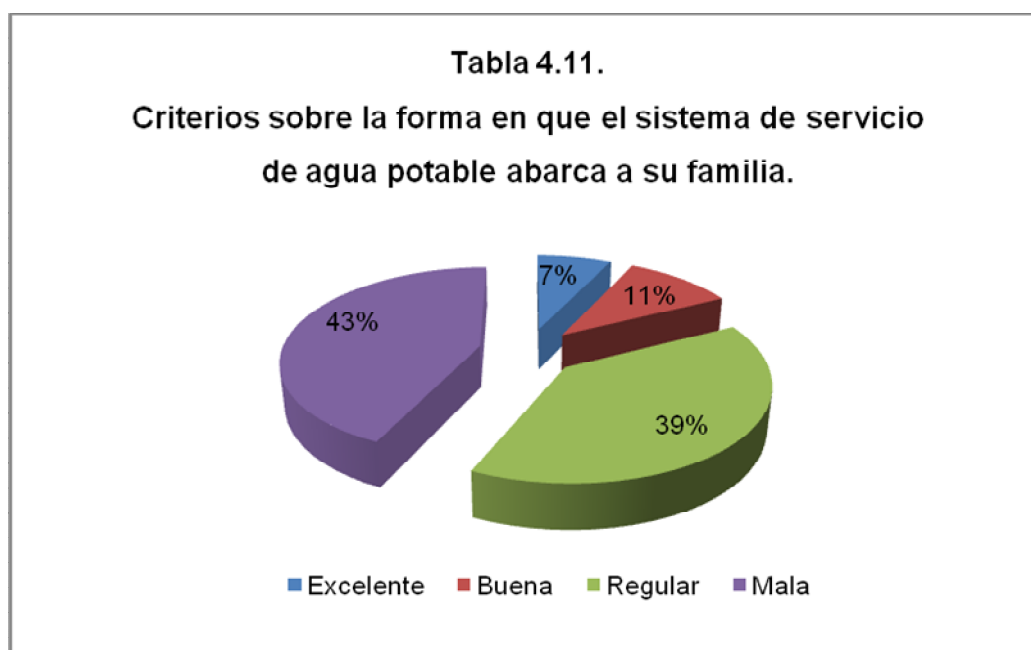
A continuación se tratarán los seis ítems de la entrevista que están asociados con la calidad y cantidad del agua suministrada de las fuentes de abasto ubicadas en la comunidad bajo estudio.

1. Forma en que el sistema de servicio de agua potable abarca a su familia.

Tabla 4.17. Criterios sobre la forma en que el sistema de servicio de agua potable abarca a su familia.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	11	7,19
Buena	16	10,46
Regular	60	39,22
Mala	66	43,14
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

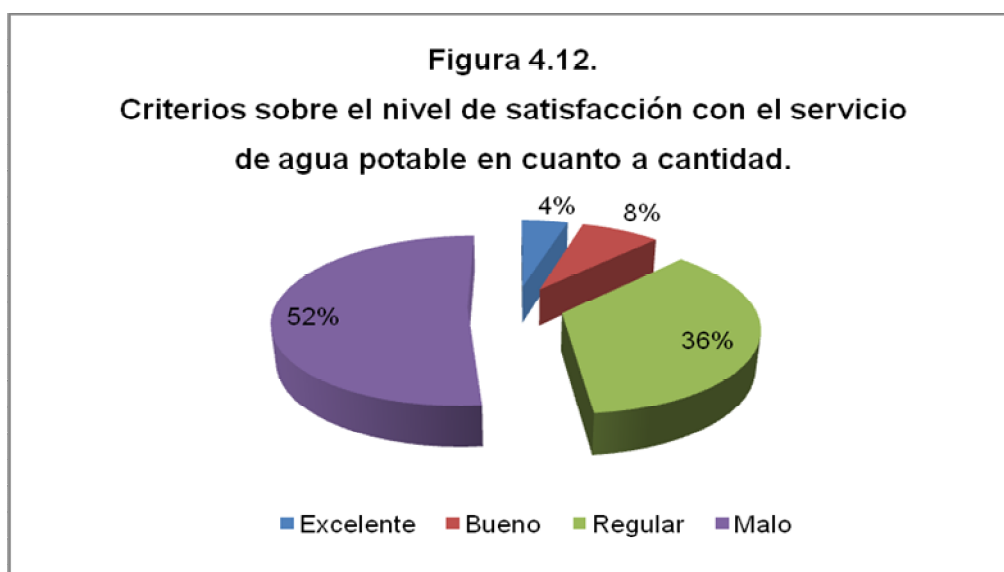
Una mayoría representada por el 43% de entrevistados considera que la forma en que el servicio de agua potable abarca a su familia es mala, mientras que el 39% la evalúa como regular. El 10% la considera buena y, sólo el 7% coincide en que dicha forma es excelente.

2. Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a cantidad

Tabla 4.18. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a cantidad.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	7	4,58
Bueno	12	7,84
Regular	55	35,95
Malo	79	51,63
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

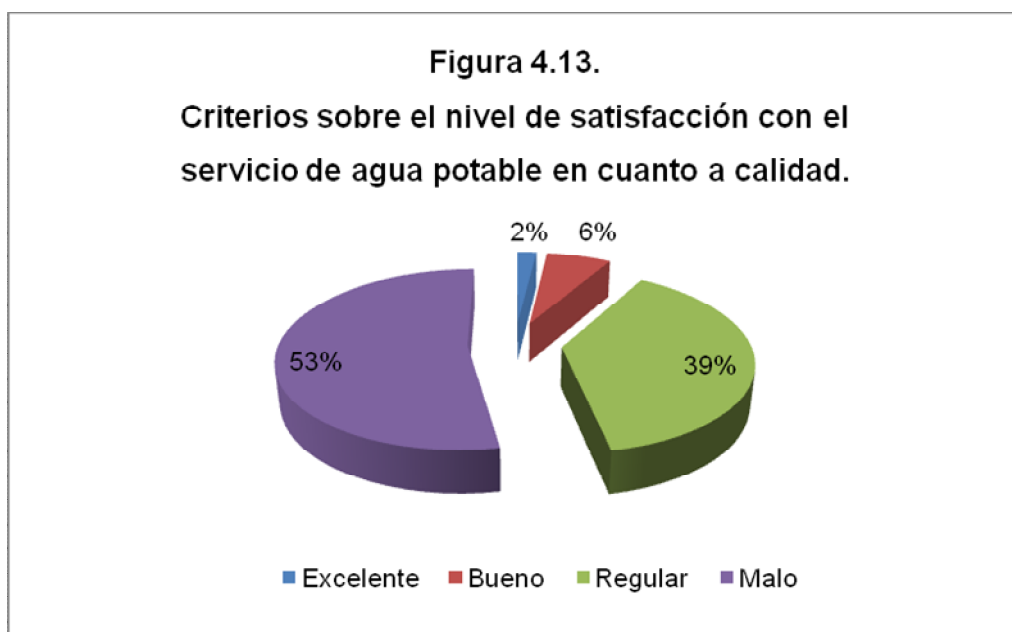
Una mayoría representada por el 52% de entrevistados considera que el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a cantidad es malo, mientras que el 36% la evalúa como regular. El 8% lo considera bueno y, sólo el 5% coincide en que dicho nivel de satisfacción es excelente.

3. Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a calidad.

Tabla 4.19. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a calidad.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	3	1,96
Bueno	10	6,54
Regular	59	38,56
Malo	81	52,94
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Una mayoría representada por el 53% de entrevistados considera que el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a calidad es malo,

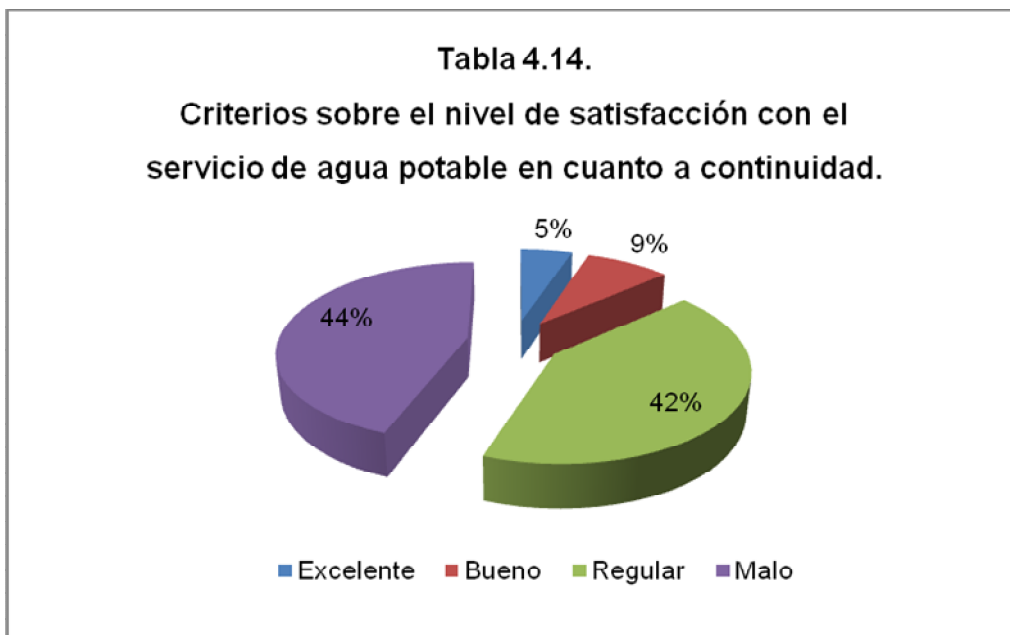
mientras que el 39% la evalúa como regular. El 6% lo considera bueno y, sólo el 2% coincide en que dicho nivel de satisfacción es excelente.

4. Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a continuidad

Tabla 4.20. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a continuidad.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	8	5,23
Bueno	13	8,50
Regular	64	41,83
Malo	68	44,44
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Una mayoría representada por el 44% de entrevistados considera que el nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a continuidad es malo,

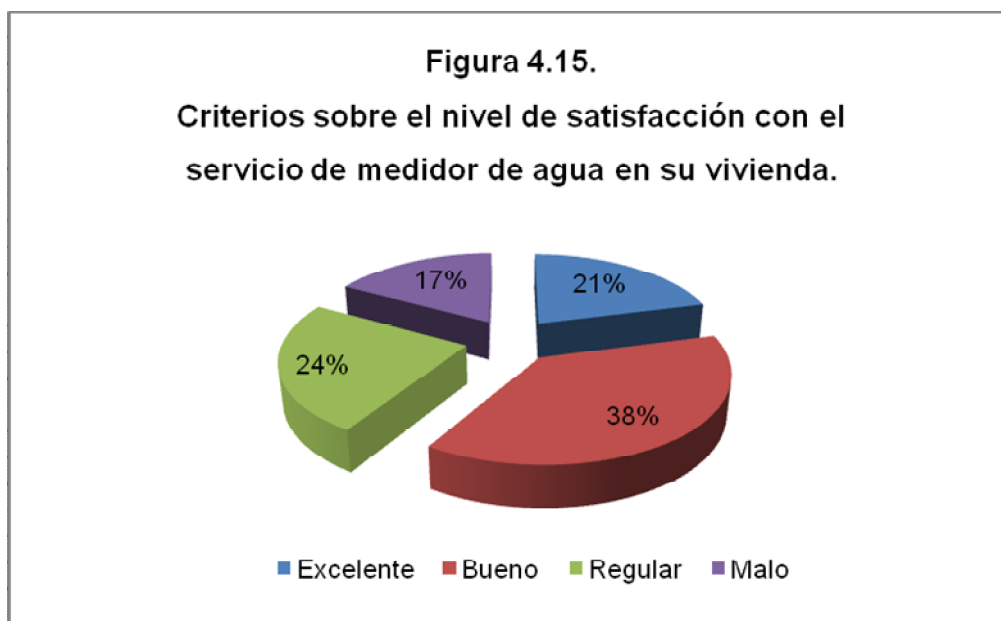
mientras que el 42% la evalúa como regular. El 9% lo considera bueno y, sólo el 5% coincide en que dicho nivel de satisfacción es excelente.

5. El servicio de medidor de agua en su vivienda es

Tabla 4.21. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el servicio de medidor de agua en su vivienda.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	32	20,92
Bueno	58	37,91
Regular	37	24,18
Malo	26	16,99
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Una minoría representada por el 17% de entrevistados considera que el nivel de satisfacción con el servicio de medidor de agua en la vivienda es malo, mientras

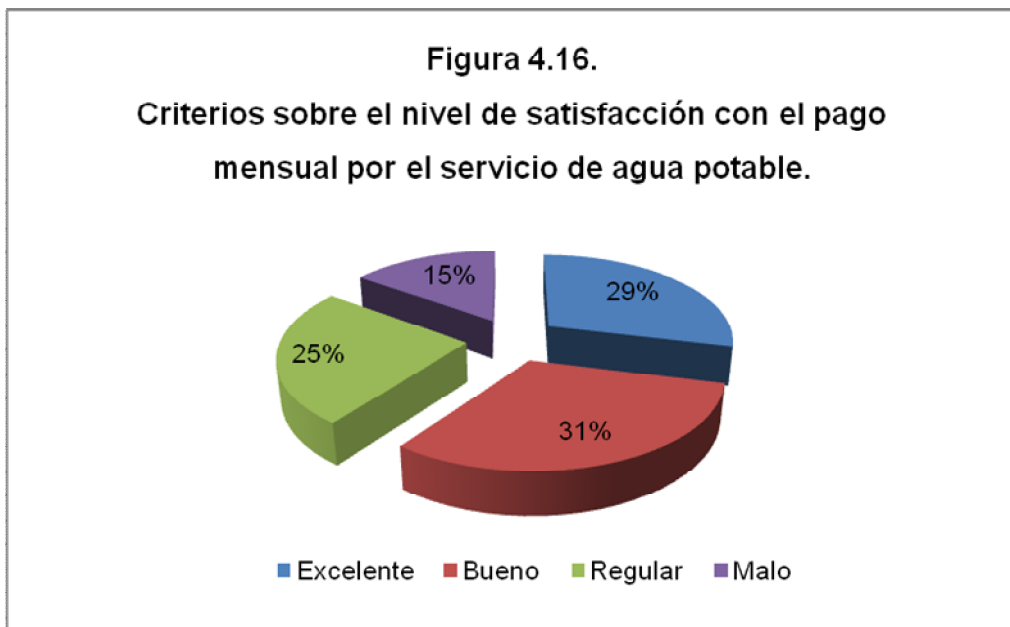
que el 24% la evalúa como regular. El 38% lo considera bueno y, un apreciable 21% coincide en que dicho nivel de satisfacción es excelente.

6. A su juicio, lo que usted paga mensualmente por el servicio de agua potable es

Tabla 4.22. Criterios sobre el nivel de satisfacción con el pago mensual por el servicio de agua potable.

RESPUESTA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Excelente	44	28,76
Bueno	48	31,37
Regular	38	24,84
Malo	23	15,03
TOTAL	153	100,00

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.



Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

Una minoría representada por el 15% de entrevistados considera que el nivel de satisfacción con el precio que paga por el agua en la vivienda es malo, mientras que el 31% la evalúa como regular. El 38% lo considera bueno y, un apreciable 29% coincide en que dicho nivel de satisfacción es excelente.

4.3. DISCUSIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN RELACIÓN A LA NATURALEZA DE LA HIPÓTESIS

4.3.1. Variable independiente: Contaminantes de las fuentes de agua

Las aguas residuales domésticas crudas, al no contar con tratamiento alguno, son el elemento clave en la contaminación de las aguas de las fuentes de abasto de la comunidad de Caguazhún Grande. Entonces, y teniendo en cuenta el hecho de que la planta potabilizadora no cumple sus funciones, parte de la Propuesta de solución de la problemática tratará sobre el qué hacer con las aguas residuales no tratadas.

Asimismo, el deficiente manejo ambiental de los residuos sólidos domésticos y de cosechas, que implican la producción de lixiviados que contaminan de forma mediata, ya sea por escurrimiento o por infiltración, a las fuentes de agua. Este es otro de los aspectos que conspira contra la calidad del agua de consumo humano en la localidad bajo estudio. Será necesario plantear un sistema apropiado de manejo de estos residuos, para propiciar el mejoramiento de dicha calidad del agua.

También el empleo de fertilizantes químicos, aunque sea en pequeñas cantidades debe ser un aspecto a considerar, sobre todo, en un sector, donde los abonos orgánicos, mucho menos contaminantes, no son escasos ni caros. Así se disminuirían las concentraciones de sales de nitrógeno, fósforo y los

compuestos de potasio, además de otros elementos de importancia contaminante que conlleva la utilización de agentes químicos en la agricultura.

De otra parte, el lavado de ropa en las propias fuentes, es causante de la elevación de concentraciones de sulfatos, nitratos y otros contaminantes de las aguas, además de colaborar con la presencia de espumas y turbiedad, incidiendo negativamente en su aspecto.

Los contaminantes de las cinco fuentes de agua que abastecen a la comunidad Caguazhun Grande, que exceden las normas del TULAS son Aceites y Grasas, Amonio, Cloruro, DBO₅, Nitrato y Oxígeno disuelto; mientras que los que exceden la Norma INEN NTE 1108 son Cadmio, Cloruro, Cobre, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Hierro (total), Nitrato, Sulfatos.

Es de destacar que mientras que los límites superiores permisibles según TULAS para Coliformes totales y fecales son muy superiores a los valores obtenidos, sucede lo contrario con los de la Norma INEN NTE 1108, que es más rigurosa que la primera.

En todos los valores obtenidos se destaca la baja variabilidad de los resultados, que queda demostrada en las relativamente pequeñas cifras de los coeficientes de variación calculados.

Una mayoría significativa del 77% de entrevistados considera que el sistema de disposición de excretas es de malo a regular. Sólo el 23% considera que el sistema de disposición de excretas es de excelente a bueno.

Se deduce entonces que, la Junta de Agua Potable y el Ilustre Municipio de Gualaceo deberán tomar las medidas necesarias que impliquen el mejoramiento del sistema de disposición de excretas de las viviendas de la

comunidad, reduciendo así las probabilidades de que estos residuos contaminen las fuentes de agua, disminuyéndose la concentración de Coliformes, sobre todo Fecales.

Una mayoría significativa del 88% de entrevistados considera que el sistema de recolección de desechos sólidos con que cuenta la familia es de malo a regular. Sólo el 12% considera que es de excelente a bueno.

Se deduce entonces que, la Junta de Agua Potable y el Ilustre Municipio de Gualaceo deberán tomar las medidas necesarias que impliquen el mejoramiento del sistema de recolección de desechos sólidos con que cuentan la comunidad, reduciendo así las probabilidades de que los desechos sólidos contaminen las fuentes de agua, disminuyéndose la concentración de contaminantes significativamente.

Una mayoría significativa del 72% de entrevistados considera que el manejo ambiental de sus producciones agrícolas en cuanto a la utilización químicos es de malo a regular. Sólo el 28% considera que es de excelente a bueno.

Se interpreta entonces que, las Autoridades competentes deberán asesorar a los agricultores en cuanto al uso en cantidad y calidad de los abonos químicos, privilegiando el empleo de abonos orgánicos, que pudieran elaborarse partiendo de desechos sólidos (orgánicos) comunitarios.

Una mayoría significativa del 69% de entrevistados considera que la distancia de los cultivos a las fuentes de agua es de mala a regular. Sólo el 31% considera que es de excelente a bueno.

Teniendo en cuenta que en general se tiene el criterio de la cercanía de las fuentes de agua a la comunidad, deberán estudiarse medidas de protección de

las mismas, evitando así su contaminación y la reducción de los costos de potabilización.

4.3.2. Variable dependiente: Calidad del agua potable que produce la planta de tratamiento

En cuanto a la calidad del agua potable que produce la planta de tratamiento de la comunidad Caguazhun Grande, ya se ha establecido que esta no cumple función alguna y ninguno de los procesos que deberían intervenir en la potabilización del agua, particularmente la filtración, la adsorción y la desinfección, al no funcionar, hacen que, de hecho, el agua que emana de la misma no sea potable, aunque, en ausencia de otra posibilidad, la población se ve obligada a utilizarla, con las consabidas consecuencias negativas que esto trae.

Los valores del Índice de Calidad del Agua (ICAGUA), indican que aunque el agua de las fuentes no está excesivamente contaminada, tampoco puede otorgársele la categoría de potable. Los valores del mencionado índice bordean el 0,75; lo cual implica una buena calidad ambiental, lo cual no quiere decir, se insiste, que sea potable y por tanto pueda usarse para el consumo humano.

Los valores del ICAGUA presentaron una baja variabilidad, lo que indica una buena agrupación de los mismos alrededor de la media y que implica, la calidad del accionar de la toma de muestra, transporte de las mismas y de la actividad desarrollada en el laboratorio de análisis.

La solución más importante es el rediseño y puesta en marcha de la planta potabilizadora, para lo cual, la Junta de Agua, deberá gestionar los recursos humanos y financieros necesarios para ello.

El 60% de los 15 parámetros investigados (Aceites y grasas, Amonio, Cloruro, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, DBO₅, Hierro (total), Nitrato, Oxígeno disuelto y Sulfato) presentan concentraciones promedio de las cinco fuentes de agua que abastecen la planta de potabilización de la comunidad Caguazhun Grande, que no cumplen con los valores establecidos por las normas TULAS o por INEN NTE 1108, o por ambas inclusive.

Cabe destacar tanto a Coliformes Totales como Fecales, los cuales son indicativos de un mal manejo de excretas y que conlleva a la incidencia de enfermedades asociadas a otros microorganismos probablemente presentes en el agua.

Esto se ve agravado por el hecho de que la planta de potabilización no fue diseñada según las características del agua que utilizaría como materia prima y lo que es más, ni siquiera funciona.

De otra parte, no existe ninguna otra fuente de agua disponible, como Recurso Natural, que pueda ser utilizada para el abastecimiento de la comunidad bajo estudio, por lo que se hace necesario el diseño, construcción y puesta en marcha de una planta de potabilización cuyos procesos sean apropiados para el tratamiento del agua con que se cuenta en Caguazhun Grande.

4.3.3. Comprobación / disprobación de la hipótesis

Los contaminantes de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande inciden negativamente en la calidad del agua potable que produce su planta de tratamiento.

Para facilitar la Comprobación / disprobación de la hipótesis, se elaboró la Tabla 4.13, con los valores medios de cada parámetro indicador de la contaminación

investigado, considerando las cinco fuentes de agua, sus desviaciones estándar y los límites máximos permisibles por TULAS y por NTE INEN 1108.

Tabla 4.23. Valores medios de cada parámetro indicador de la contaminación investigado, considerando las cinco fuentes de agua y salida de la planta (concentraciones en mg/dm³ con excepción de los Coliformes que se dan en NMP/0,1 dm³ .

CONTAMINANTE	ACHUPILLAS 1	ACHUPILLAS 2	CHACHACÓN 1	CHACHACÓN 2	CHACHACÓN 3	SALIDA PLANTA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	TULAS	NTE INEN 1108
Aceites y Grasas	0,38	0,45	0,32	0,30	0,33	0,28	0,343	0,062	0,3	-----
Amonio	0,07	0,08	0,06	0,05	0,07	0,057	0,065	0,011	0,05	-----
Cadmio	0,007	0,009	0,005	0,004	0,003	0,004	0,005	0,002	0,01	0,003
Cloruro	296	331	269	266	258	247	277,833	30,721	250	250
Cobre	0,68	0,77	0,56	0,41	0,34	0,44	0,533	0,167	1,0	1,0
Coliformes Totales	43	52	36	34	38	31	39,000	7,537	3 000	< 2**
Coliformes Fecales	25	36	20	19	25	17	23,667	6,861	600	< 2**
Cromo Hexavalente	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,05	0,05
DBO ₅	3,1	3,9	2,8	2,4	2,3	2,5	2,833	0,599	2,0	-----
Dureza, CaCO ₃	32	38	39	21	24	16	28,333	9,438	500	300
Hierro (total)	0,84	0,81	0,71	0,64	0,67	0,47	0,690	0,133	1,0	0,3
Nitrato	13	10	12	11	9,0	11	11,000	1,414	10,0	10,0
Oxígeno disuelto***	5,5	4,5	5,7	5,8	5,8	5,7	5,500	0,502	6,0	-----
Sólidos Disueltos Totales	39	52	28	27	31	19	32,667	11,466	1 000	1 000
Sulfatos	273	298	224	232	247	232	251,000	28,844	400	200

Elaborada por: Once, W. (2010). Gualaceo, Ecuador.

a) Aceites y grasas

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “Aceites y Grasas”,

H_0 : $\mu = 0,3 \text{ mg/dm}^3$ y el parámetro Aceites y Grasas no se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

H_1 : $\mu > 0,3 \text{ mg/dm}^3$ y el parámetro Aceites y Grasas se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

$$\text{Bajo } H_0 \text{ se tiene que } t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N-1} = \frac{0,343 - 0,3}{0,062} \sqrt{6-1} = 1,55$$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,10; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es menor que $t_{0,90}$; que para 5 grados de libertad, significa $t < 1,48$ (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $1,55 > 1,48$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , con un 90% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “Aceites y Grasas” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS para fuentes de agua de consumo humano que se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

Con relación a la norma NTE INEN 1108, no se presenta el valor límite correspondiente a este parámetro.

b) Amonio

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “Amonio”,

H_0 : $\mu = 0,05 \text{ mg/dm}^3$ y el Amonio no se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

H_1 : $\mu > 0,05 \text{ mg/dm}^3$ y el Amonio se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

$$\text{Bajo } H_0 \text{ se tiene que } t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N-1} = \frac{0,065 - 0,05}{0,011} \sqrt{6-1} = 3,05$$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,025; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es menor que $t_{0,975}$; que para 5 grados de libertad, significa $t < 2,57$ (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $3,05 > 2,57$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , con un 97,5% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “Amonio” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS para fuentes de agua de consumo humano que se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

Con relación a la norma NTE INEN 1108, no se presenta el valor límite correspondiente a este parámetro.

c) Cloruro

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “cloruro”,

H_0 : $\mu = 0,05 \text{ mg/dm}^3$ y el cloruro no se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

H_1 : $\mu > 0,05 \text{ mg/dm}^3$ y el cloruro se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

$$\text{Bajo } H_0 \text{ se tiene que } t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N-1} = \frac{277,83 - 250}{30,721} \sqrt{6-1} = 2,03$$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,05; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es menor que $t_{0,95}$; que para 5 grados de libertad, significa $t < 2,57$ (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $2,03 > 2,02$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , con un 95% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “cloruro” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS, así como por NTE INEN 1108, para fuentes de agua de consumo humano que se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

d) Coliformes Totales

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “Coliformes Totales”,

H_0 : $\mu = 2 \text{ NMP/0,1dm}^3$ y los Coliformes Totales no se presentan en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108.

H_1 : $\mu > 2 \text{ NMP/0,1dm}^3$ y Coliformes Totales se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108.

Bajo H_0 se tiene que $t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N-1} = \frac{39 - 2}{7,54} \sqrt{6-1} = 10,97$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,005; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es menor que $t_{0,995}$; que para 5 grados de libertad, significa $t < 4,03$ (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $10,97 > 4,03$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , con al menos un 99,5% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “Coliformes Totales” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108 para fuentes de agua de consumo humano que se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

Con relación a la norma TULAS, el valor límite es elevado, es decir, que dicha normativa es mucho más permisiva en lo que concierne a este parámetro.

e) Coliformes Fecales

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “Coliformes Fecales”,

H_0 : $\mu = 2 \text{ NMP}/0,1\text{dm}^3$ y los Coliformes Fecales no se presentan en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108.

H_1 : $\mu > 2 \text{ NMP}/0,1\text{dm}^3$ y Coliformes Fecales se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108.

$$\text{Bajo } H_0 \text{ se tiene que } t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N - 1} = \frac{23,667 - 2}{6,861} \sqrt{6 - 1} = 7,06$$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,005; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es menor que $t_{0,995}$; que para 5 grados de libertad, significa $t < 4,03$ (de la distribución de la “ t ” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $7,06 > 4,03$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , con al menos, un 99,5% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “Coliformes Fecales” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108 para fuentes de agua de consumo humano que se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como

crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

Con relación a la norma TULAS, el valor límite es elevado, es decir, que dicha normativa es mucho más permisiva en lo que concierne a este parámetro.

f) DBO₅

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “DBO₅”,

H₀: $\mu = 2 \text{ mg/dm}^3$ y la DBO₅ no se presentan en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

H₁: $\mu > 2 \text{ mg/dm}^3$ y la DBO₅ se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

$$\text{Bajo } H_0 \text{ se tiene que } t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N - 1} = \frac{2,888 - 2}{0,599} \sqrt{6 - 1} = 3,11$$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,025; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H₀ si t es menor que t_{0,975}; que para 5 grados de libertad, significa t < 4,03 (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H₀ y aceptar H₁.

Como 3,11 > 2,57; se rechaza H₀ y se acepta H₁, con al menos, un 97,5% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “DBO₅” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS para fuentes de agua de consumo humano que se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye

un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

Con relación a la norma NTE INEN 1108, no se presenta el valor límite correspondiente a este parámetro.

g) Hierro (total)

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “Hierro (total)”,

H_0 : $\mu = 2 \text{ mg/dm}^3$ y el Hierro (total) no se presentan en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108.

H_1 : $\mu > 2 \text{ mg/dm}^3$ y el Hierro (total) se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108.

$$\text{Bajo } H_0 \text{ se tiene que } t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N-1} = \frac{0,69 - 0,3}{0,133} \sqrt{6-1} = 6,56$$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,005; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es menor que $t_{0,995}$; que para 5 grados de libertad, significa $t < 4,03$ (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $6,56 > 4,03$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , con al menos, un 99,5% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “Hierro (total)” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108 para fuentes de agua de consumo

humano que se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhún Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

Con relación a la norma TULAS, el valor límite es elevado, es decir, que dicha normativa es mucho más permisiva en lo que concierne a este parámetro.

h) Nitrato

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “Nitrato”,

H_0 : $\mu = 10 \text{ mg/dm}^3$ y el Nitrato no se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

H_1 : $\mu > 10 \text{ mg/dm}^3$ y el Nitrato se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

Bajo H_0 se tiene que $t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N - 1} = \frac{11 - 10}{1,41} \sqrt{6 - 1} = 1,58$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,10; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es menor que $t_{0,90}$; que para 5 grados de libertad significa $t < 1,48$ (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $1,58 > 1,48$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , con un 90% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “Nitrato” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por

TULAS, así como por NTE INEN 1108, para fuentes de agua de consumo humano que se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

i) Oxígeno disuelto

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “Oxígeno disuelto”,

H_0 : $\mu = 6,0 \text{ mg/dm}^3$ y el Oxígeno disuelto no se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por TULAS.

H_1 : $\mu < 6,0 \text{ mg/dm}^3$ y el Oxígeno disuelto se presenta en concentración significativamente inferior a la exigida por TULAS.

$$\text{Bajo } H_0 \text{ se tiene que } t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N-1} = \frac{5,5 - 6,0}{0,502} \sqrt{6-1} = -2,22$$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,05; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es mayor que $t_{0,95}$; que para 5 grados de libertad, significa $t > 2,02$ (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $-2,22 < -2,02$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , con un 99,5% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “Oxígeno disuelto” se presenta en concentración significativamente inferior a la exigida por TULAS para fuentes de agua de consumo humano que

se someten a tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

Con relación a la norma NTE INEN 1108, no se presenta el valor límite correspondiente a este parámetro.

j) Sulfato

Según los valores reportados en la Tabla 4.13 para el parámetro “Sulfato”,

H_0 : $\mu = 2 \text{ mg/dm}^3$ y los Sulfato no se presentan en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108.

H_1 : $\mu > 2 \text{ mg/dm}^3$ y Sulfato se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108.

$$\text{Bajo } H_0 \text{ se tiene que } t = \frac{\bar{x} - \mu}{D.E.} \sqrt{N-1} = \frac{251 - 200}{28,84} \sqrt{6-1} = 3,95$$

Para una prueba de una cola a un nivel de significación del 0,01; se adopta la regla de decisión:

- (1) Aceptar H_0 si t es menor que $t_{0,99}$; que para 5 grados de libertad, significa $t < 4,03$ (de la distribución de la “t” de Student).
- (2) De lo contrario, rechazar H_0 y aceptar H_1 .

Como $3,95 > 3,36$; se rechaza H_0 y se acepta H_1 , un 99% de confianza, es decir, que se acepta la hipótesis de investigación de que el parámetro “Sulfato” se presenta en concentración significativamente superior a la permitida por NTE INEN 1108 para fuentes de agua de consumo humano que se someten a

tratamiento convencional (potabilización) y, por lo tanto, constituye un parámetro indicador de la contaminación evaluado como crítico para el promedio de las fuentes de agua de la comunidad Caguazhun Grande, Cantón Gualaceo, provincia Azuay.

Con relación a la norma TULAS, el valor límite es elevado, es decir, que dicha normativa es mucho más permisiva en lo que concierne a este parámetro.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES:

- Las principales vías de contaminación de las fuentes de agua que abastecen a la comunidad a través de la planta de tratamiento son el mal manejo y disposición de excretas, de los desechos sólidos comunitarios, de las producciones agrícolas en cuanto a la utilización de químicos y la distancia de los cultivos a las fuentes de agua.
- Los principales contaminantes componentes del agua cruda proveniente de las fuentes y que son tratadas en la planta de Caguazhun Grande son, Aceites y grasas, Amonio, Cloruro, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, DBO₅, Hierro (total), Nitrato, Oxígeno disuelto y Sulfato, cuyas existencias no cumplen con los estándares establecidos por las normativas vigentes (TULAS y NTE INEN 1108).
- Desde el punto de vista cuantitativo, las concentraciones medias de los parámetros indicadores de la calidad del agua antes señalados incumplen, según los siguientes porcentajes, con los valores establecidos por TULAS y NTE INEN 1108:
 - o Aceites y grasas: 14,33%
 - o Amonio: 30,00%
 - o Cloruro: 11,13%
 - o Coliformes Totales: 1 850,00% (NTE INEN 1108)
 - o Coliformes Fecales: 1 083,35% (NTE INEN 1108)
 - o DBO₅: 41,65% (TULAS)
 - o Hierro (total): 130,00%
 - o Nitrato: 10,00%
 - o Oxígeno disuelto: - 8,33% (déficit, TULAS)
 - o Sulfato: 25,50% (NTE INEN 1108)

- La calidad del agua potable producida en la planta de tratamiento y que consume la población de Caguazhun Grande puede ser evaluada como mala, puesto que dicha planta no cumple con ninguna de sus funciones, en cuanto a los procesos a ejecutarse en la misma, es decir, prácticamente, no trabaja.
- Todas las eficiencias de remoción de los parámetros indicadores de la contaminación del agua que egresa de la planta de tratamiento son nulas, puesto que la misma no trabaja.
- Se elaboró un Plan de Manejo para propiciar el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano que emerge de la planta potabilizadora de la comunidad Caguazhun Grande, mediante el diseño de una planta potabilizadora del agua de acuerdo con las características del agua de las fuentes que la alimentan.

5.2. RECOMENDACIONES:

- Que se mejoren los sistemas de manejo de excretas y desechos sólidos de la comunidad.
- Que se realice la sustitución de abonos inorgánicos por orgánicos, producidos por los residuos orgánicos de las cosechas y de las actividades domésticas de la comunidad.

- Que se construya y ponga en marcha la planta de tratamiento diseñada.
- Que se evalúe periódicamente la calidad del agua de las fuentes así como del agua potable que genera la planta potabilizadora.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA ALTERNATIVA

6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD CAGUAZHUN GRANDE, CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA AZUAY.

6.2. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta la necesidad de disponer de agua para consumo humano con la calidad requerida en la comunidad Caguazhun Grande, lo cual, en la actualidad deja bastante que desear, es que se realiza la presente Propuesta Alternativa, la cual, al ser ejecutada, propiciaría el mejoramiento significativo de la calidad de vida de la población, particularmente en cuanto a los aspectos de salud y bienestar, garantizando el buen vivir de la población involucrada, derecho irrenunciable que garantiza la constitución del Ecuador.

Al ser el agua uno de los compuestos con mayor importancia para el ser humano, éste se ve obligado a quitarle a la madre naturaleza, una vez más, uno de sus frutos más valiosos, el líquido vida.

El desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso que dicha agua requerirá de una serie de correcciones y tratamientos que eliminan aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre.

De aquí, destacar la gran importancia que tiene la potabilización del agua, ya que agua en mal estado o simplemente con sustancias nocivas para el hombre

pero inherentes en ella, pueden provocar, como ya se ha visto en numerosas ocasiones, enfermedades tales como la difteria.

Es por eso, que en este trabajo de investigación, se justifica, siendo la potabilización del agua, un derecho de la ciudadanía de la comunidad de Caguazhun Grande, cantón Gualaceo.

6.3. FUNDAMENTACIÓN

La presente propuesta se fundamenta en dos aspectos, principalmente:

- a) Los resultados obtenidos sobre la calidad del agua de las fuentes de abasto de la comunidad, alejados de los estándares principales establecidos por la normativa vigente.
- b) La inoperancia de la supuesta planta de potabilización de agua que debería funcionar para el abastecimiento de agua de consumo humano a la población de Caguazhun Grande.
- c) Los principios y beneficios que brinda el agua a la salud de la población involucrada.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo general

Diseñar la planta de tratamiento de agua para la comunidad Caguazhun Grande, cantón Gualaceo, provincia Azuay

6.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los procesos a emplear.
- Dimensionar los procesos determinados.
- Estimar el costo de la planta de tratamiento.

6.5. *IMPORTANCIA*

Hoy día, nadie niega la importancia de disponer de agua de calidad óptima para el consumo humano, puesto que la misma se asocia con un sin número de enfermedades que se transmiten vía ingestión de líquido vital.

Son 500 personas, entre hombres, mujeres y niños, que se verían beneficiados por la ejecución de la presente Propuesta, que implicaría una reducción significativa de la incidencia de enfermedades, sobre todo, del tracto gastro intestinal, determinándose así, un ahorro significativo en gastos asociados con la salud humana y animal y el decremento de los índices de mortalidad infantil y general.

6.6. *UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA*

La ubicación sectorial y física de la planta de potabilización a diseñar se asocia con la adaptación de la planta existente al nuevo diseño, en la propia comunidad Caguazhun Grande, en el Cantón Gualaceo, Provincia Azuay.

6.7. FACTIBILIDAD

La presente Propuesta, reflejo de las necesidades de la comunidad de Caguazhun Grande de disponer de una calidad de vida acorde con la actualidad mundial, es factible, puesto que tanto la Ilustre Municipalidad del Cantón Gualaceo, como la correspondiente Junta de Agua, han manifestado reiteradamente, su predisposición a acoger cualquier sistema de sugerencias dirigido al mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano en la referida localidad.

Asimismo, estas instituciones cuentan con el apoyo técnico y los recursos necesarios para alcanzar los objetivos que aquí se proponen, agregando la vigilancia técnica tanto de la planta potabilizadora como de la protección a las fuentes.

6.8. PLAN DE TRABAJO

Para iniciar la construcción de la planta de tratamiento de agua de Caguazhun Grande se necesita de un diseño civil, con el cálculo de bases, estructuras, sistema hidráulico, etc. Pero para ello, según el alcance de la presente Propuesta, se realizará la determinación de los procesos unitarios a emplear, el dimensionamiento de dichos procesos y, la estimación del costo de la planta de tratamiento, según los procesos propuestos.

6.8.1. Determinación de los procesos unitarios

Teniendo en cuenta las características principales del agua de las cinco fuentes que en conjunto, que abastecerían a la planta potabilizadora, así como las recomendaciones que aparecen en la literatura internacional

especializada^{18,19,20}, se determinó que los procesos unitarios necesarios y suficientes para el tratamiento del agua de la comunidad bajo estudio son:

- a) Filtración lenta ascendente (Arena y Grava)
- b) Filtración lenta descendente (Arena y Grava)
- c) Desinfección con cloro
- d) Reserva

Una vez que se cuenta con el sistema de captación instalado, basta adecuar la instalación existente para la implementación de los sistemas para los procesos antes mencionados.

6.8.2. Descripción y dimensionamiento de la planta potabilizadora

Teniendo en cuenta que la población beneficiada de Caguazhun Grande es de alrededor de 500 personas, considerando una proyección de crecimiento a 20 años (620 personas), teniendo en cuenta un factor de seguridad y, destinando una cifra de 120 litros/ hab·d, pero en la realidad de la comunidad el consumo es de aproximadamente 80litros/hab·d, como disponibilidad del preciado líquido, la planta deberá tener la posibilidad de entregar 49 600 dm³/d o, lo que es lo mismo, 49.6 m³/d.

En la planta de tratamiento, se ha previsto la construcción de dos filtros para tratar el agua cruda en épocas de invierno, que es cuando el agua se vuelve turbia y con color mayor a las normas permitidas.

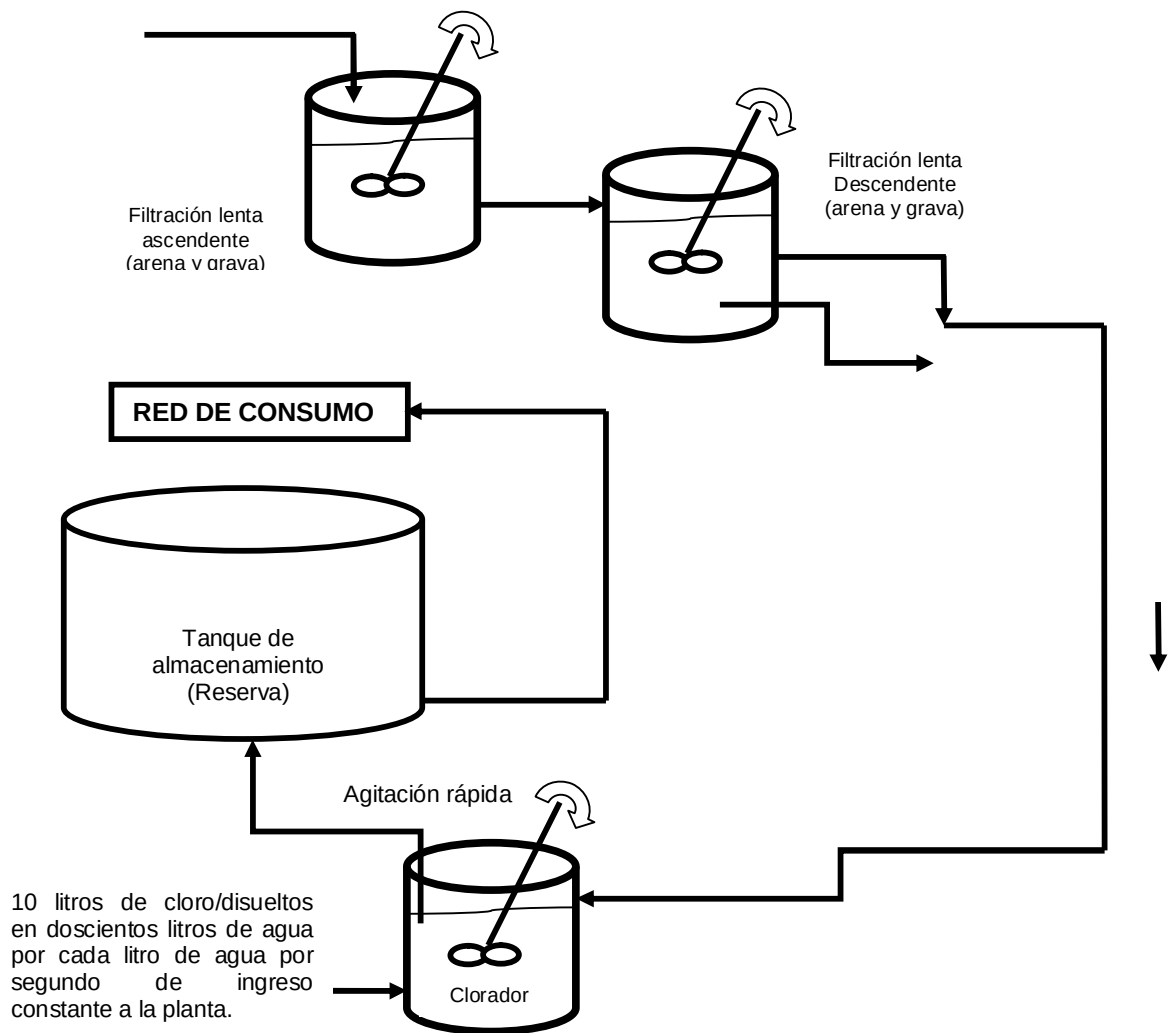
¹⁸ METCALF & EDDY, INC. (2007). *Ingeniería de Aguas residuales*. 4ta. Edición. Ed. McGraw – Hill, Madrid, España.

¹⁹ FAIR, G. M., GEYER, J. C. y OKUN, D.A. (2008). *Water and Wastewater Engineering*. 3th. Edition, Ed. Wiley Toppan International, New York, U.S.A.

²⁰ CRITES, R., TCHOBANOGLOUS. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Ed. McGraw – Hill, Bogotá, Colombia.

En la Figura 6.1 se presenta un diagrama de flujo de la planta potabilizadora descrita.

Figura 6.1. Diagrama de flujo de la planta potabilizadora a implementarse.



6.9. ACTIVIDADES

La secuencia de actividades para la implementación de la Propuesta es la siguiente:

- a) Diseño civil de la planta, según el diseño (dimensionamiento) de procesos aquí propuesto.
- b) Construcción civil de la planta.
- c) Capacitación del personal que operará la planta.
- d) Puesta en marcha de la planta de potabilización implementada.
- e) Verificación de la calidad del agua potable obtenida atendiendo a la normativa vigente.

6.10. RECURSOS

6.10.1. Materiales

- Materiales de construcción inherentes a la implementación de la planta.
- Grava
- Arena
- Cloro desinfectante
- Hormigón
- Tubería PVC
- Tubería Hg
- Valvulería

6.10.2. Humanos

- Un ingeniero civil.
- Un operador

- Un contador(a)

6.10.3. Financieros

La Junta de Agua de la Comunidad de Caguazhun Grande, conjuntamente con los Directivos Comunitarios serán los responsables de gestionar, con el Ilustre Municipio, los fondos necesarios para el diseño e implementación de la planta potabilizadora de agua de la comunidad Caguazhun Grande.

El costo estimado de la implementación de la planta de potabilización de agua propuesta es de 86.431,82 USD (Ver anexo 2).

6.11. IMPACTO

La implementación de la presente Propuesta tendrá un impacto positivo significativo en la población de Caguazhun Grande, afectada por la deficiente calidad del agua de consumo humano. La salud, sobre todo de los sectores más vulnerables, niños(as) y anciano(a)s, se verán mejorados sustancialmente, al disminuir la incidencia de enfermedades adquiridas a través del agua supuestamente potable.

6.12. EVALUACIÓN

La evaluación del trabajo de la planta aquí propuesta se realizará a través del plan de control de calidad que se diseñe al efecto, en el que se plantearán análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua de entrada, proveniente de las fuentes, así como al agua que rinde la planta potabilizadora y, comparándose los resultados con los estándares establecidos por la normativa ambiental vigente.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA, WPCF. (2005). *Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales*. 15ta.
- BERIOS, H. L. (2009). *La historia del agua potable*. Ed. Limusa, Córdoba, Argentina.
- CANDILL, S.A. y HELLER, E. K. (2007). *Métodos de potabilización de agua*. Ed. Prentice – Hall, Londres, Reino Unido.
- CONESA, V. (1997). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ed. Mundi – Prensa. Madrid, España.
- CONGRESO NACIONAL. (1999). *Ley de Gestión Ambiental*. R.O. 245 de 30 de julio de 1999. Quito.
- CORBITT, R. A. (2003). *Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental*. Ed. McGraw – Hill, Madrid, España.
- COUNCIL, R. P. (2003). *El agua y las enfermedades: Recorrido histórico*. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- FORO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. (2009). *Pronunciamiento ante el Proyecto de la Ley de Recursos Hídricos aprobado por la Comisión de Soberanía Alimentaria*. Ed. CAMAREM, Quito.
- GAINS, Y. S. (2008). *Water Pollution Control Systems*. Ed. Elsevier, Yale, U.S.A.

- GRANDA, A. DUBLY, A. BORJA, G. (2004). *Agua, Vida y Conflicto*. Corporación Editora Nacional, Comisión Ecuménica de Derechos Humanos, Quito.
- INEN (2005). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE 1108. Agua Potable. Requisitos*. Quito, Ecuador.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1983). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 Agua Potable Requisitos*. Quito, Ecuador
- JIMENEZ, C. et al. (1999). Módulo de tutoría I. Programa de capacitación en liderazgo educativo. Ed. Unidad técnica EB/PRODEC. Ecuador.
- KENDALL, K. L. (2007). *All about water quality*. Journal of Chemical Education. Vol. III, No. 2. New York, U.S.A.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2002 , *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, actualizada a diciembre de 2002*. Corporación de estudios y Publicaciones. Quito, Ecuador.
- TULAS (2002). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua Libro VI, Anexo 1, Quito, Ecuador.
- VISSCHER J. T., et al, 1992; "Filtración Lenta en Arena Tratamiento de Agua para Comunidades", Documento Técnico 24, International Water and Sanitation Center (IRC), Centro Inter-Regional de Abastecimiento y Remoción de Agua (Cinara), Cali, Colombia.

ANEXOS

ANEXO 1. CUESTIONARIO DE ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS REPRESENTANTES DE LAS 153 FAMILIAS DE LA COMUNIDAD

a) Forma en que el sistema de servicio de agua potable abarca a su familia

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Buena	
Regular	
Mala	

b) Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a cantidad

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

c) Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a calidad

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

d) Nivel de satisfacción con el servicio de agua potable en cuanto a continuidad

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

e) El servicio de medidor de agua en su vivienda es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

f) A su juicio, lo que usted paga mensualmente por el servicio de agua potable es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

g) El sistema de disposición de excretas con que cuenta su familia es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

h) El sistema de recolección de desechos sólidos con que cuenta su familia es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

i) El manejo ambiental de sus producciones agrícolas en cuanto a la utilización químicos es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

j) La distancia de los cultivos a las fuentes de agua es

ALTERNATIVA	RESPUESTA
Excelente	
Bueno	
Regular	
Malo	

ANEXO 2

ANEXO 2-1

P R E S U P U E S T O / R E S U M E N		
Ubicación:		Caguazhú
Fecha Referencial:		Noviembre 2010
DESCRIPCIÓN		VALOR
SISTEMA DE AGUA POTABLE – CONDUCCIONES		32.865,19
SISTEMA DE AGUA POTABLE – DISTRIBUCIÓN		16.680,28
SISTEMA DE AGUA POTABLE - PLANTA DE TRATAMIENTO		18.170,80
MEDIDAS AMBIENTALES		3.235,00
PROGRAMA DE DESARROLLO COMUNITARIO Y SOCIAL		6.220,00
SUBTOTAL		77.171,27
IVA		9.260,55
TOTAL		86.431,82

SON: OCHENTA Y DOS MIL SISCIENTOS CINCUENTA Y SIETE CON 42/100 DOALRES

ANEXO 2-2

SISTEMA DE AGUA POTABLE-DISTRIBUCION						
Ubicación:		Caguazhun				
Fecha Referencial:		Noviembre 2010				
PRESUPUESTO						
Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
01		OBRAS PRELIMINARES				619,74
01.001	597004	Replanteo y Nivelación para Red de Agua	m	939,00	0,66	619,74
02		EXCAVACIONES, RELLENOS Y DESALOJOS				3.879,19
02.001	592001	Excavación de zanja a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	300,48	8,55	2.569,10
02.002	595002	Relleno Compactado de Zanja con mat. Clasificado en Obra	m3	300,48	4,36	1.310,09
03		TUBERIAS Y ACCESORIOS				3.983,03
03.001	597018	Preparación de Fondo de Zanja, e=10cm	m2	375,60	0,61	229,12
03.002	5AD007	Suministro y Tendido de cama de arena e=10cm	m2	375,60	2,61	980,32
03.003	5A3267	Sum - Ins. Tubería PVC U/E 0.80 Mpa D = 63 mm	ml	134,00	3,01	403,34
03.004	5A3326	Sum - Ins. Tubería PVC E/C 0.80 Mpa D = 50 mm	ml	805,00	2,80	2.254,00
03.005	5A3004	Sum - Ins. Tee PVC U/E D = 63mm	u	3,00	24,84	74,52
03.006	5A3003	Sum - Ins. Tee PVC E/C D = 50mm	u	7,00	3,86	27,02
03.007	5A3009	Sum - Ins. Reductor PVC E/C 63mm a 50mm	u	2,00	2,48	4,96
03.008	5A3331	Sum - Ins. Reductor PVC E/C 50mm a 25mm	u	5,00	1,95	9,75
		MEDIDORES DE AGUA				8.198,32
03.020		Sum - Ins. Medidor de 1/2" de chorro múltiple	u	104,00	28,58	2.972,32
03.021		Sum - Ins. Caja de medidor de 50x30 cm	u	104,00	17,96	1.867,84
03.022		Muro para caja de medidor de mampos ladrillo 1.0x0,8 m	u	104,00	32,29	3.358,16
SUBTOTAL						16.680,28
IVA					12%	2.001,63
TOTAL						18.681,91

ANEXO 2-3

SISTEMA DE AGUA POTABLE-CONDUCCIONES						
Ubicación:		Caguazhun				
Fecha Referencial:		Noviembre 2010				
PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
01		OBRAS PRELIMINARES				1.814,00
01.001	597004	Replanteo y Nivelación para Red de Agua	m	2.748,49	0,66	1.814,00
02		EXCAVACIONES, RELLENOS Y DESALOJOS				17.031,90
02.001	592001	Excavación de zanja a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	1.319,28	8,55	11.279,84
02.002	595002	Relleno Compactado de Zanja con mat. Clasificado en Obra	m3	1.319,28	4,36	5.752,06
03		TUBERIAS Y ACCESORIOS				13.052,54
03.001	597018	Preparación de Fondo de Zanja, e=10cm	m2	1.649,09	0,61	1.005,94
03.002	5AD007	Suministro y Tendido de cama de arena e=10cm	m2	1.649,09	2,61	4.304,12
03.003	5A3267	Sum - Ins. Tubería PVC U/E 0.80 Mpa D = 63 mm	ml	2.159,07	3,01	6.498,80
03.004	5A3327	Sum - Ins. Tubería PVC E/C 0.80 Mpa D = 40 mm	ml	589,42	2,11	1.243,68
04		VALVULAS				966,75
04.001	540116	Sum - Ins. Collarin HD D=63 mm x 1/2" (Importado)	u	9,00	29,21	262,89
04.002	540391	Sum - Ins. Collarin HD D=50 mm x 1/2" (Importado)	u	2,00	25,46	50,92
04.003	540406	Sum - Ins. Neplo HG 1/2" L= 2" a 4"	u	22,00	1,54	33,88
04.004	540388	Sum - Ins. Llave de Corte D=1/2" (Importado)	u	5,00	8,45	42,25
04.005	540535	Sum - Ins. Válvula Admisión y Expulsión de Aire D= 1/2"	u	5,00	105,93	529,65
04.007	540178	Sum - Ins. Válvula de Compuerta D=1/2". Tipo NIBCO (USA) o similar	u	6,00	7,86	47,16
SUBTOTAL						32.865,19
IVA					12%	3.943,82
TOTAL						36.809,01

Son: treinta y seis mil ochocientos nueve con 1/100 dólares

ANEXO 2-4

SISTEMA DE AGUA POTABLE-PLANTA DE TRATAMIENTO					
Ubicación:		Caguazhun			
Fecha Referencial:		Noviembre 2010			
P R E S U P U E S T O					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
	SISTEMA DE AGUA POTABLE: "C A G U A Z H U N"				
PT.01	REPLANTEO Y NIVELACION	Ha	0,25	125,72	31,43
A.-	CAJON DE LLEGADA Y REPARTIDOR DE CAUDALES:	U	1		
A.01	DESBROCE Y LIMPIEZA	M2	6,25	1,58	9,88
A.02	EXCAVACION A MANO	M3	4	5,29	21,16
A.03	RELLENO COMPACTADO	M3	0,5	3,69	1,84
A.04	REPLANTILLO DE PIEDRA e=0.20m.	M2	2,25	8,96	20,16
A.05	ENCOFRADO DE MADERA	M2	17,78	9,99	177,62
A.06	HORMIGON SIMPLE 210 Kg/cm2	M3	1,13	128,01	144,65
A.07	ENLUCIDO + IMPERMEABILIZANTE	M2	10	9,99	99,9
A.08	ENLUCIDO PALETEADO	M2	7,2	6,38	45,94
A.09	VERTEDERO METALICO	U	2	27,79	55,58
A.10	PINTURA BLANCA	M2	7,2	2,21	15,91
A.11	TAPA SANITARIA	M2	2,25	99,57	224,03
A.12	CANDADO VIRO #102	U	2	22,5	45
	ACCESORIOS:				

A.13	ACCESORIOS DE ENTRADA: PVC 50mm - HG 1 1/2"	U	1	98,15	98,15
A.14	ACCESORIOS DE SALIDA: PVC 110mm	U	2	69,74	139,48
A.15	ACCESORIOS REBOSE Y DESAGUE: PVC 110mm DESAGUE	U	1	111,12	111,12
B.-	FILTRO LENTO DE ARENA DE	U	2		
	FLUJO DESCENDENTE				
	SE CONSTRUIRA EN TANQUES FERROCEMENTO				
B.01	DESBROCE Y LIMPIEZA	M2	130	1,58	205,4
B.02	EXCAVACION A MANO	M3	40	5,29	211,6
B.03	RELLENO COMPACTADO	M3	10	3,69	36,9
	P I S O:				
B.04	DRENES (TUBERIA PVC DESAGUE 4")	M	36	8,2	295,2
B.05	REPLANTILLO DE PIEDRA E= 0.20M	M2	40,84	8,96	365,93
B.06	HORMIGON SIMPLE 210 K/CM2	M3	3,26	128,01	417,31
B.07	MALLA ELECTROSOLDADA TIPO 4.10	M2	40,84	6,89	281,39
B.08	MALLA HEXAGONAL 5/8 h=1.00mt.	M	84,68	4,51	381,91
B.09	ENLUCIDO TIPO 3 + IMPERMEABILIZANTE	M2	29,02	9,99	289,91
	P A R E D:				
B.10	ENCOFRADO PARED CIRCULAR	M2	40,51	15,48	627,09
B.11	MALLA HEXAGONAL 5/8"X H=1.50M	M	162,1	5,76	933,7
B.12	MORTERO 1:2	M3	0,8	161,94	129,55
B.13	ENLUCIDO TIPO 3 + IMPERMEABILIZANTE	M2	40,52	9,99	404,79
B.14	ENLUCIDO TIPO 6	M2	40,52	7,16	290,12
B.15	MALLA DE CERRAMIENTO H=1.50M	M2	40,52	14,17	574,17
	M A T E R I A L - L E C H O F I L T R A N T E:	U	2		
B.17	GRAVA PARA FILTROS DE GRANULOMETRIA DETERMINADA	M3	10,8	65,39	706,21
B.18	ARENA PARA FILTROS-COEFICIENTE UNIFORMIDAD ESPECIF	M3	28	121,38	3.398,64
	A C C E S O R I O S:				
B.19	ACCESORIOS DE ENTRADA: PVC 63mm.	U	2	150,72	301,44

B.20	ACCESORIOS DE SALIDA: PVC 110mm + HG 4"+ HG 2"	U	2	215,74	431,48
B.21	ACCESORIOS DE REBOSE Y DESAGÜE: 110mm + HG4" +HG2"	U	2	604,24	1.208,48
B.22	ACCESORIOS DRENAJE PRINCIPAL Y LATERALES D'FILTROS	U	2	474,48	948,96
B.23	ACCESORIOS DE SALIDA A CLORACION: HG 3"	U	1	305,03	305,03
C.-	T I N A D E L A V A D O D E A R E N A:				
C.01	DESBROCE Y LIMPIEZA	M2	28	1,58	44,24
C.02	EXCAVACION A MANO	M3	10,5	5,29	55,55
C.03	RELLENO COMPACTADO	M3	3,4	3,69	12,55
C.04	REPLANTILLO DE PIEDRA	M2	20,63	8,96	184,84
C.05	HORMIGON SIMPLE 210 Kg/cm2	M3	1,73	128,01	221,46
C.06	ENLUCIDO TIPO 6	M2	8,63	6,38	55,06
C.07	ENCOFRADO DE MADERA	M2	9,5	9,99	94,91
	A C C E S O R I O S:				
C.08	COLLARIN PVC 63mm a 1"	U	1	28,96	28,96
C.09	ADAPTADOR FLEX 1" MACHO	U	4	0,75	3
C.10	TUBERIA POLIETILENO B/D 1"	M	20	0,59	11,8
C.11	CODO HG 1" x 90°	U	3	3,46	10,38
C.12	VALVULA DE COMPUERTA RW 1"	U	1	24,42	24,42
C.13	TRAMOS CORTOS DE HG 1"	M	1	14,5	14,5
D.-	ALCANTARILLADO PARA DESAGUES DE PLANTA TRATAMIENTO				
D.01	DESBROCE Y LIMPIEZA	M2	45	1,58	71,1
D.02	EXCAVACION A MANO	M3	36	5,29	190,44
D.03	RELLENO COMPACTADO	M3	29	3,69	107,01
D.04	POZO DE REVISION h=0.8 a 2.00 mts.	U	3	78,55	235,65
D.05	TUBERIA H.SIMPLE 200mm	M	20	10,91	218,2
D.06	TUBERIA PVC 110mm DESAGUE	M	10	7,13	71,3
D.07	TUBERIA H.SIMPLE 150mm	M	10	10,65	106,5
F.-	C E R R A M I E N T O D E M A L L A:	U	1		
F.01	DESBROCE Y LIMPIEZA	M2	36	1,58	56,88

F.02	EXCAVACION A MANO	M3	7,2	5,29	38,09
F.03	RELLENO COMPACTADO	M3	5,8	3,69	21,4
F.04	HORMIGON CICLOPEO	M3	10,4	122,3	1.271,92
F.05	ENCOFRADO DE MADERA	M2	26	9,99	259,74
F.06	TUBO CERRAMIENTO HG 2"	M	36	7,73	278,28
F.07	MALLA CERRAMIENTO H=1.50M	M	26	7,91	205,66
F.08	HORMIGON SIMPLE 210 K/CM2	M3	0,52	128,01	66,57
F.09	ACERO DE REFUERZO	KG	12,6	2,94	37,04
F.10	ENLUCIDO PALETEADO	M2	4	7,16	28,64
F.11	PUERTA DE MALLA 1.20 X 1.80M	U	1	126,31	126,31
F.12	PINTURA BLANCA	M2	4	2,21	8,84
F.13	CANDADO VIRO #102	U	1	22,5	22,5
	COSTO TOTAL DE LA OBRA				18.170,80

ANEXO 3. FOTOGRAFÍAS DE LA COMUNIDAD, DE LOS CULTIVOS, DE LAS FUENTES DE AGUA Y DE LA PLANTA ACTUAL



Foto No.1 Tanque recolector de caudales de todas las captaciones



Foto No. 2 Válvula de aire



Foto No. 3 Caseta de cloración



Foto No. 4 Reserva de ferrocemento



Foto No. 5 Reserva de Hormigón Ciclópeo



Foto No. 6 Caja y accesorios de salida de la reserva de hormigón ciclópeo



Foto No. 7 Caja y accesorios de salida de la reserva de Ferrocemento

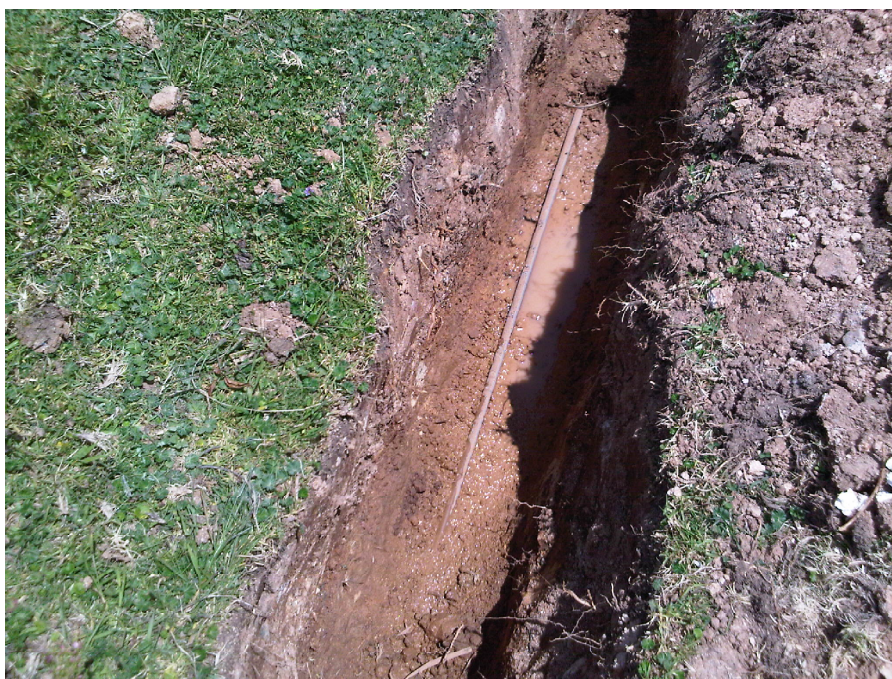


Foto No. 8 Red de distribución (tubería en buen estado)



Foto No. 9 Red de distribución (domiciliaria de ½")



Foto No. 10 Medidor de ½"



Foto No. 11 Medidor de agua de ½"



Foto N- 12 Letrina contigua a la vivienda



Foto N- 13 Letrina distante de la vivienda



Foto N- 14 Tapas de la fosa séptica de la letrina falladas



Foto N-15 Vista general de la cuenca



Foto N- 16 Captación de Achupillas 1 (Dugdugcucho)



Foto N- 17 Captación de AChupillas 2 (Papaloma)



Foto N-18 Captación de Chagchacón 3



Foto N-19 Captación de Chagchacón 2



Foto N-20 Captación de Chagchacón 1



Foto N- 21 Deforestación de la cuenca



Foto N-22 Comunidad Caguazhun Grande