



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

AREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TITULO DE INGENIERIO EN GESTIÓN AMBIENTAL

**Determinación de la calidad del agua de la micro cuenca del estero
Chaquiscayacu como fuente de abastecimiento de agua de la parroquia
San Vicente de Huaticocha, cantón Loreto, Provincia de Orellana.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Cordova, Augusto Salvador

DIRECTOR: Guamán Caraguay, José Miguel, M.Sc.

CENTRO UNIVERSITARIO COCA

2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

M.Sc.

José Miguel Guamán Caraguay

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: “Determinación de la calidad del agua de la microcuenca del estero Chaquiscayacu como fuente de abastecimiento de agua de la parroquia san Vicente de Huaticocha, cantón Loreto, provincia de Orellana” realizado por Cordova Augusto Salvador, ha sido orientado y continuamente revisado durante su ejecución, por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Loja, 11 de julio de 2016

M.Sc. Guamán Caraguay José Miguel

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

"Yo, Cordova Augusto Salvador declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Determinación de la calidad del agua de la microcuenca del estero Chaquiscayacu como fuente de abastecimiento de agua de la parroquia san Vicente de Huaticocha, cantón Loreto, provincia de Orellana, de la Titulación de Gestión Ambiental, siendo Guamán Caraguay, José Miguel, M.Sc director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posible reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

f.

Autor: Córdoba Augusto Salvador.

Cédula: 1500403157

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo representado en este trabajo se lo dedico a mi familia, compadres, amigos y a todos aquellos que de alguna u otra forma me dieron apoyo.

Augusto Cordova.

AGRADECIMIENTO

Dejo expresado mi eterno agradecimiento a mi familia por la paciencia y la esperanza, a los compadres, los amigos, los profesores y a la UTPL en general, por todo el apoyo en fortalecer el conocimiento.

Augusto Cordova

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<u>PAGINA</u>	<u>NÚMERO</u>
CARÁTULA.....	I
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos.....	4
CAPITULO I.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 La microcuenca hidrográfica.....	6
1.2 El agua.....	6
1.2.1 Calidad del agua.....	7
1.2.2 Definición de calidad de agua	7
1.2.3 Propiedades físicas y químicas del agua.....	7
1.2.4 Agua y salud.....	8
1.2.5 Contaminación del agua.....	10
CAPITULO II.....	28

AREA DE ESTUDIO, MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1 Área de estudio	29
2.2 Parámetros a estudiar.....	34
2.3 Muestreo de aguas.....	36
2.3.1 Descripción de campo.....	38
2.3.1 Descripción del sitio y condiciones ambientales.....	38
2.3.2 Descripción o rotulado de la muestra	38
2.3.3 Análisis en campo	40
2.3.4 Envases por muestra:.....	40
2.3.5 Proceso para muestras de agua	41
2.3.6 Transporte y envío de las muestras.....	42
2.3.7 Olor y sabor	42
2.3.8 Estimación del caudal.....	42
2.4 Análisis de laboratorio	44
2.4.1 Turbidez.....	44
2.4.2 Temperatura, pH.	44
2.4.3 Demanda química de oxígeno.	44
2.4.4 Metales, bario, cromo, plomo, cadmio, cobre, hierro total, selenio.....	45
2.4.5 Nitritos.....	45
2.4.6 Nitratos.....	45
2.4.7 Amonio.....	45
2.4.8 Fenoles.	45
2.4.9 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5),.....	46
2.4.10 Aceites y Grasas	46
2.4.11 Cloro libre residual.....	46
2.4.12 Coliformes totales.....	46
2.4.13 Coliformes fecales.....	46
2.5 Metodología de interpretación.....	47
2.6 Análisis de posibles actividades contaminantes de origen antropogénico. ...	47
2.7 Materiales utilizados.....	47
2.8 Equipos de campo.....	48
 CAPITULO III.....	 49
 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	 49
3.1 Resultados.....	50
3.1.1 Tabulación e interpretación de resultados a través de criterio de calidad Tab. 1 AM 028 -2015 del TULSMA y criterio de calidad en base a la NTE INEN 1 108-2014	50
3.1.2 Estimación de caudales.....	58
3.2 Discusión de los Resultados	58
 CONCLUSIONES.....	 65

RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

TABLAS	PAGINAS
Tabla 1.- Sectores y sustancias contaminantes.	11
Tabla 2.- Tabla de equivalentes de población (contaminantes expresados en DBO o similar)	12
Tabla 3.-Fuentes de contaminación potencial de aguas subterráneas.....	13
Tabla 4.- Puntos de muestreo.....	30
Tabla 5.-Parámetros de estudio y criterios de calidad.	34
Tabla 6: Reactivos para la conservación de muestras de agua.	41
Tabla 7: Puntos de aforo y coordenadas.....	43
Tabla 8: Punto de muestreo en la zona de captación del sistema de agua en el Estero Chaquiscayacu.	50
Tabla 9: Punto de muestreo en la zona de los tanques de almacenamiento y distribución.....	52
Tabla 10: Punto de muestreo en el Restaurante Lissette, la zona más cercana a los tanques de almacenamiento y distribución.....	53
Tabla 11: Punto de muestreo en la Unidad Educativa Alejandro Labaka, la zona intermedia a los tanques de almacenamiento y distribución.....	55
Tabla 12: Punto de muestreo en la Unidad Educativa Ávila, la zona más alejada a los tanques de almacenamiento y distribución.....	56
Tabla 13: Estimación de caudales en los puntos de aforo.....	58

GRÁFICOS	PÁGINAS
Gráfico 1: Resultados de muestras tomadas en la captación de agua del Estero Chaquiscayacu.	59
Gráfico 2: Resultados de muestras tomadas en los tanques reservorios y distribución.	60
Gráfico 3: Resultados de muestras tomadas en el restaurante Lissette.	61
Gráfico 4: Resultados de muestras tomadas en el Colegio Alejandro Labaka.....	61
Gráfico 5: Resultados de muestras tomadas en el Colegio Ávila Huiruno	62
Gráfico 6: Resultados de análisis de temperatura.....	63
Gráfico 7: Resultados de la medición de caudales de los puntos muestreados.	64

FIGURAS	PÁGINAS
Figura 1: Mapa del Cantón Loreto.	29
Figura 2: inspección de la microcuenca del estero Chaquiscayacu.	30
Figura 3: Mapa de ubicación de la microcuenca del estero Chaquiscayacu y ubicación de los puntos de monitoreo.	31
Figura 4: Mapa de acumulación de flujo de la microcuenca del estero Chaquiscayacu.	31
Figura 5: Identificación y muestreo en el punto de captación de agua.....	32
Figura 6: Identificación y muestreo en el punto de los tanques reservorios y distribución.....	33
Figura 7: Identificación y muestreo en el punto del restaurante Lissette.....	33
Figura 8: Identificación y muestreo en el punto del Colegio Alejandro Labaka.	34
Figura 9: Identificación y muestreo en el punto del Colegio Ávila Huiruno.....	34
Figura 10: Protocolo de campo y cadena de custodia.	38
Figura 11: Identificación o etiquetado de muestras.....	39

Figura 12: Toma de datos de campo	40
Figura 13: Diagrama del proceso de muestreo de agua	41
Figura 14: Mapa predial de la microcuenca del estero Chaquiscayacu.	65
Figura15: Punto de muestreo en la captación en el estero Chaquiscayacu.....	72
Figura16: Tanques de almacenamiento, tratamiento y distribución.....	72
Figura17: Punto más cercano a los tanques de tratamiento y distribución, comedor Lizette.	73
Figura18: Punto de muestreo medio desde el tanque de distribución, Colegio Alejandro Labaka.	73
Figura19: Punto de muestreo más distante a los tanques de tratamiento y distribución, Colegio Ávila Huiruno.	74
Figura20: Transporte de las muestras.	74
Figura21: Protocolo de muestreo de campo y cadena de custodia	75

RESUMEN.

La presente investigación se desarrolló en la microcuenca del estero Chaquiscayacu de la cabecera parroquial de San Vicente de Huaticocha, cantón Loreto, Provincia de Orellana, donde se evaluó la cantidad y la calidad del agua destinada al consumo humano en las etapas de: captación, almacenamiento, planta de tratamiento y red de distribución. Nuestro objetivo fue conocer la calidad del agua mediante el análisis físico-químico, microbiológico y observaciones directas en el campo de posibles fuentes de contaminación. Con los resultados obtenidos recomendar tratamientos o métodos adecuados para mejorar la calidad del agua que consume la población beneficiada. Se determinó que el agua analizada tiene una calidad aceptable, por lo que se recomienda realizar un tratamiento de desinfección convencional en lo posible automatizado. Los resultados de este estudio son de importancia para los habitantes de la parroquia San Vicente de Huaticocha por cuanto permitirá tomar decisiones para mejorar el sistema de tratamiento de agua en pro de mejorar la salud y su calidad de vida.

Palabras claves: Calidad; Agua; Contaminantes; Microcuenca; Tratamiento.

ABSTRACT.

This research was conducted in the watershed of the estuary Chaquiscayacu of the parish center of San Vicente de Huaticocha, canton Loreto, Orellana Province, where the quantity and quality of water intended for human consumption in stages evaluated: capture, storage treatment plant and distribution network. Our objective was to determine water quality through physical-chemical, microbiological and direct in the field of possible sources of contamination observations analysis. With the results obtained recommend treatments or adequate methods to improve the quality of water consumed by the target population. It was determined that the analyzed water has an acceptable quality, so it is recommended conventional treatment automated disinfection possible. The results of this study are important for the inhabitants of the parish of St. Vincent de Huaticocha as it will allow decisions to improve water treatment system towards improving the health and quality of life.

Keywords: Quality; Water; pollutants; Microcuenca; Treatment.

INTRODUCCIÓN.

El agua es el compuesto químico más abundante e importante para la vida del planeta y del universo, lo podemos encontrar en diferentes estados como líquido, sólido y gaseoso y es indispensable para el desarrollo de la vida. El agua pura es un recurso renovable, sin embargo, es susceptible de contaminarse a tal punto que ya no sea útil, sino nociva y de calidad deficiente a causa básicamente de actividades humanas en casos excepcionales por la propia naturaleza.

Hasta finales del siglo XIX no se reconoce el agua como el origen de numerosas enfermedades infecciosas por lo que la evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo; sin embargo, hoy en día, la importancia de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

El agua es un recurso natural de uso público y esencial para la vida, seguridad alimentaria y salud de los ecosistemas. Frente a esta situación, es necesario garantizar en el tiempo el abastecimiento de agua para la cabecera parroquial de Huaticocha,

El contenido esencial de la propuesta a desarrollarse, se fundamenta en la disposición legal del Art. 83 numeral 6) de la Constitución de la Republica, que determina “Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible”; como deberes y responsabilidades atribuidos a las ecuatorianas y a los ecuatorianos.

Las actividades económicas que desarrollan algunos propietarios de las fincas del área de estudio, es la agricultura y ganadería, las mismas que por su ejecución inadecuada, afectan los recursos naturales y en particular el agua; además las equivocadas actividades realizadas por el hombre por su falta de concientización, están generando problemas en el recurso hídrico, como: la creciente contaminación, y su destrucción gradual, provocando la escases de este recurso y quitando el derecho a la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

En la presente investigación se examinó la calidad del agua en el estero Chaquiscayacu como fuente de agua para la captación, planta de tratamiento, tanques reservorios y la red de distribución, tomando como referencia los parámetros de muestreo y el análisis de calidad de agua según la Norma NTE INEN 1108 y del TULSMA libro VI anexo 1, con estos resultados se pretende ayudar a las autoridades de la junta parroquial a tomar decisiones y buscar alternativas para mejorar la gestión de la microcuenca que conlleven a mejorar la calidad del agua.

OBJETIVOS.

Objetivo general.

Determinar la calidad del agua de la microcuenca del estero Chaquiscayacu como fuente de abastecimiento, en los reservorios y en la distribución de la cabecera parroquial de San Vicente de Huaticocha, cantón Loreto, Provincia de Orellana.

Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico inicial de la calidad del agua de la microcuenca del estero Chaquiscayacu como fuente de abastecimiento de la parroquia San Vicente de Huaticocha, cantón Loreto, Provincia de Orellana
- Realizar un diagnóstico de la calidad del agua en los reservorios de almacenamiento de la parroquia San Vicente de Huaticocha, cantón Loreto, Provincia de Orellana
- Realizar un diagnóstico de la calidad del agua en la red de distribución de la cabecera parroquial de San Vicente de Huaticocha, cantón Loreto, Provincia de Orellana
- Socializar los resultados de los ensayos y propuestas de tratamiento con la entidad proponente.

CAPITULO I.
MARCO TEÓRICO.

1.1 La microcuenca hidrográfica.

Microcuenca se define como una unidad geográfica menor donde vive una cantidad de familias que usa y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación.

Desde el punto de vista operativo, la microcuenca posee un área que puede ser planificada mediante la utilización de recursos locales y un número de familias que puede ser tratado como un núcleo social que comparte intereses comunes (agua, servicios básicos, Infraestructura, organización, entre otros.).

Cabe destacar que en la microcuenca ocurren interacciones ligadas entre los aspectos de la economía (relacionados a los bienes y servicios producidos en su área), sociales (que se asocian a los patrones de comportamiento de las poblaciones directas e indirectas que hacen uso de los recursos de la cuenca) y ambientales (que se vinculan al comportamiento de los recursos naturales respecto a los dos aspectos anteriores). Por ello, la planificación del uso y manejo de los distintos recursos en la microcuenca debe considerar todas estas interacciones.

1.2 El agua.

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso.

La mayor reserva de agua está en los océanos, que contienen el 97% del agua que existe en la Tierra. Se trata de agua salada, que sólo permite la vida de la flora y fauna marina. El resto es agua dulce, que toda está siempre disponible: permanece gran parte helada, formando los casquetes polares y los glaciales. (FAO, 2010). Es el principal y fundamental componente del cuerpo humano, el cual tiene un 75 % de agua al nacer y cerca del 60 % en la edad adulta. Aproximadamente el 60 % de esta es agua intracelular pues se encuentra en el interior de las células. El resto (agua extracelular) es la que circula en la sangre y baña los tejidos. El ser humano no puede dejar de beber agua más de cinco o seis días sin su vida corra peligro.

El agua potable y fácilmente accesible es importante para la salud pública, ya sea que se utilice para beber, para uso doméstico, para producir alimentos o para fines recreativos. La mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de las poblaciones y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza.

En el 2010, la ONU en la Asamblea General reconoce explícitamente el derecho humano al agua, al abastecimiento y al saneamiento. Todas las personas tienen derecho a disponer de forma continua agua suficiente, libre de contaminantes, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico.

1.2.1 Calidad del agua.

La calidad del agua influye directamente en la medición de la calidad de vida por lo que se lo acoge como un factor para determinar los índices de pobreza o riqueza de los pueblos. Es directamente incidente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc.

1.2.2 Definición de calidad de agua.

Características del agua, determinantes del nivel de pureza o grado de contaminación de la misma (Arenas, 2000). Desde la perspectiva de su gestión, la calidad del agua se define por su uso final la cual es variable. Así, el agua para la recreación, la pesca, la bebida o para el hábitat de organismos acuáticos requiere de mayores niveles de pureza, mientras que, para generar energía hidráulica, por ejemplo, las normas de calidad son más permisibles. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, después de su uso el agua suele volver de nuevamente al ciclo hidrológico, de manera que si no recibe tratamiento puede acabar afectando gravemente al medio.

1.2.3 Propiedades físicas y químicas del agua.

El agua tiene algunas propiedades físicas y químicas importantes para los ecosistemas:

- El hielo, es decir, el agua en estado sólido pesa mucho menos que el agua en estado líquido. Por esta razón, parte del hielo flota en la superficie de mares y los lagos. Durante el invierno, esta capa de hielo actúa como aislante del agua más profunda que se mantiene líquida y a una temperatura cercana de 4 grados Celsius. A esta temperatura ranas y peces pueden sobrevivir, los cuales son animales que no tienen mecanismos para regular su calor corporal. Los peces a través de las branquias, respiran el aire disuelto en el agua que permanece en estado líquido.

- Las masas de agua más grandes, como los océanos, guardan el calor que reciben del sol por el día y lentamente lo liberan durante la noche. Por tal razón, las tierras costeras tienen un clima con menor variación de temperatura entre el día y la noche y, entre el verano y el invierno.
- El agua es un disolvente de muchas sustancias y las retiene, aun cuando varíe la temperatura. Su capacidad de disolver los nutrientes del suelo lo cual es fundamental para que las plantas por sus raíces puedan absorberlos. Además, la propiedad de disolver sustancias y retenerlas, aun con la variación de la temperatura permite que algunos de los procesos metabólicos en los organismos vivos se mantengan estables pese a las oscilaciones térmicas.
- Las plantas y los animales equilibran su temperatura mediante la transpiración, es decir, utilizando la propiedad del agua de transformarse en vapor absorbiendo calor.
- El agua es un medio para que los animales desprendan, a través del sudor y la orina, sustancias que al acumularse serían perjudiciales para el organismo.
- El agua es un medio importante para el intercambio de la energía. Cuando se evapora o condensa, gran cantidad de energía es utilizada o liberada, esto puede comprobarse cuando aplicamos un trapo húmedo sobre el cuerpo: la sensación de frescura la sentimos inmediatamente.

1.2.4 Agua y salud.

El deficiente saneamiento y el agua contaminada están estrechamente relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la disentería, las diarreas, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Los servicios de agua potable y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados inapropiadamente exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud. Esto es especialmente real en el caso de los centros sanitarios en los que tanto pacientes como los profesionales de la salud quedan expuestos a riesgos mayores de infección y enfermedad cuando no existen servicios de suministro de agua potable, saneamiento e higiene. A nivel mundial, cerca del 15% de los pacientes contraen infecciones durante la hospitalización, esta proporción que es mucho mayor en países de bajos ingresos económicos.

La gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas conlleva que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada o polucionada químicamente.

Se calcula que unas 842 000 personas mueren cada año de diarrea en el mundo, como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de las manos. Sin embargo, la diarrea es ampliamente prevenible y la muerte de unos 361 000 niños menores de cinco años al año se podría prevenir si se abordaran estos factores de riesgo. En los lugares donde el agua no es fácilmente accesible, las personas pueden considerar que lavarse las manos no es una prioridad, lo que aumenta la probabilidad de propagación de la diarrea y otras enfermedades.

La enfermedad más conocida y que guarda relación con el consumo de alimentos o agua contaminados es la diarrea. Sin embargo, hay también otros peligros. Casi 240 millones de personas se ven afectadas por esquistosomiasis, una enfermedad grave y crónica provocada por lombrices parasitarias contraídas por exposición a agua infestada.

En muchas partes del mundo, los insectos que viven o se crían en el agua son portadores y transmisores de enfermedades como el dengue. Algunos de estos insectos, denominados vectores, crecen en el agua limpia, y los contenedores domésticos de agua de bebida pueden servir como lugares de cría. Tan solo con cubrir los contenedores de agua es posible reducir la cría de vectores en el ámbito doméstico.

En 2015, el 91% de la población mundial tiene acceso a una fuente mejorada de abastecimiento de agua potable, en comparación con el 76% en 1990. Desde 1990, 2600 millones de personas han obtenido acceso a fuentes de agua de mejor calidad para beber. En la actualidad, 4200 millones de personas tienen agua corriente; 2400 millones de personas obtienen el agua de otras fuentes mejoradas para abastecimiento, como grifos públicos, pozos protegidos y perforaciones, 663 millones de personas se abastecen de fuentes de deficiente calidad; de ellas, 159 millones dependen de aguas superficiales. En todo el mundo, al menos 1800 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable con presencia de contaminación fecal. El agua contaminada puede transmitir enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Se podría calcular que la contaminación del agua potable provocaría más de 502 000 víctimas por diarrea al año. De aquí al 2025, posiblemente la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua.

En los países de ingresos bajos y medios, el 38% de los centros sanitarios carecen de fuentes de agua, el 19% de saneamiento mejorado, y el 35% de agua y jabón para lavarse las manos. (Organización Mundial de la salud. 2015).

1.2.5 Contaminación del agua.

Alteración de la composición o el estado natural de las aguas por causas directas o indirectamente imputables a la actividad humana. Sin duda en la actualidad la contaminación más importante, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de cuerpos marítimos y fluviales para medios de transporte que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas ya sean subterráneas o superficiales.

Considerando las fuentes naturales y antropogénicas de contaminación, dentro de estas últimas las de vertidos urbanos, las industriales, las que proceden de la navegación y de las actividades ganaderas y agrícolas.

1.2.5.1 Factores naturales.

Algunas fuentes de contaminación del agua son de origen natural, por ejemplo, el mercurio que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y en los océanos el cual contamina la biosfera mucho más que el de procedencia de la actividad humana. Pasa algo similar con los hidrocarburos y con muchos otros productos.

Las fuentes de contaminación natural normalmente suelen ser muy dispersas y no provocar concentraciones altas de polución, con excepción de algunos lugares muy concretos. La contaminación de origen antropogénico, en cambio, la concentración es en zonas muy concretas y para la mayoría de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural.

1.2.5.2 Factores antropogénicos.

Existen cuatro factores principales de contaminación antropogénica.

- **Industria.** Según que industria, se generan distintos tipos de residuos. Generalmente en los países desarrollados muchas de industrias han conseguido eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo de aquellas que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. En algunos países en

desarrollo la contaminación del agua generada por residuos industriales es muy considerable.

Tabla 1.- Sectores y sustancias contaminantes.

Sector industrial	Substancias contaminantes principales
Construcción	Sólidos en suspensión, metales, pH.
Minería	Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros.
Energía	Calor, hidrocarburos y productos químicos.
Textil y piel	Cromo, taninos, tensoactivos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácidos acético y fórmico, sólidos en suspensión.
Automoción	Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales.
Navales	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos.
Siderurgia	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos.
Química inorgánica	Hg, P, fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, F, Mn, Mo, Pb, Ag, Se, Zn, etc. y los compuestos de todos ellos.
Química orgánica	Organohalogenados, organosilícicos, compuestos cancerígenos y otros que afectan al balance de oxígeno.
Fertilizantes	Nitratos y fosfatos.
Papel y Pasta	Sólidos en suspensión y otros contaminantes que afectan al balance de oxígeno.
Plaguicidas	Organohalogenados, organofosforados, compuestos cancerígenos, biocidas, etc.
Fibras químicas	Aceites minerales y otros que afectan al balance de oxígeno.
Barnices, pinturas y tintas	Compuestos organoestámicos, compuestos de Zn, Cr, Se, Mo, Ti, Sn, Ba, Co, etc.

Fuente: (Echarri L., 1998).

Adaptado de: (Echarri L., 1998).

- **Vertidos urbanos.** La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, sin embargo, el sistema de alcantarillado arrastra todo tipo de sustancias:

emisiones de los automóviles (plomo, hidrocarburos, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.

- **Navegación.** Genera diferentes tipos de contaminación, especialmente los hidrocarburos ya sea por accidentales o no, provocando considerables daños ecológicos.
- **Agricultura y ganadería.** En los trabajos agrícolas se utilizan pesticidas, fertilizantes, se producen vertidos, restos orgánicos de animales y plantas que generalmente contaminan las aguas de una forma difusa pero muy notoria.

Tabla 2.- Tabla de equivalentes de población (contaminantes expresados en DBO o similar).

Fuente de desechos	Equivalentes población
Hombre	1
Vaca	16.4
Caballo	11.3
Gallina	0.014
Oveja	2.45
Cerdo	3

Fuente: (Echarri L., 1998).

Adaptado de: (Echarri L., 1998).

Nota: La equivalencia de población es el volumen de agua residual o la carga contaminante que genera una persona en una vivienda normal.

1.2.5.3 Fuentes de contaminación de aguas subterráneas.

La infiltración de agua salina a causa a la sobre-explotación de depósitos naturales o acuíferos que provocan drenaje natural, son situaciones naturales de contaminación de las aguas subterráneas. La mayor preocupación sobre la contaminación de agua subterránea se ha centrado en la contaminación asociada con actividades humanas. La contaminación que el hombre genera sobre las aguas subterráneas está relacionada con la disposición de residuos (aguas residuales generadas en sistemas privados, residuos sólidos en los basureros, aguas residuales municipales, depósitos de lodos , depósitos de aguas de formación de la industria petrolera, residuos de la industria minera, reinyección de residuos líquidos en pozos profundos, descarga de residuos de animales, residuos radiactivos) o indirectamente relacionado con vertidos de residuos

(algunas actividades agrícolas, accidentes, minería, lluvia acida, deshielo de carreteras, construcción y mantenimiento inadecuado de edificios, caminos y carreteras).

La siguiente tabla muestra una lista de posibles fuentes de contaminación de las aguas subterráneas.

Tabla 3.-Fuentes de contaminación potencial de aguas subterráneas.

Lugar de origen	Fuentes de contaminación potencial de aguas subterráneas			
	Municipal	Industrial	Agrícola	Individual
Cerca de la superficie del suelo	contaminación del aire. Disposición en suelos de residuos municipales, sal para el deshielo de caminos, calles y estacionamientos	contaminación de aire. Químicos: almacenamiento y derrames. Combustibles: almacenamiento y derrames. Arrastre en residuos de minas	contaminación del aire. Derrame de químicos, fertilizantes, residuos en granjas Almacenamiento y emisión al campo de pesticidas	contaminación del aire. Fertilizantes. Casas: Limpiadores, detergentes. petróleo pinturas. pesticidas.
				
Por debajo de la superficie de suelo	Basureros. Fugas y drenaje de líneas de aguas residuales	Tuberías. Tanques de almacenamiento subterráneos	Almacenamiento subterráneo. Tanques. Pozos: construidos inadecuadamente o abandonados	sistemas sépticos. Pozos: construidos inadecuadamente o abandonados
				

Fuente: (Echarri L., 1998).

Adaptado de: (Echarri L., 1998).

Grandes cantidades de compuestos orgánicos son fabricados para las industrias, y municipios y la agricultura. Estos compuestos fabricados son de gran preocupación. Los compuestos orgánicos se generan en la naturaleza y pueden provenir de fuentes naturales, así como de actividades humanas. En muchos lugares del mundo las aguas subterráneas se han contaminado por décadas con químicos, sin embargo, hasta los años 1980 estos episodios de contaminación no se reconocían como problemas medioambientales.

1.2.5.4.- Descripción breve de las fuentes de contaminación del agua subterránea.

- **Natural:** El agua subterránea puede contener algunas impurezas, incluso si no es afectada por actividades humanas. Las concentraciones y tipos de impurezas naturales dependen de la naturaleza del material geológico a partir del cual se mueve el agua subterránea, y la calidad del agua de reposición. El agua subterránea que se mueve a través de rocas y suelos sedimentarios pueden provenir en grandes cantidades de materiales y compuestos como el Magnesio, Calcio y Cloruros. Algunos acuíferos presentan altas concentraciones naturales de químicos disueltos como arsénico, boro y Selenio. Los efectos de estas fuentes contaminantes de origen natural en la calidad del agua subterránea, depende del contaminante y de su concentración.
- **Agrícola:** Los pesticidas, herbicidas, fertilizantes y residuos de animales son fuentes de contaminación de origen agrícola de aguas subterráneas. Estas fuentes de contaminación agrícola son muy variadas y numerosas: el derrame de fertilizantes y pesticidas durante el manejo, escurrimiento por la carga y el lavado con alta presión de pesticidas u otro equipo de aplicación, el uso de químicos cientos de metros ladera arriba de pozos o aguas de alimentación a pozos. Cuando la tierra agrícola no tiene suficiente drenaje es considerada por muchos agricultores como tierra que ha perdido su capacidad de producción. Los pozos de drenaje luego sirven como un conducto directo a las aguas subterráneas de las aguas residuales. El almacenamiento de productos químicos agrícolas cerca de los acueductos, como pozos y depósitos o charcos superficiales, pozos abiertos y abandonados. La contaminación también suele ocurrir cuando se almacenan químicos en áreas al aire libre, que no se protegen contra la lluvia y el viento, o almacenado en lugares donde el agua subterránea fluye desde el almacenamiento de químicos a los pozos.

- **Industrial:** La fabricación y los servicios industriales generan altas demandas de agua para enfriamiento, aguas de proceso y agua para limpieza. La contaminación de las aguas subterráneas ocurre cuando el agua usada sin tratar se devuelve al ciclo hidrológico. Las actividades económicas modernas requieren del transporte y almacenamiento de materiales usados en la fabricación, proceso y construcción. En el camino de transporte, parte de este material puede perderse por derrames, fugas o manejo inadecuado. La disposición de residuos asociados con las actividades arriba mencionadas es otra fuente de contaminación de las aguas subterráneas. Algunos negocios, generalmente carentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales, son dependientes de depósitos estrechos de aguas subterráneas. Pueden utilizar letrinas o agujeros secos, o enviar las aguas subterráneas y tanques sépticos. Cualquiera de estas formas de disposición puede dar lugar a la contaminación de las aguas subterráneas destinadas a consumo. Los agujeros secos y letrinas generan residuos que van directos al suelo. Los sistemas sépticos no son capaces de tratar los residuos industriales. Algunos residuos y aguas residuales de industrias y empresas como estaciones de servicios de automóviles, limpiadores en seco, componentes eléctricos o fabricantes de máquinas, foto procesadores, y fabricantes de planchas de metal, pueden generar residuos altamente contaminantes y tóxicos. Otras fuentes de contaminación industrial incluyen la limpieza de tanques o equipos de spray en campo abierto, disposición de residuos en sistemas sépticos y pozos secos, almacenamiento de materiales peligrosos en lugares no protegidos o en lugares sin caminos para drenajes o lugares de recogida o retención. Los tanques de almacenamiento tanto subterráneos como superficiales de derivados del petróleo, solventes, ácidos y químicos pueden provocar fugas a causa de la corrosión, defectos e instalación inadecuada o fallo mecánico de tuberías y acoples. La minería de minerales combustibles y no combustibles puede crear oportunidades para la contaminación de las aguas subterráneas. Los problemas derivan del propio proceso de minería, disposición de residuos, y procesamiento de menas y los residuos que esto genera. (Echarri, 1998).
- **Residencial:** Los sistemas de aguas residuales residenciales puede ser una fuente de gran cantidad de contaminantes como bacterias, virus, nitratos, materia orgánica y residuos humanos. Los pozos de inyección que se usan para disposición final de aguas residuales residenciales (letrinas, sistemas sépticos, pozos de recarga de aguas subterránea, pozos de drenaje para la recogida de aguas de lluvia) son particular preocupación para la calidad de las aguas

subterráneas si estas se localizan cerca de los pozos que alimentan las aguas de uso para potabilizar. El almacenamiento y disposición inadecuado de químicos domésticos como pinturas, detergentes sintéticos, aceites solventes, medicinas, desinfectantes, químicos de piscinas, pesticidas, baterías, combustibles de diésel y gasolina puede ocasionar la contaminación de las aguas subterráneas. Cuando se tiran en la basura doméstica, los productos acabarán en las aguas subterráneas debido a que los basureros municipales no están equipados para el manejo de materiales peligrosos. De manera similar, los residuos que se depositan o entierran en el suelo pueden contaminar el subsuelo y penetrar a las aguas subterráneas.

1.2.5.5.- Transporte de los contaminantes en el agua.

Los contaminantes pueden encontrarse en el agua en diferentes estados. Pueden estar disueltos o en suspensión, lo que significa que se encuentran en forma de gotas o de partículas. Los contaminantes también pueden estar disueltos en gotas o absorbidos por partículas. Todos los contaminantes en diferentes estados, pueden desplazarse a grandes distancias en el agua de muchas maneras diferentes. La materia particulada puede caer al fondo de los cauces y lagos o ascender a la superficie, dependiendo de su densidad. Esto significa que la mayoría permanece en la misma posición cuando el agua no fluye deprisa. En los ríos, los contaminantes normalmente viajan grandes distancias. La distancia que viajan depende de la estabilidad y el estado físico del contaminante y de la velocidad del flujo del río. Los contaminantes viajan mayores distancias cuando están disueltos en un río de flujo rápido, entonces las concentraciones en un lugar son generalmente bajas, pero el contaminante puede ser detectado en muchos más lugares que si no hubiera sido transportado tan fácilmente. En los océanos y lagos las corrientes transportan los contaminantes. Existen muchas corrientes en los océanos, que son producidas por los vientos. Esto facilita a los contaminantes desplazarse de un continente a otro. Generalmente confiamos en la capacidad de los océanos para disminuir la concentración de los contaminantes, a lo que llamamos “capacidad autolimpiadora” de los océanos. Pero esto no siempre funciona, debido a que el movimiento de las corrientes no es uniforme. Esto hace que las aguas más profundas tengan generalmente niveles de contaminación sustancialmente superiores a los del mar superficial. Cuando los contaminantes persistentes se acumulan en peces o en pájaros no solo pueden convertirse en un peligro tóxico para las cadenas alimentarias acuáticas, sino

que también pueden desplazarse grandes distancias dentro de estos animales y acabar en las cadenas alimentarias de áreas no contaminadas. (Echarri, 1998).

1.2.5.6.- Factores que determinan el movimiento y la distribución de contaminantes en el agua.

Los procesos físicos determinan al movimiento de los compuestos químicos en el agua; el movimiento depende de las propiedades de los mismos compuestos químicos y de las propiedades del agua. Estos procesos serán resumidos a continuación.

El agua es un líquido polar. Esto significa que el átomo de oxígeno en una molécula de agua atrae a los electrones de los átomos de hidrógeno, de forma que estos desarrollan cargas parciales positivas. El átomo de oxígeno crea una carga parcial negativa, gracias a la cual puede atraer átomos de otras moléculas de agua y formar puentes de hidrógeno. En los compuestos apolares, tales como hidrocarburos, casi no hay separación de carga y por lo tanto no se disuelven en agua.

El agua tiende a formar agregados en los cuales cuatro moléculas rodean a cada molécula de agua. Los aniones y cationes tienen afinidad por las partes del agua que tienen carga opuesta, de manera que los agregados del agua son alterados y los iones se disuelven. Muchas sales orgánicas y compuestos orgánicos polares son solubles en agua, pero los líquidos apolares no lo son.

A partir de esto podemos concluir que las moléculas que pueden llevar a cabo separación de cargas se pueden disolver fácilmente en agua, mientras que las moléculas que no tienen cargas no son solubles en agua.

Una consecuencia de la polaridad es el efecto hidrófobo. En los procesos de formación de agregados con moléculas cargadas, el agua excluye activamente a las sustancias apolares. Esto conduce a la formación de bicapas fosfolipídicas, que contribuyen al movimiento de los contaminantes hidrófobos a través de las membranas. El nivel de hidrofobicidad está determinado por el coeficiente de relación agua/octanol. La concentración de un compuesto en octanol se divide por la concentración en agua, cuan mayor sea el número resultante de esta operación, más hidrófobo será el compuesto en cuestión.

La permanencia de un compuesto en el agua viene también determinada por su presión de vapor. Presión de vapor es la tendencia de un líquido o sólido a volatilizarse. La presión de vapor aumenta cuando se eleva la temperatura, ya que se incrementa la energía cinética de las moléculas de la superficie. Entonces más moléculas de la solución acuosa tienen tendencia a evaporarse, lo que significa que ya no están en disolución.

La división de los compuestos químicos en diferentes matrices ambientales (aire, agua y suelo) es otro factor importante. La tendencia al escape o “fugacidad” de una sustancia determina su movimiento de una matriz a otra.

La estabilidad molecular es un factor que determina el tiempo que un compuesto químico permanece en el ambiente y las distancias que puede recorrer. En el medio ambiente, los procesos físicos y químicos tales como hidrólisis y oxidación, rompen los compuestos químicos. La ruptura no está solamente determinada por la estabilidad del compuesto químico, sino también por factores ambientales como temperatura, nivel de radiación solar, pH y naturaleza de la sustancia absorbente. Por ejemplo, el pH determina la solubilidad en agua de los metales. A veces no siempre es posible la biotransformación de un compuesto por medio de su ruptura, porque puede dar lugar a un aumento de la toxicidad del compuesto. (Lenntech, B.V. 1998).

1.2.5.7.- Respuesta de los organismos a los contaminantes del agua.

Cuando la contaminación ingresa en el cuerpo de un organismo puede provocar una serie de cambios, estos cambios podrían o no servir para proteger al organismo contra efectos dañinos. Una respuesta inicial de un organismo contra los contaminantes es la inmediata acción de un mecanismo protector. Una gran parte de los casos, estos mecanismos conservan la destoxificación de los contaminantes, pero en algunos casos generan sustancias activas que pueden causar aún más daño a la célula que el contaminante original.

Otra respuesta es reducir la disponibilidad de los contaminantes encadenándolos a otra molécula, para excretarlos o acumularlos.

Junto con los mecanismos protectores un organismo también puede poner en acción un mecanismo que repare el daño causado por los contaminantes.

Las respuestas a la toxicidad y la absorción de los contaminantes no sólo dependen del contaminante que entre en el cuerpo de los organismos, sino también del tipo de organismo en cuestión. (Lenntech, B.V. 1998).

1.2.5.8.- Efectos generales que pueden tener los contaminantes del agua en los organismos.

Los contaminantes del agua pueden tener muchos efectos diferentes en los organismos, dependiendo siempre del contaminante y del organismo en cuestión. A continuación, discutiremos los efectos generales que puede tener un contaminante.

- **Genotoxicidad:** Se sabe de muchos compuestos que causan daños en el ADN cuando entran en el cuerpo de un organismo. Estos compuestos se llaman genotoxinas, debido a su efecto genotóxico.

Normalmente, cuando los contaminantes dañan el ADN, un sistema natural de reparación en el organismo lo devolverá a su estado natural, pero cuando este sistema falla por alguna razón, las células con ADN dañado pueden dividirse. Se producen entonces células mutantes y el defecto se puede extender, haciendo que la descendencia del organismo tenga serios defectos que son a menudo muy perjudiciales para la salud. Algunos son PAH's, aflatoxinas y cloruro de vinilo.

- **Carcinogenicidad:** Existen varios contaminantes carcinógenos, lo que quiere decir que inducen cáncer en el cuerpo de humanos y animales. Los contaminantes carcinógenos son contaminantes que intervienen en una o más de las fases de desarrollo de cáncer en un organismo. Los contaminantes pueden ser inductores; esto significa que introducen propiedades cancerígenas en las células de un organismo. También pueden ser promotores, lo que significa que promueven el crecimiento de células que tienen propiedades cancerígenas. Por último, pueden ser progresores, lo que significa que estimulan la división incontrolada y la propagación de las células cancerígenas. Cuando una de estas sustancias está ausente el cáncer no puede inducirse. Cuando las células cancerígenas son malignas, pueden propagarse por el cuerpo humano rápidamente, provocando defectos en células sanas y en mecanismos inmunitarios. Destruirán las células normales del cuerpo y causarán cáncer en órganos y sistemas.

- **Neurotoxicidad:** El sistema nervioso de los organismos es muy sensible a los efectos tóxicos de los compuestos químicos tanto naturales como artificiales. Los

compuestos químicos que causan efectos neurológicos se llaman neurotoxinas. Algunos ejemplos de neurotoxinas peligrosas son los insecticidas.

Las neurotoxinas en su totalidad alteran la normal transmisión de impulsos nerviosos a lo largo de los nervios o a través de las sinapsis.

Las consecuencias de la neurotoxicidad son variadas, pueden presentarse temblores musculares no coordinados y convulsiones, disfunción de los nervios y transmisiones, depresión y mareos, o incluso la total disfunción de algunas partes del cuerpo. La neurotoxicidad podría ser tan seria, que se bloqueen las sinapsis. El bloqueo de las sinapsis provoca la muerte como resultado de la parálisis de los músculos del diafragma y fallo respiratorio. (Lenntech, B.V. 1998)

- **Alteración de la transferencia de energía:** La transformación de la energía en los organismos se hace a través de los sistemas mitocondriales en las células. En la mitocondria se producen moléculas de ATP, que transfieren energía a través del cuerpo del organismo. Cuando la producción de ATP es alterada, la transferencia de energía cesará. Esto hará al organismo sentirse cansado y carente de vida e incapaz de funcionar con normalidad.

- **Efectos comportamentales:** Todos los comportamientos son vulnerables a ser alterados por contaminantes. Un resultado frecuente de la contaminación es la pérdida de apetito y por lo tanto una menor ingesta de alimentos, lo que deriva en una disminución de la producción en el caso de industria pecuaria. En la Fauna silvestre la localización de las presas también puede verse afectada, debido a los efectos de los contaminantes en las estrategias de aprendizaje, búsqueda y sistemas sensoriales, estos efectos comportamentales se traducen en menores probabilidades de supervivencia de los organismos, principalmente animales.

Una propiedad de los seres vivos es que por lo general son bioacumuladores (López, 2008) y debe tenerse en cuenta en los contaminantes su posibilidad de interactuar unos con otros. Las reacciones químicas que hacen que los compuestos químicos se combinen pueden reducir su efecto químico conjunto, pero también lo pueden potenciar, haciendo a un contaminante aún más peligroso para los organismos. (Renner, 2008).

1.2.5.9.- Parámetros que nos permiten determinar la calidad del agua.

La calidad del agua se define como el conjunto de características propias que le dan una particularidad para ser destinada a cierto uso antropogénico o ser declarada de un cierto tipo de categoría.

pH: El pH del agua natural está usualmente entre 6,5 y 8,5. Fenómenos tales como lluvia ácida pueden alterar el pH natural del cuerpo de agua. Incrementos en las concentraciones de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, proveniente de plantas de refinamiento, por ejemplo, provocan la formación de ácido nítrico y sulfúrico en la atmósfera. Estos ácidos se combinan con la humedad y caen a la tierra como lluvia ácida.

Cambios en los valores de pH del agua son importantes para muchos organismos. La mayoría de los organismos se han adaptado para vivir en el agua a pH específicos y pueden morir incluso con cambios muy pequeños de pH. A valores más altos o bajos de pH (>9,6 o <4,5) el agua es inapropiada para casi todos los organismos. Se presentan serios problemas en los lagos con un pH menor a 5, y en los ríos que reciben dosis masivas de descargas de pH extremos.

Sólidos: Concentraciones altas de iones disueltos causan problemas de balance de aguas para organismos individuales. Concentraciones bajas pueden limitar el crecimiento de la vida acuática, o algunos organismos restringidos de supervivencia en el agua.

Concentraciones altas de sólidos disueltos en agua de consumo pueden tener efectos laxativos en humanos e imparten un sabor mineral desagradable al agua. Concentraciones altas de sólidos suspendidos también reducen la claridad, contribuyen a reducir la fotosíntesis, se asocian con compuestos tóxicos y metales pesados, y llevan a un incremento de la temperatura por la absorción mayor de luz solar de las aguas superficiales.

Temperatura: La temperatura es un parámetro simple e importante, pues muchos de los procesos biológicos y químicos del río se ven afectados por ella.

La temperatura afecta al contenido de oxígeno del agua (el agua contiene menos oxígeno a medida que se incrementa la temperatura), a la proporción de fotosíntesis de las plantas acuáticas, al metabolismo de organismos acuáticos y a la sensibilidad de los organismos a desperdicios tóxicos, parásitos y enfermedades.

La estabilidad de la vida acuática en el río, desde la microbiana hasta la de los peces depende de la temperatura. Existen dos tipos de exposición a la temperatura que son importantes: máxima y mínima. La máxima es la temperatura más alta que los

organismos pueden tolerar antes de que mueran o de que su crecimiento y reproducción se vean afectados seriamente. La temperatura óptima es aquella en la que crecen y se reproducen de una manera eficiente.

La temperatura del agua es afectada por varios factores: la temperatura del aire, la temperatura del agua subterránea, escorrentías y descargas, turbidez y exposición a la luz del sol.

Turbidez: La turbidez puede también ser el resultado de la erosión del suelo, escorrentías urbanas, o la presencia de un exceso de nutrientes que resultan en un crecimiento de algas. La turbidez puede afectar también el color del agua.

A niveles altos de turbidez el agua pierde la capacidad para sostener la diversidad acuática. El agua se torna más caliente a medida que las partículas absorben de la luz solar, esto causa que los niveles de oxígeno se reduzcan. Cuando penetra menos luz en el agua decrece la fotosíntesis causando bajas adicionales en los niveles de oxígeno. La combinación de agua más caliente menos luz, y reducción del oxígeno hacen que sea imposible sobrevivir para ciertas formas de vida acuáticas. Además, los sólidos suspendidos pueden cubrir las guaridas de los peces, reducir el nivel de crecimiento, disminuir la resistencia a las enfermedades y prevenir el desarrollo de larvas y huevos.

Conductividad: La conductividad es la medida de la capacidad del agua para conducir o transmitir la corriente eléctrica. La conductividad en el agua es afectada por la presencia de sólidos disueltos inorgánicos como los aniones cloruros, nitratos, sulfatos y fosfatos (iones que llevan carga negativa), o los cationes sodio, magnesio, calcio, hierro y aluminio (iones que llevan carga positiva). Compuestos orgánicos como aceite, petróleo, fenoles, alcoholes o azúcar no conducen la corriente eléctrica tan bien como los iones por lo tanto tienen una baja conductividad cuando están en el agua. La conductividad es afectada también por la temperatura, un incremento en la temperatura del agua incrementa la conductividad.

La conductividad en los ríos se ve afectada en primer lugar por la geología del área por la que el agua del río fluye.

Amonio: En el agua de consumo humano, la determinación de amonio se toma como indicativo de contaminación fecal o con productos de putrefacción. Aunque el contenido de amonio no es de significado tóxico como tal, incluso pequeñas cantidades en el agua

pueden indicar condiciones no higiénicas como, por ejemplo, un incremento de bacterias fecales, gérmenes, etc.

Además de las aguas residuales comunales, también el estiércol de la agricultura, las aguas de filtración de vertederos de basura y áreas de descomposición de proteínas en el suelo, son fuentes adicionales de contaminación del agua por amonio.

Como la oxidación bacteriana, desde amonio vía nitrito a nitrato, en la superficie de las aguas se produce de una manera relativamente rápida, y los efluentes tratados solo pueden contener nitrógeno en la forma de nitrato, cualquier amonio detectado en la superficie del agua señala una descarga directa de agua sin tratar.

Nitrato: Las posibles fuentes para contaminación por nitratos incluyen las aguas de alcantarilla y desechos de animales, fertilizantes, nitrógeno natural desde escorrentías del suelo, y algunas prácticas industriales.

Los nitratos pueden ingresar a un ecosistema acuático desde plantas dañadas de tratamiento de aguas servidas, tanques sépticos mal construidos, escorrentías de áreas para la alimentación animal, escorrentías de granjas fertilizadas y áreas de cultivo, descargas industriales que contienen inhibidores de corrosión, y escorrentías de suelos erosionados.

Los fosfatos y los nitratos en exceso pueden acelerar la eutrofización, el exceso de nitratos puede provocar niveles bajos de oxígeno disuelto (hipoxia).

Los nitritos: tienen relativamente corta vida, pues ellos son transformados rápidamente a nitratos. Niveles altos de nitratos producen afecciones serias a los peces (enfermedades de sangre café) y afectan a la salud humana si se encuentran en el agua que es consumida.

Los nitratos reaccionan directamente con la hemoglobina de la sangre para producir methemoglobina la cual destruye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Esto es una condición seria en niños y se conoce como “niño azul”. Debido al hecho de que los nitratos pueden reducir a nitritos en el intestino, hay un mínimo estándar de 10 mg/l como máxima concentración permitida para el agua que se consume por el US Public Health service. World Resources 1988 establecieron que los nitratos en el agua

que se consumen pueden causar envenenamiento de la sangre en infantes, hipertensión en niños, cáncer gástrico en adultos y malformación fetal.

La combinación de altos niveles de nitrato con pesticidas puede formar nitrosamina, los cuales son carcinogénico y mutagénico. Los nitratos son buenos indicadores de la presencia de aguas servidas o fertilizantes en el agua.

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto en el agua es un indicador importante pues la mayoría de las plantas y animales lo necesitan oxígeno para respirar y vivir. El sistema del río produce y consume oxígeno. El río obtiene oxígeno de la atmósfera y de las plantas. El agua corriente, con sus remolinos, disuelve más oxígeno que el agua quieta, por ejemplo, en un reservorio. La respiración de los animales acuáticos, la descomposición y varias reacciones químicas consumen oxígeno. Si se consume más oxígeno de el que se produce, los niveles del oxígeno disuelto declinan y muchos animales sensibles pueden desaparecer. Las aguas servidas, las aguas de tratamientos a menudo contienen materia orgánica que es descompuesta por microorganismos los cuales usan oxígeno en el proceso.

En lagos los niveles de oxígeno disuelto varían en una forma vertical en la columna de agua, el oxígeno disuelto en el río cambia en forma horizontal a lo largo de la ruta del río, especialmente en ríos pequeños y no profundos; en ríos más grandes y más profundos una estratificación vertical puede ocurrir.

DBO/DQO: Es la cantidad de oxígeno usado por los microorganismos en la estabilización aeróbica de la materia orgánica contenida en el agua. Se usa generalmente el valor de la DBO en 5 días para definir la fuerza de la contaminación, y evaluar la eficiencia de tratamientos.

El ensayo de la DQO también se emplea para la medición de la materia presente en aguas residuales e industriales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual suele ser mayor que la DBO (demanda bioquímica de oxígeno), siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. En muchos tipos de aguas residuales es posible establecer una relación entre los valores de la DBO y la DQO. Ello puede resultar de gran utilidad dado que es posible determinar la DQO en un tiempo de 3 horas frente a los 5 días necesarios para la determinación del DBO. Una vez establecida la correlación entre ambos parámetros, pueden

emplearse las medidas del DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento.

Además, el ensayo del DBO no es posible de efectuar cuando la concentración de sustancias tóxicas es crítica. La desventaja de DQO es que no indica el consumo de oxígeno debido a la oxidación del amoníaco a nitrato. Aun así, la DQO se presta para estimar en un tiempo corto DBO de desechos líquidos en los cuáles previamente se haya establecido la proporción entre los dos parámetros.

No se acostumbra a establecer límites para el DQO, ya que es en un parámetro auxiliar para estimar aproximadamente la DBO. Es deseable para la vida acuática de un río que tenga un DQO cercano a cero o por lo menos menor a 5. Ríos con un DQO mayor a 20 contienen contenidos orgánicos altos, que pueden o no ser producto de contaminación, pues a veces depende de la naturaleza del río y del material que arrastran.

Coliformes: En el presente estudio se han determinado coliformes totales como indicador bacteriológico. Dentro del grupo de los coliformes, se distingue un sub-grupo, los coliformes fecales, cuya ocurrencia en aguas normalmente es menor (aproximadamente un factor de 10 según Stapp y Mitchell). Mientras que dentro del grupo de coliformes totales se incluyen también organismos que pueden vivir libremente en el ambiente y multiplicarse en presencia de materia orgánica, los coliformes fecales solamente se encuentran en los intestinos de organismos de sangre caliente y llegan al ambiente a través de las heces.

Los coliformes fecales son termotolerantes; la especie más representativa es *Escherichia coli*; además pertenecen al grupo de los coliformes fecales las especies *Klebsiella pneumoniae* y *Enterobacter* ssp.

Los coliformes en si no son patógenos, pero cuando se detecta una contaminación fecal del agua, la probabilidad de que esta agua también tenga organismos patógenos (bacterias, virus, parásitos etc. que causan enfermedades) es muy alta.

Las coliformes totales incluyen varios géneros, los cuales pueden ser de origen fecal. Bajo las condiciones adecuadas estas se pueden multiplicar en la presencia de materia orgánica. Algunas especies de coliformes se asocian con frecuencia con restos de plantas o pueden ser habitantes comunes en suelos y aguas superficiales. Es así que el grupo de las coliformes no debe ser considerado exclusivamente de origen fecal,

especialmente en zonas cálidas donde el origen de coliformes no fecales puede abundar.

Idealmente el suministro de agua potable debería estar libre de coliformes fecales. Esto puede no ser práctico, sin embargo, para lograr este objetivo en países en desarrollo especialmente en áreas rurales. Es así que puede ser necesario establecer un estándar diferente y un nivel de tolerancia.

Fenoles: El fenol no es poluyente natural en las aguas superficiales. Las industriales que tienen mayor responsabilidad en la polución causada por fenol son las refinerías y la industria química. Un criterio de calidad para fenol es la no detectabilidad. La presencia, incluso de pequeñas cantidades es letal para los peces.

Grasas y aceites: “Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual”.

Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido.

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles del oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar.

Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética.

La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos,

jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extractable con hexano.

Metales: “Metales pesados” es un nombre colectivo que se le da un grupo de metales y metaloides con una densidad atómica mayor a 6 g/cm³, aunque no es una definición exacta, se reconocen como metales pesados a cadmio, cromo, mercurio, níquel, cinc, y otros de este tipo.

A diferencia de los contaminantes orgánicos, existe una concentración natural de estos elementos en la naturaleza, tanto en suelos, aguas, sedimentos y organismos vivos. La contaminación eleva estas concentraciones a niveles mayores a la concentración relativa natural de estos elementos. Por la tanto la presencia, tan solo, de metales pesados no es un indicio de contaminación, la concentración relativa es la importante.

La variabilidad de las concentraciones naturales de metales en las aguas naturales depende de la combinación de varios factores ambientales tales como, la solubilidad del material erosionado, la distancia a la costa, la cantidad de precipitación, la cantidad de pantanos, presas naturales, descomposición orgánica y otros tales como la temperatura, cubierta orgánica vegetal, etc.

La concentración de los elementos pesados sedimentados en las cuencas hídricas no responde necesariamente a los patrones clásicos de los procesos de meteorización, erosión, transporte y deposición contemplado en la formación de los sedimentos aluviales.

CAPITULO II.
AREA DE ESTUDIO, MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Área de estudio.

La microcuenca del estero Chaquiscayacu tiene una extensión de 2,80 km,² con un caudal aproximado de 301,84 l/s, a una altura entre los 792 y 1279 msnm, se encuentra ubicado en la parroquia San Vicente de Huaticocha en el Cantón Loreto en Provincia de Orellana, la cual limita al Norte con las parroquias San José de Payamino y Ávila Huiruno, al Sur con la Provincia de Napo y la parroquia San José de Dahuano, al Este con las parroquias Ávila Huiruno y San José de Payamino, al Oeste con la Provincia del Napo. El suelo en su mayor cantidad está cubierto de bosque natural primario con el 84,45% de la superficie total. Los aspectos climáticos se han tomado de los promedios del cantón Loreto, la humedad oscila entre los 85 a 95 % según la época del año, la temperatura promedio registrada es de 25°C y el promedio de la precipitación anual está entre los 3.000 a 4000 mm.

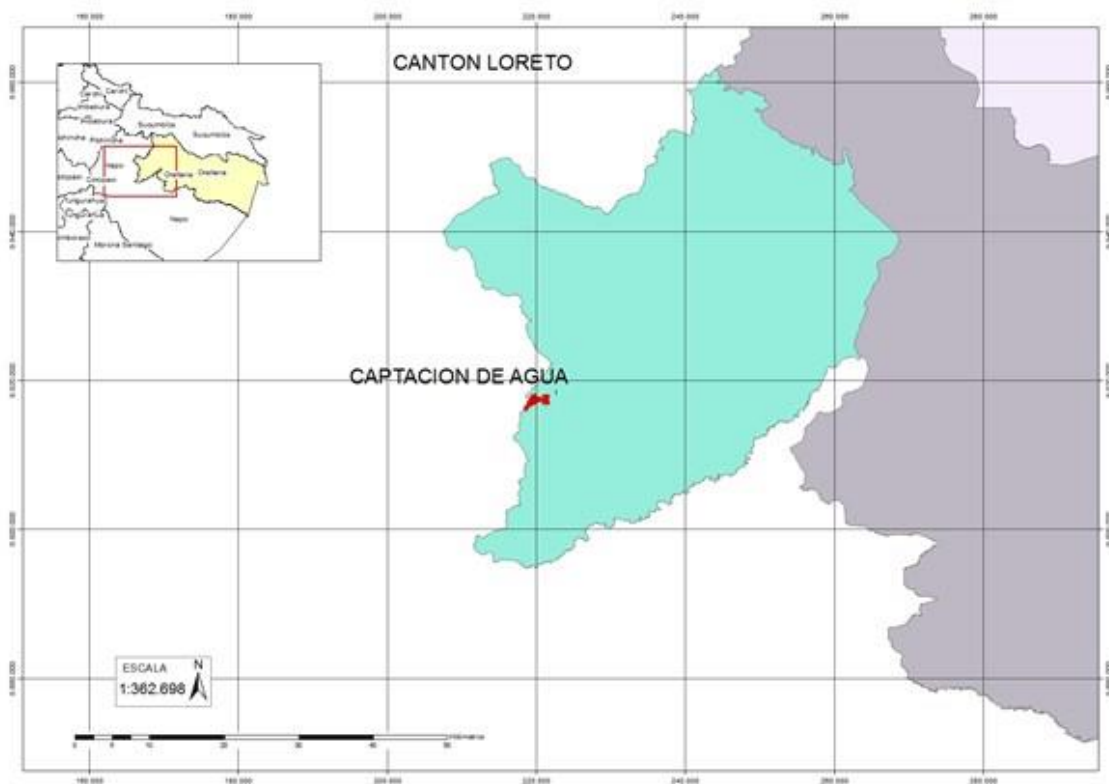


Figura 1: Mapa del Cantón Loreto.

Fuente: PDyOT, Orellana, 2015.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

Para este estudio, se realizó un reconocimiento de campo con el fin de identificar los principales tributarios dentro de la cuenca del estero Chaquiscayacu, identificar la captación de agua, los tanques de almacenamiento y varios puntos en la red de

distribución, georreferenciar e identificar posibles fuentes de contaminación por actividades antropogénicas.



Figura 2: Inspección de la microcuenca del estero Chaquiscayacu.

Fuente: Cordova, A. (2016).

Tabla 4.- Puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Coordenada X	Coordenada Y
Captación de agua	221361,664	9917068,54
Tanque de almacenamiento	222357	9917130
Restaurante Lissette	224499	9916788
Colegio Alejandro Labaka	225077	9916722
Colegio Ávila Huiruno	229418	9917534

Fuente: Cordova, A. (2016).

Elaborado por: Cordova, A. (2016).



Figura 3: Mapa de ubicación de la microcuenca del estero Chaquiscayacu y ubicación de los puntos de monitoreo.

Fuente: PDyOT, Orellana, 2015.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

Mediante un modelo digital de terreno (MDT) se realizó un análisis de acumulación de flujo para delimitar la microcuenca partiendo del punto de captación, para esto se utilizó el software QGIS 2.12.0 Lyon.

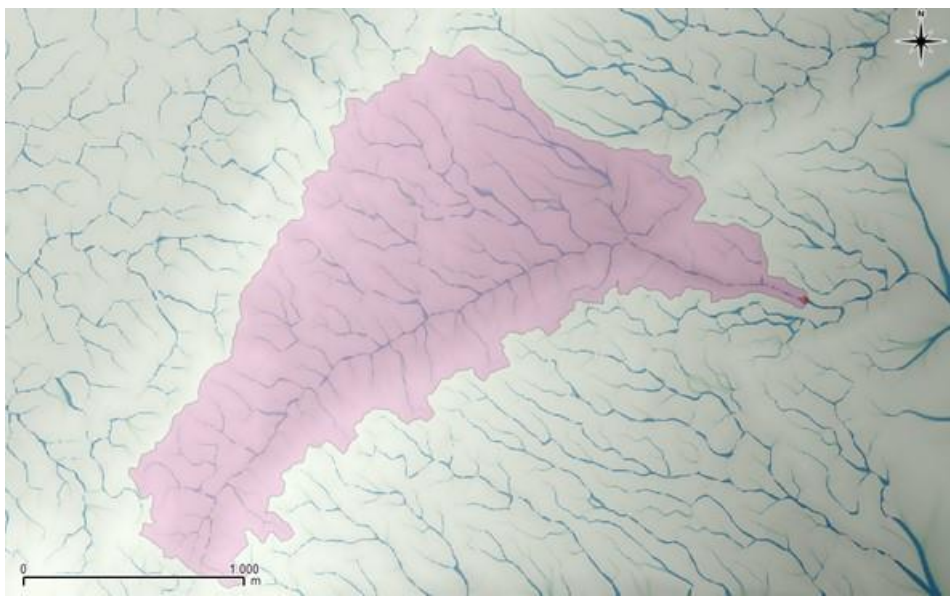


Figura 4: Mapa de acumulación de flujo de la microcuenca del estero Chaquiscayacu.

Fuente: PDyOT, Orellana, 2015.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

Con el propósito de determinar la calidad del agua mediante el monitoreo con análisis de parámetros físico-químicos y microbiológico en el estero Chaquiscauyacu como fuente de abastecimiento de agua,

Se inició con un punto en la captación en el estero Chaquiscauyacu, con esta muestra se analizó parámetros de la Tabla1 AM 097-A -2015 TULSMA de acuerdo al criterio de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico previo a su potabilización; entendiéndose a aquella agua que es obtenida de cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como: Beber, preparar alimentos para consumo humano, para la higiene personal y limpieza de utensilios (TULSMA, Anexo1, apartado 5.1.1).



Figura 5: Identificación y muestreo en el punto de captación de agua.

Fuente: Cordova, A. (2016).

Un segundo punto se lo tomó en los reservorios luego de la planta de tratamiento, en este caso se analizó los parámetros del Criterio de calidad NTE INEN 1108- 5R 2014-01, esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano y se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.



Figura 6: Identificación y muestreo en el punto de los tanques reservorios y distribución.

Fuente: Cordova, A. (2016).

Luego se establecieron tres puntos de toma de muestras en la red de distribución de la cabecera parroquial de San Vicente de Huaticocha, tercer punto de muestreo en el Restaurante Lissette, que es el punto más cercano de la red de distribución a los tanques reservorios y que se analizó los parámetros del Criterio de calidad NTE INEN 1108- 5R 2014-01.



Figura 7: Identificación y muestreo en el punto del restaurante Lissette.

Fuente: Cordova, A. (2016).

El cuarto punto de muestreo en el Colegio Alejandro Labaka como punto intermedio de la red de distribución, donde se analizó los parámetros del Criterio de calidad NTE INEN 1108- 5R 2014-01.



Figura 8: Identificación y muestreo en el punto del Colegio Alejandro Labaka.

Fuente: Cordova, A. (2016).

El quinto punto se lo fijó en el Colegio Ávila Huiruno como el punto más alejado de la red de distribución, se analizó los parámetros del Criterio de calidad NTE INEN 1108-5R 2014-01.



Figura 9: Identificación y muestreo en el punto del Colegio Ávila Huiruno.

Fuente: Cordova, A. (2016).

2.2 Parámetros a estudiar.

Los parámetros que se analizaron en las muestras recolectadas se detallan en la tabla 4, los mismos que están basados en la normativa ecuatoriana tanto para aguas naturales como para aguas potables.

Tabla 5.-Parámetros de estudio y criterios de calidad.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	CRITERIO DE CALIDAD Tab. 1 AM 097-A -2015 TULSMA (aguas naturales)	CRITERIO DE CALIDAD NTE INEN 1108- 5R 2014-01 (Aguas potables)
Turbiedad	UNT	100,0	5
Olor	--	--	No objetable
Sabor	--	--	No objetable
Aceites y Grasas	mg/l	0,3	--
Amonio	mg/l	0,5	--
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1000	<1
Bario	mg/l	1	0.7
Cadmio	mg/l	0,02	0.003
Cianuro	mg/l	0,1	0.07
Cobre	mg/l	2	2.0
Cloro libre residual	mg/l	--	0.3 a 1.5
Compuesto Fenólicos	mg/l	0,001	--
Cromo hexavalente	mg/l	0,05	0.05
Fluoruro	mg/l	1,5	1.5
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	<4	--
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/l	<2	--
Hierro total	mg/l	1,0	--
Mercurio	mg/l	0,006	~
Nitratos	mg/l	50,0	50
Nitritos	mg/l	0,2	3.0
Potencial Hidrógeno	unidades de pH	6-9	--
Plomo	mg/l	0,01	0.01

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	CRITERIO DE CALIDAD Tab. 1 AM 097-A -2015 TULSMA (aguas naturales)	CRITERIO DE CALIDAD NTE INEN 1108- 5R 2014-01 (Aguas potables)
Selenio	mg/l	0,01	0.04

Fuente: AM 097-A -2015 TULSMA; NTE INEN 1108- 5R 2014-01.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

2.3 Muestreo de aguas.

Se realizó un muestreo puntual en la captación en el estero Chaquiscayacu, en los tanques reservorios, tres puntos en la red de distribución: en el restaurante Lissette como punto más cercano a los tanques de distribución, en el Colegio Alejandro Labaka como punto intermedio, en el Colegio Ávila Huiruno, y periódico ya que se realizaron cinco muestreos con intervalos de cuatro días entre muestra y muestra, observando las recomendaciones de la norma técnica NTE INEN 2176:2013.

Para el muestreo se utilizó diferentes tipos de envases por cada muestra, 2 botellas de vidrio ámbar de 1 litro previamente acondicionadas en el laboratorio, una para acidificar y otra para refrigerar, 1 frasco estéril de 250 ml para el análisis microbiológico, los cuales se utilizaron para los parámetros del criterio de calidad de la tabla 1 del anexo 1 AM 097-A -2015 TULSMA para aguas naturales previa a la potabilización, y para el criterio de calidad de la NTE INEN 1108- 5R 2014-01 para aguas potables.

En el muestreo para análisis microbiológico se tomó las precauciones y aplicó el procedimiento de la norma NTE INEN 1105:83-confirmación: 2012-10-29. En las aguas naturales, de frente a la corriente y sostenido por la base se sumergió el frasco estéril en el agua ya dentro se destapó y en sentido opuesto a la corriente, se dejó correr el agua durante unos cinco segundos teniendo cuidado de no tocar la boca ni el interior de envase, se tapó el frasco dentro del agua, esto se realizó para evitar contaminación, la misma técnica se aplicó en las muestras que se tomaron en el tanque reservorio. En las muestras que se tomaron en la red de distribución desde los grifos se verificó que el grifo suministre directamente de la red de distribución y no de algún sistema de almacenamiento, se abrió completamente el grifo dejando que fluya el agua durante unos 2 0 3 minutos de manera que permita purgar la línea de servicio, luego se redujo un poco el flujo para que permita tomar la muestra sin salpicaduras, se tomó el frasco

estéril por la base y se abrió en el momento justo para tomar la muestra, inmediatamente luego de que se llenara se lo tapó para evitar posible contaminación. Se colocó la etiqueta de identificación previamente llenada y se lo guardó en la caja térmica con hielo para su conservación hasta la entrega en el laboratorio.

Para todos los parámetros, excepto microbiológicos, se observó las recomendaciones de la norma técnica NTE INEN 2169:2013 respecto al manejo y conservación de muestras según se muestra en la tabla 5.

Tabla 6: Manejo y conservación de muestras de agua según parámetros a ser analizados.

Parámetro	Cant. mín.	Envase	Conservación	Almacenamiento
pH	50 ml	P	Ninguna (opcional: refrigerar)	Pocas horas
Conductividad eléctrica	50 ml	P	Ninguna	Pocas horas
Oxígeno disuelto	300 ml	V	Fijar O ₂ : 0,2 ml MnSO ₄ + 1 ml KI/NaOH/NaN ₃	1 – 3 días
DBO ₅	900 ml	V	Refrigerar 1°C y 5°C	24 horas
DQO	100 ml	V	HNO ₃ conc., pH<2	1 mes
Cloro		V	Ninguna	Determin. inmediata
Fluoruros		P, V	Ninguna	Varias semanas (P)
Sulfatos		P, V	Refrigerar	Varias semanas
Nitratos		V, P	H ₂ SO ₄ conc., pH<2, refrigerar	24 horas
Nitritos		V, P	Refrigerar	Determin. inmediata
Amonio		V, P	H ₂ SO ₄ conc., pH<2, refrigerar	Varias semanas
Metales pesados	100 ml	V	5 ml HNO ₃ conc. / 250 ml	Varias semanas
Mercurio	100 ml	V	5 ml HNO ₃ conc. / 250 ml + K ₂ Cr ₂ O ₇	Varias semanas
Fenoles	100 ml	V	1 g/l CuSO ₄ + 2 ml/l H ₃ PO ₄ ; 4°C	24 horas
Hidrocarburos totales (TPH)	500 ml	V	2 ml/l H ₃ PO ₄ o H ₂ SO ₄ ; pH<2	48 horas

Envases: V.=vidrio; P.=plástico.

Fuente: (NTE INEN 2169).

Adaptado por: (NTE INEN 2169).

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

2.3.1 Descripción de campo.

La descripción de campo en el muestreo de aguas incluye tanto información general sobre el sitio y las condiciones ambientales del muestro como información detallada sobre las muestras, inclusive análisis de campo. Esta información se la recogió en el protocolo de campo o cadena de custodia, Es recomendable trabajar con formularios estandarizados para recopilar toda la información de campo.

Realizado por:		Solicitado por:		Localización:		Fecha:		Teléfono:		CONDICIONES DE LA MUESTRA		Preservación de la muestra		Muestra Seleccionada		Observaciones			
										Requerimientos de Análisis		Requerimientos de Análisis		Requerimientos de Análisis					
IDENT. DE LA MUESTRA	FECHA	Hora	*Matriz	Tipo de Muestreo	Coordenadas UTM	min/m	TPO 250 ml	A/G 25.0 ml	H/PS 1 L	M/O 100 ml	TAB 1/R/O H/E	TAB 2/R/O H/E	TAB 3/R/O H/E	TAB 4/R/O H/E	TAB 5/R/O H/E	INEN	TUJAS	OTROS	Observaciones
*Matriz	A-Agua	S-Suelo	VEG-Vegetal	SD-Sólidos	DS-Desechos	CP-Cortes de Perforación	FOA-Alimentos												Comentarios
Realizado por:	Nombre		Fecha	Hora	Firma	Observaciones													
Solicitado por:																			
Responsable de ingreso al Laboratorio por:																			
Otros:																			

Figura 10: Protocolo de campo y cadena de custodia.

Fuente: Lab-GADPO.

2.3.1 Descripción del sitio y condiciones ambientales.

Provincia, cantón, dirección exacta, coordenadas.

Tiempo, clima, temperatura ambiental.

Descripción de terreno, cuerpo hídrico, vegetación, inclusive croquis.

2.3.2 Descripción o rotulado de la muestra.

La descripción o rotulado de la muestra permite identificarla con información de las condiciones bajo las que fue recogida esto se lo realiza mediante una etiqueta que se adhiere al recipiente inmediatamente luego de ser llenada según se muestra en la siguiente imagen.

	MUESTRA N°	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:		
COORDENADAS X: Y:		
RESPONSABLE DEL MUESTREO:		
FECHA:	HORA:	
PARAMETROS SOLICITADOS:		
LABORATORIO ENCARGADO:		
 Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana Av. 9 de Octubre y Enrique Castillo Teléfono: 062881797- 062862985 - 062863365- www.gporellana.gob.ec		



Figura 11: Identificación o etiquetado de muestras.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

Número de muestra:

Empezar desde 1.

Punto de muestreo:

Especificar punto de muestreo con respecto al croquis elaborado.

Fecha/hora:

Fecha y hora del muestreo.

Tipo de muestra:

Agua de un estero.

Agua potable.

Agua de zona de captación, etc.

Material flotante:

Inspección visual.

- Ausente.
- Presente (especificar cuanto y que tipo de material flotante).

Olor:

Describir tipo de olor si se percibiera en el momento del muestreo.

- Fuerte.
- Moderado.
- Ningún olor.

Color:

Descripción verbal (Ej.: sin color, amarillenta etc.).

Turbidez:

Debido a la presencia de sólidos suspendidos.

- Muy turbio.
- Turbio.
- Transparente.

2.3.3 Análisis en campo.

Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica y oxígeno disuelto.

Para realizar estas mediciones de manera simultánea se utilizó el equipo multimedidor digital de dos canales Hach HQ40D equipado con electrodos para pH y conductividad eléctrica, sonda para oxígeno disuelto y termómetro, diseñadas para trato rudo. El equipo se calibró previamente en el laboratorio para los parámetros a medir en el campo, ya en el lugar de muestreo, se sumerge los electrodos en la muestra y se tomaron las lecturas con varias repeticiones hasta obtener valores repetidos los cuales se registraron en el protocolo de campo.



Figura 12: Toma de datos de campo.

Fuente: Cordova, A. (2016).

2.3.4 Envases por muestra:

- Vidrio de 1 litro: puede ser un envase de agua mineral, con tapa rosca.
- Vidrio de 250 ml: frasco de laboratorio.

- Envases estériles: el tamaño depende del tipo de agua a muestrear.
 - agua potable y otros tipos de agua de carga microbiológica baja: 1 litro (frasco de vidrio esterilizado por 6 horas a 180°C en el horno esterilizador; con tapa que resistan temperatura de esterilización).

2.3.5 Proceso para muestras de agua.

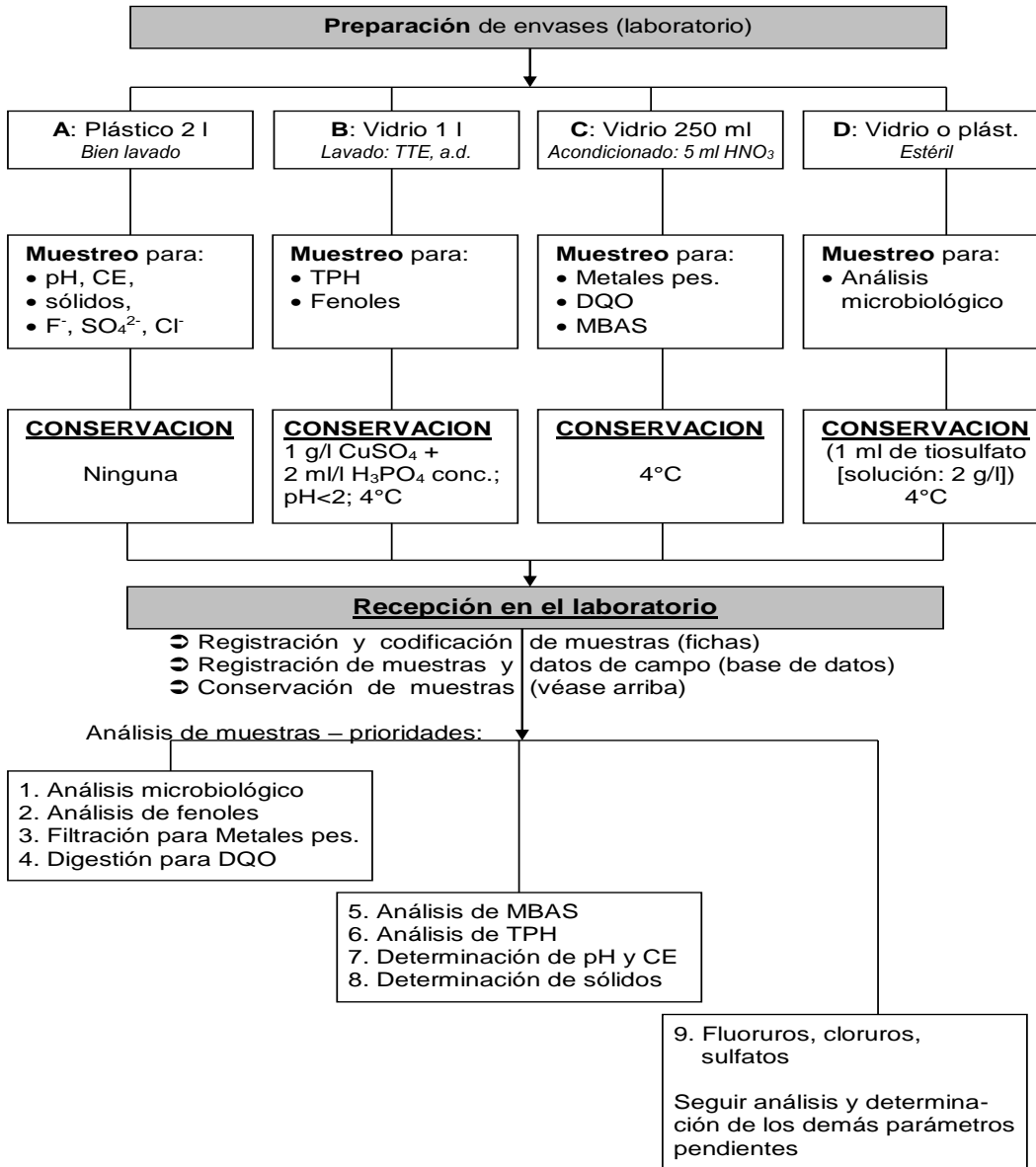


Figura 13: Diagrama del proceso de muestreo de agua.

Fuente: Manual de Técnicas de Laboratorio, Labsu 2010.

Tabla 6: Reactivos para la conservación de muestras de agua.

Reactivos	Razón	Parámetro(s) analítico(s)
-----------	-------	---------------------------

CuSO ₄ [1 g/l] y H ₃ PO ₄ conc. [2 ml/l]	evitar reacciones bioquímicas y químicas; pH<2	Fenoles, TPHs
HNO ₃ conc.	evitar reacciones bioquímicas y químicas; pH<2; evitar efectos de adsorción de metales pesados en el vidrio; pH<2.	DQO, MBAS Metales pesados
Tiosulfato [1 ml/l] de una solución estéril de 2 g/l	Eliminación de cloro y cloramina, que tienen efectos biocidas.	Análisis microbiológico (la concentración de tiosulfato en la muestra es tan baja que no interfiere en el cultivo de los microorganismos)

Fuente: Norma NTE INEN 1105:83-confirmación: 2012-10-29.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

2.3.6 Transporte y envío de las muestras.

Si la muestra no se puede procesar dentro de una hora después de la recolección, transportarla en un porta muestras (caja térmica) con hielo. La temperatura de toda muestra de agua debe ser inferior a 5°C durante un tiempo máximo de 6 horas de transporte. Estas muestras deben ser refrigeradas, una vez recibidas, en el laboratorio procesadas en dos horas. El espacio de tiempo entre la recolección de la muestra y el análisis en ningún caso debe ser mayor de 30 horas. (Norma NTE INEN 1105:83-confirmación: 2012-10-29).

2.3.7 Olor y sabor.

Determinación por análisis organoléptico del agua, se basa exclusivamente en la percepción de los sentidos y se refiere a olor, del agua.

2.3.8 Estimación del caudal.

Estimación del caudal del estero se lo realizó con caudalímetro (molinete) para determinar la velocidad de la corriente siguiendo la técnica que se describe a continuación.

Determinación de la velocidad de la corriente (v): colocar en varios lados del cuerpo hídrico el caudalímetro y tomar las lecturas que nos indican la velocidad en metros/segundo.

Determinación del área de la sección transversal (A) : Medir o estimar el ancho del río. Medir la profundidad del río en tres puntos a lo ancho para obtener el área en m².

Cálculo de los resultados: $Q = v \times A \times c$ [m³/s] .

Q.=.Caudal en [m³/s].

v.=. Velocidad de la corriente [m/s].

A =. Área de la sección transversal [m²].

c.=. Constante.

El factor constante c es:

- 0,8 hasta 0,9 para aguas con poca vegetación en la orilla y sin mucho lastre en el fondo del río.
 - 0,5 hasta 0,8 para aguas con mucha vegetación y lastre en el fondo del río.
- (Rump H.H. y Krist H.: Laborhandbuch für die Untersuchung von Wasser, Abwasser und Boden. VCH, Weinheim, 1992).

Para medir el caudal en los grifos se adoptó la técnica del balde por tratarse de caudales bajos, para esto se utilizó la fórmula: $Q=V/t$ [L³/s].

Q.=.Caudal en [L³/s].

V.=. V [L].

t =. Tiempo [s].

Se utilizó un balde aforado de cuatro litros y un cronómetro digital. Para ello se coloca el balde bajo la descarga de tal manera que reciba todo el flujo; de manera simultánea se activa el cronómetro, se repitió este procedimiento varias veces ya que es un proceso simultáneo donde el tiempo comienza a tomarse en el preciso instante que el balde se introduce a la descarga y se detiene en el momento en que se retira de ella. Luego se realizó el cálculo según la fórmula antes descrita.

Los resultados obtenidos se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 7: Puntos de aforo y coordenadas.

PUNTO DE AFORO	Coordenada X	Coordenada Y	UNIDAD	CAUDAL
Captación	221361,664	9917068,54	l ³ /s	301,84
Tanques Almacenamiento	222357	9917130	l ³ /s	3,29

Grifo Restaurante Lissette	224499	9916788	l ³ /s	0,09
Grifo U.E. Labaka	225077	9916722	l ³ /s	0,18
Grifo U.E. Ávila	229418	9917534	l ³ /s	0,04

Fuente: Cordova, A. (2016).

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

2.4 Análisis de laboratorio.

Para los análisis de laboratorio se siguieron las técnicas según el manual de procedimientos y técnicas de laboratorio según se expone a continuación.

2.4.1 Turbidez.

Determinación turbidimétrica en un fotómetro, con formacina como estándar de calibración. La formacina no se comercializa, hay que preparar la en el laboratorio.

La turbidez del agua es causada por sustancias no disueltas que se encuentran dispersados en el agua.

La determinación debe realizarse inmediatamente después del muestreo para evitar cambios en el tamaño de partículas por procesos químicos o biológicos durante el almacenamiento.

Las muestras tienen que analizarse dentro de 24 horas; durante este tiempo, guardarlas en lugar oscuro a temperatura ambiental.

No hay posibilidad de conservar las muestras; tampoco se deben refrigerar. (APHA 2130-B, 22nd Ed.)

2.4.2 Temperatura, pH.

Se utilizó un equipo portátil para pH, previamente calibrado en el laboratorio, se hace la lectura de la temperatura en este equipo. Repetir las determinaciones y lectura tantas veces hasta obtener dos lecturas repetidas con el mismo resultado. Se registran las lecturas directamente. (APHA 4500-H⁺ B, 22nd Ed. PT 01).

2.4.3 Demanda química de oxígeno.

La DQO es una medida indirecta para la cantidad de sustancias orgánicas presentes en el agua y oxidables con agentes químicos. Para la determinación analítica se utiliza dicromato, ya que da resultados más exactos que la oxidación con permanganato. Para la determinación se titula el exceso de dicromato luego de la digestión con FAS (APHA 5220-D, 22nd Ed. PT 04).

2.4.4 Metales, bario, cromo, plomo, cadmio, cobre, hierro total, selenio.

Todos los metales pesados están presentes en la naturaleza, pero pueden causar problemas cuando se acumulan a raíz de actividades industriales, descargas etc.

Metales disueltos: Corresponde a la concentración de los metales determinada directamente en la muestra, luego de que esta ha sido filtrada a través de una membrana de 0,45 μm .. En los extractos se determinan los elementos de interés mediante espectroscopia de absorción atómica. (APHA 3030-B, 22nd Ed. PT 05).

2.4.5 Nitritos.

Determinación fotométrica de un complejo azul purpúrea rojizo, formado en la reacción de nitritos con sulfanilamida y N-(1-naftil)etilendiamina diclorhidrato.

Las concentraciones de nitritos en aguas son por lo general muy bajas en condiciones naturales. (Espectrofotometría Método Hach 8507).

2.4.6 Nitratos.

Los nitratos se presentan en diferentes concentraciones en aguas superficiales y subterráneas. Se los encuentra en aguas servidas y desechos industriales. La fertilización excesiva es una fuente de contaminación de aguas de consumo y subterráneas en áreas rurales. En suelos, los nitratos son una de las fuentes de nitrógeno más importantes para las plantas.

La brucina sulfato en ácido sulfúrico 13 N se combina con los iones nitrato a 100°C para producir un complejo amarillo que se puede determinar fotométricamente. (Espectrofotometría Método Hach 8192).

2.4.7 Amonio.

Amonio (NH_4) se puede determinar en aguas directamente. Las muestras se tienen que analizar dentro de 24 horas. Para muestras de agua, una conservación con H_2SO_4 ($\text{pH} < 2$) y refrigeración a 4°C permite guardar las muestras durante varias semanas. La determinación de amonio se realiza fotométricamente a través de un complejo colorado de indofenol formado en la reacción de amonio con salicilato e hipoclorito en presencia de nitropusiato como catalizador. (Espectrofotometría Método Hach 8038).

2.4.8 Fenoles.

Hidrocarburos aromáticos con un grupo -OH se llaman fenoles. Fenoles están presentes en aguas naturales en concentraciones muy bajas, pero en ciertos procesos industriales se pueden liberar concentraciones elevadas de fenoles.

Los fenoles tienen un efecto tóxico sobre organismos acuáticos, y se pueden acumular en ciertos compartimentos de células.

Con el método utilizado, se determinan "fenoles totales". Para la determinación, se aprovecha la formación de complejos coloreados en la reacción de los fenoles con 4-aminoantipirina, los cuales se pueden determinar por espectroscopía. (Espectrofotometría Método Hach 8047).

2.4.9 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

El DBO₅ es una medida indirecta para la cantidad de sustancia orgánica presente en el agua y susceptible a oxidación microbológica. En la degradación microbológica de la materia orgánica se gasta oxígeno. Analíticamente se determina de diferencia de oxígeno disuelto al inicio y al final de una incubación de la muestra durante 5 días a 20°C. Determinación por titulación. (APHA 5210-B, 22nd Ed.).

2.4.10 Aceites y Grasas.

El análisis de aceites y grasas, es una medida de las grasas animales biodegradables y aceites vegetales junto con los aceites minerales relativamente no-biodegradables. La determinación se realiza por espectrofotometría de infrarrojo (Publication ECY 97-602 PT-06).

2.4.11 Cloro libre residual.

El cloro forma un complejo rosado con DPD (N,N-dietil-1,4-fenilendiamina). La intensidad del color depende de la concentración de cloro en la muestra; por lo tanto, se puede determinar fotométricamente a 510 nm. (Espectrofotometría Método Hach 8021).

2.4.12 Coliformes totales.

Filtración de muestras a través de membranas, incubación sobre medios de cultivo Agar ENDO en cajas Petri a 37°C por 24 horas y recuento de las colonias desarrolladas (APHA 9222-B, 22nd Ed.).

2.4.13 Coliformes fecales.

Filtración de muestras a través de membranas, incubación sobre medios de cultivo Agar ENDO en cajas Petri a 44,5°C por 24 horas y recuento de las colonias desarrolladas (APHA 9222-B, 22nd Ed.).

2.5 Metodología de interpretación.

Para la interpretación y tabulación de datos de laboratorio utilizaremos fichas en hoja electrónicas de cálculo, se realizará un análisis comparativo con los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico que requieren tratamiento convencionales, criterios de calidad (Tab 1 AM 028 -2015 TULSMA) y con los límites máximos permitidos que debe cumplir el agua potable (NTE INEN 1 108-2006) a fin de determinar qué parámetros se encuentran fuera del criterio permitido y puedan estar afectando la calidad del agua.

2.6 Análisis de posibles actividades contaminantes de origen antropogénico.

Se realizó una inspección de campo en el área de la microcuenca del río Chaquicayacu, con la finalidad de realizar un inventario de las diferentes actividades e identificar los cultivos por tipo según la mayor Clasificación Indicativa de Cultivos (CIC, versión 1.0) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2007). De igual manera se trató de identificar posibles fuentes que pudieran aportar carga contaminante al cuerpo hídrico.

La carga contaminante en el área de influencia se calcula usando la información de caudales, población, vertidos domésticos, tipos de actividades económicas, cultivos presentes y las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto [NID: nitritos (NO₂-) + nitratos (NO₃-) + amonio (NH₄+)], ortofosfatos (PO₄3-), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales. La CARGA CONTAMINANTE, entonces, es la concentración (del parámetro medido en la descarga) por el caudal vertido. Se expresa frecuentemente en mg/s y debe entenderse como una masa de contaminantes aportada en una unidad de tiempo. (Arboleda, Valencia, J. (2000)).

2.7 Materiales utilizados.

- 25 envases de plástico con capacidad de 2L.
- 25 envases de vidrio con capacidad de 1L o 2L.
- 25 envases esterilizados de capacidad de 1L.
- 1 cooler para preservación de muestras.
- 2 Refrigerantes sellados.
- 1 caja de guantes quirúrgicos.
- 1 pizeta.
- 1 frasco de alcohol.
- 1 frasco de agua destilada.
- 2 esferográficos.

- Cinta adhesiva grande.

2.8 Equipos de campo.

- Gps: marca Garmin modelo GPSmap 62s.
- Equipo multiparamétrico de campo (pH,CE,Temp. O2) HACH HQ40D Multimedidor digital de dos canales, con electrodos y sondas para trato rudo.
- Cámara fotográfica Huawei p6.
- Cronómetro Huawei p6.
- Cinta métrica de 50m.
- Caudalímetro de flujo abierto tipo bastón.

CAPITULO III.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 Resultados.

3.1.1 Tabulación e interpretación de resultados a través de criterio de calidad Tab. 1 AM 028 -2015 del TULSMA y criterio de calidad en base a la NTE INEN 1 108-2014.

En la tabla 8 se exponen los resultados del análisis de agua del Estero Chaquiscayacu en el punto de muestreo de la captación, los parámetros analizados en esta tabla corresponden al criterio de calidad Tab. 1 AM 028 -2015 del TULSMA, para aguas naturales destinadas al consumo humano y uso doméstico previo a su potabilización.

En las tablas de la 9 a la 12 se expone los resultados de análisis de agua en los puntos de muestreo de los tanques reservorios y en los puntos tomados en la red de distribución sucesivamente, los parámetros analizados en estas tablas corresponden al Criterio de calidad NTE INEN 1108-5R 2014-01, esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano y se aplica al agua de los sistemas de abastecimiento públicos.

Tabla 8: Punto de muestreo en la zona de captación del sistema de agua en el Estero Chaquiscayacu.

Captación sistema de agua.			Resultados por fecha.					$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$	Criterio de calidad Tab. 1 AM 097-A -2015 TULSMA.
Item.	Parámetro.	Unidad.	24/09/2015	28/09/2015	01/10/2015	05/10/2015	08/10/2015	\bar{x}	
1	pH	~	7,48	7,4	6,16	6,75	7,38	7,034	6 ~ 9
2	DQO	mg/l	5,08	0	0	4,85	0	1,986	<4
3	Bario	mg/l	0,046	0,034	0,017	0,05	0,085	0,0464	1
4	Cromo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,05

5	Plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,01
6	Cadmio	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,02
7	Cobre	mg/l	0	0	0	0	0	0	2
8	Hierro total	mg/l	0,161	0,097	0,172	0,139	0,069	0,1276	1
10	Turbidez	NTU	0	0	0	0	0	0	100
12	Nitritos	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,2
13	Nitratos	mg/l	0,17	0,35	0,23	0,17	0,19	0,222	50
16	DBO5	mg/l	2,29	0	0	2,18	0	0,894	<2
18	Aceites y grasas	mg/l	0,03	0,03	0,01	0	0	0,014	0,3
20	Coliformes totales	UFC/100 ml	100	300	0	300	100	160	~
21	Coliformes fecales	UFC/100 ml	29	72	0	78	26	41	1000
22	Cianuro	mg/l	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0	0,1
23	Fluoruro	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,5
24	Mercurio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006
25	Selenio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01

Fuente: Cordova, A. (2016).

Tabla 9: Punto de muestreo en la zona de los tanques de almacenamiento y distribución.

Tanques de distribución.			Resultados por fecha.					$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$	Criterio de calidad NTE INEN 1108-5R 2014-01.
Item.	Parámetro.	□	24/09/2015	28/09/2015	01/10/2015	05/10/2015	08/10/2015	\bar{x}	
1	pH	~	7,42	7,46	6,54	6,99	7,25	7,132	~
3	Bario	mg/l	0,053	0,039	0,034	0,064	0,109	0,0598	0,7
4	cromo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,05
5	plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,01
6	Cadmio	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,003
7	Cobre	mg/l	0	0	0	0	0	0	2
10	Turbidez	NTU	0	0	0	0	1	0,2	5
12	Nitritos	mg/l	0	0	0	0	0	0	3
13	Nitratos	mg/l	0,11	0,34	0,26	0,18	0,21	0,22	50
19	Cloro libre residual	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,3 - 1,5
20	Coliformes totales	UFC/100 ml	200	200	0	400	500	160	~
21	coliformes fecales	UFC/100 ml	36	37	0	90	126	58	<1
22	Cianuro	mg/l	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0	0,07

23	Fluoruro	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,5
24	Mercurio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006
25	selenio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,04
26	Olor	~	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	0	No objetable
27	Sabor	~	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	0	No objetable
28	Temperatura	°C	23,2	23,9	23,6	23,5	23,1	23,46	~

Fuente: Cordova, A. (2016).

Tabla 10: Punto de muestreo en el Restaurante Lisette, la zona más cercana a los tanques de almacenamiento y distribución.

Restaurante Lisette.			Resultados por fecha.					$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$	Criterio de calidad NTE INEN 1108- 5R 2014-01.
Item.	Parámetro.	□	24/09/2015	28/09/2015	01/10/2015	05/10/2015	08/10/2015	\bar{x}	
1	pH	~	7,19	7,51	6,31	7,21	7,66	7,176	~
3	Bario	mg/l	0	0,036	0,04	0	0,124	0,04	0,7
4	cromo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,05
5	plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,01
6	Cadmio	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,003
7	Cobre	mg/l	0	0	0	0	0	0	2

10	Turbidez	NTU	0	0	0	0	0	0	5
12	Nitritos	mg/l	0	0	0	0	0	0	3
13	Nitratos	mg/l	0,24	0,36	0,24	0,37	0,17	0,276	50
19	Cloro libre residual	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,3 - 1,5
20	Coliformes totales	UFC/100 ml	21	200	600	18	100	189	~
21	coliformes fecales	UFC/100 ml	10	40	172	10	10	48	<1
22	Cianuro	mg/l	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0	0,07
23	Fluoruro	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,5
24	Mercurio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006
25	selenio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,04
26	Olor	~	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	0	No objetable
27	Sabor	~	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	0	No objetable
28	Temperatura	°C	25,7	25,5	25,2	25,8	25,1	25,46	~

Fuente: Cordova, A. (2016)..

Tabla 11: Punto de muestreo en la Unidad Educativa Alejandro Labaka, la zona intermedia a los tanques de almacenamiento y distribución.

Unidad Educativa Alejandro Labaka.			Resultados por fecha.					$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$	Criterio de calidad NTE INEN 1108-5R 2014-01.
Item.	Parámetro.	□	24/09/2015	28/09/2015	01/10/2015	05/10/2015	08/10/2015	\bar{x}	
1	pH	~	7,35	7,49	6,27	7,08	7,55	7,148	~
3	Bario	mg/l	0,044	0,042	0,024	0	0,137	0,0494	0,7
4	cromo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,05
5	plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,01
6	Cadmio	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,003
7	Cobre	mg/l	0	0	0	0	0	0	2
10	Turbidez	NTU	0	0	0	0	0,58	0,116	5
12	Nitritos	mg/l	0	0	0	0	0	0	3
13	Nitratos	mg/l	0,09	0,37	0,12	0,32	0,15	0,21	50
19	Cloro libre residual	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,3 - 1,5
20	Coliformes totales	UFC/100 ml	100	100	0	0	100	60	~
21	Coliformes fecales	UFC/100 ml	2	14	0	0	18	7	<1
22	Cianuro	mg/l	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0	0,07

23	Fluoruro	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,5
24	Mercurio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006
25	selenio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,04
26	Olor	~	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objetable
27	Sabor	~	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objetable
28	Temperatura	°C	27,6	27,3	27,4	27,9	27,1	16,56	~

Fuente: Cordova, A. (2016).

Tabla 12: Punto de muestreo en la Unidad Educativa Ávila, la zona más alejada a los tanques de almacenamiento y distribución.

Unidad Educativa Ávila.			Resultados por fecha.					$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$	Criterio de calidad NTE INEN 1108-5R 2014-01.
Item.	Parámetro.	□	24/09/2015	28/09/2015	01/10/2015	05/10/2015	08/10/2015	\bar{x}	
1	pH	~	7,37	7,5	6,7	7,03	7,06	7,132	~
3	Bario	mg/l	0,045	0,046	0,049	0	0,004	0,0288	0,7
4	cromo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,05
5	plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,01
6	Cadmio	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,003

7	Cobre	mg/l	0	0	0	0	0	0	2
10	Turbidez	NTU	0	0	0	0	0	0	5
12	Nitritos	mg/l	0	0	0	0	0	0	3
13	Nitratos	mg/l	0,07	0,29	0,15	0,24	0,24	0,198	50
19	Cloro libre residual	mg/l	0,009	0	0	0	0	0,0018	0,3 - 1,5
20	Coliformes totales	UFC/100 ml	0	100	400	10	8	102	~
21	Coliformes fecales	UFC/100 ml	0	7	105	4	5	24	<1
22	Cianuro	mg/l	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0	0,07
23	Fluoruro	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,5
24	Mercurio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006
25	selenio	mg/l	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,04
26	Olor	~	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objetable
27	Sabor	~	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objet.	No objetable
28	Temperatura	°C	29	30,4	29.6	29,7	29.1	17,82	~

Fuente: Cordova, A. (2016).

3.1.2 Estimación de caudales.

En la Tabla 12 se presentan los resultados promedios de los caudales obtenidos de las mediciones de campo al momento de realizar el muestreo en los diferentes puntos.

Tabla 13: Estimación de caudales en los puntos de aforo.

PUNTO DE AFORO	Coordenada X	Coordenada Y	UNIDAD	CAUDAL
Captación	221361,664	9917068,54	l ³ /s	301,84
Tanques Almacenamiento	222357	9917130	l ³ /s	3,29
Grifo Restaurante Lissette	224499	9916788	l ³ /s	0,09
Grifo U.E. Labaka	225077	9916722	l ³ /s	0,18
Grifo U.E. Ávila	229418	9917534	l ³ /s	0,04

Fuente: Cordova, A. (2016).

3.2 Discusión de los Resultados

Tomando como referencia el Criterio de calidad Tab. 1 AM 097-A -2015 TULSMA, para el agua de la captación por cuanto se trata de aguas naturales previo a un posible tratamiento, se observa que en los resultados de los días 24/09/2016 y 06/10/2016 el parámetro de DQO arroja resultados de 5.08 y 4,45 mg/l respectivamente los cuales estarían fuera del límite establecido por el criterio de calidad que es de <4 mg/, lo mismo ocurre con los resultados del DBO5 con 2,29 y 2,19 mg/l en las mismas fechas que, frente al límite del criterio de calidad de <2 mg/l se podría decir que no está cumpliendo con las características deseadas, tomando en cuenta que se han realizado cinco repeticiones del mismo punto de muestreo no se debe considerar como un problema persistente por cuanto son dos de las cinco muestras y que en promedio nos arroja un valor de 1,99 mg/l para DQO y de 0,89 mg/l para DBO, es probable que esta particularidad se deba a situaciones de escorrentía muy puntuales y por ende arrastre de sedimentos y materia orgánica a causa de las precipitaciones en la zona.

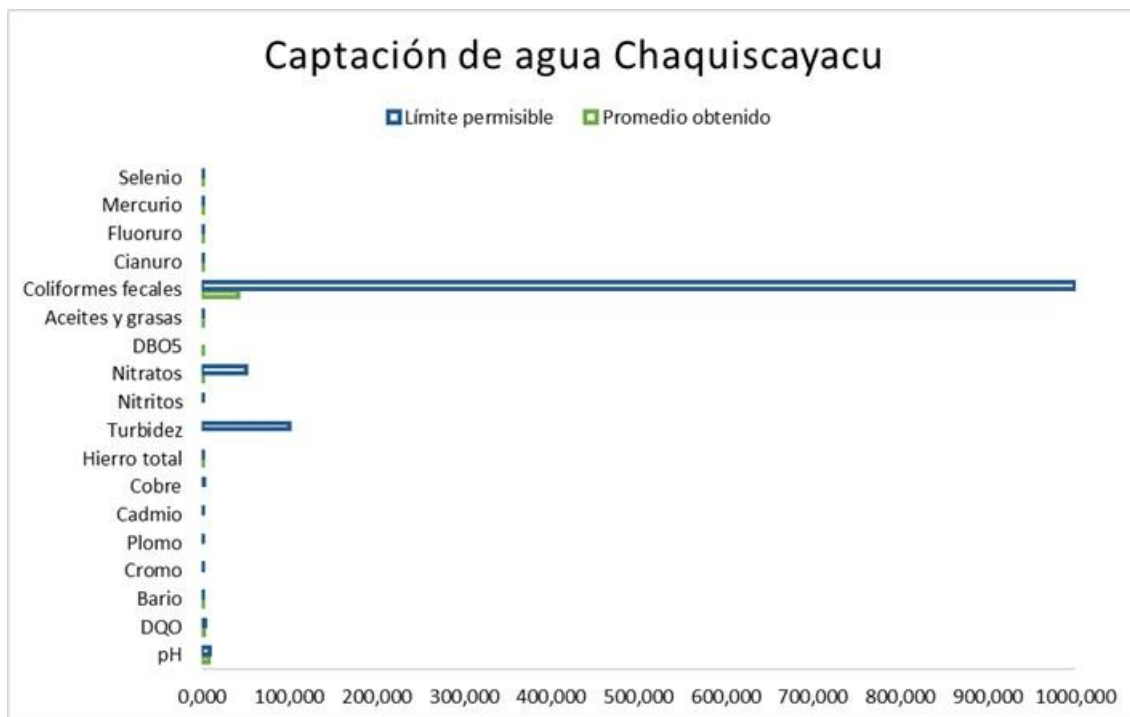


Gráfico 1: Resultados de muestras tomadas en la captación de agua del Estero Chaquiscayacu. Elaborado por: Cordova, A. (2016).

En lo concerniente a los coliformes fecales encontrados, el criterio establece un valor máximo de 1000 UFC/100ml y los resultados en general muestran valores menores a los 78 UCF/100ml. La presencia de coliformes encontrados en la captación en un promedio de 41 UCF/100ml podría considerarse común en un agua natural en un estero de la cuenca amazónica ya que no supera el referente de la Tab. 1 AM 097-A -2015 TULSMA, es importante recordar que este criterio se aplica para aguas que recibirán tratamiento previo al uso y consumo humano y que cumplan con la Norma NTE INEN 1108- 5R 2014-01,

Respecto a los otros parámetros, los valores reportados se encuentran dentro de la norma y muchos de ellos ya no se los controla en la nueva tabla, sin embargo, se los analiza para tener una referencia en caso de una posible contaminación sobre todo tomando en cuenta que una pequeña parte de la micro cuenca está siendo utilizada con una vía carrozable de primer orden según se puede apreciar en la Figura 2: del mapa de ubicación de la microcuenca del estero Chaquiscayacu y ubicación de los puntos de monitoreo. Está captación de agua está dentro de los parámetros considerables para ser utilizada como captación para el tratamiento de agua para consumo.

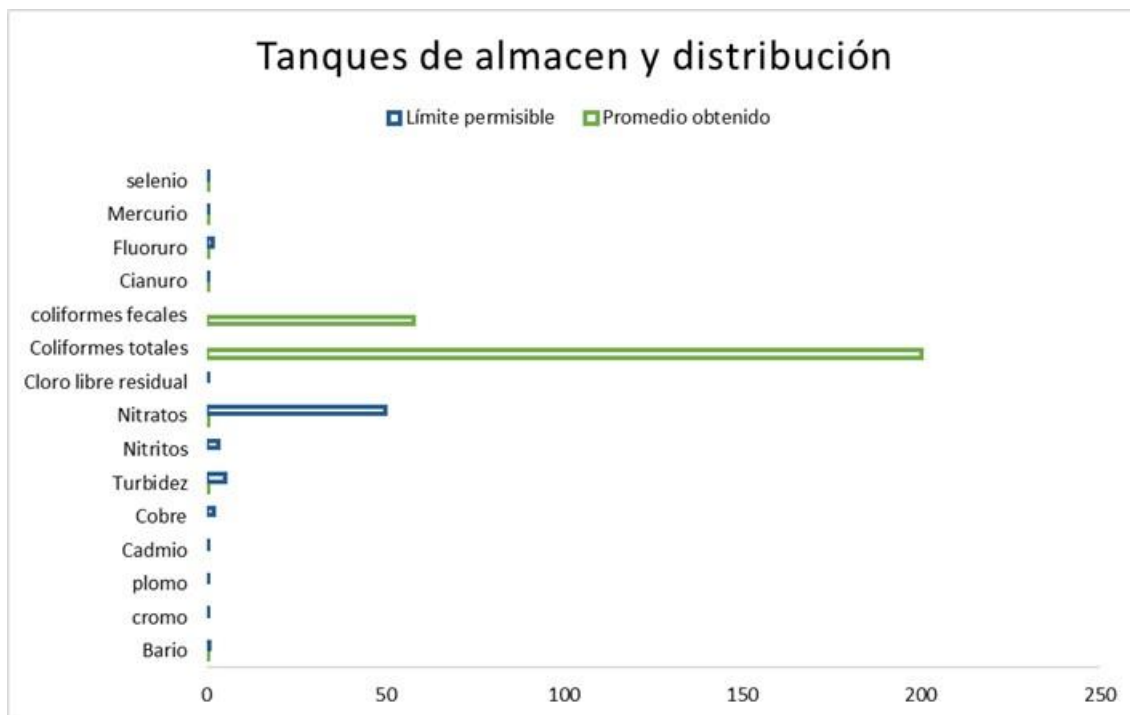


Gráfico 2: Resultados de muestras tomadas en los tanques reservorios y distribución.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

En las muestras colectadas en los tanques de almacenamiento y distribución, el parámetro de los Coliformes fecales se encuentra fuera del rango establecido para agua potable según el Criterio de calidad de la Norma NTE INEN 1108- 5R 2014-01, la presencia de Coliformes tanto fecales como totales se debe a que en esta planta de agua no existe un sistema de desinfección del recurso agua y eso se evidencia con la ausencia de cloro libre residual en las muestras analizadas. Esta agua no es apta para el consumo humano de forma directa, sin embargo, los otros parámetros analizados demuestran que no existe una contaminación por parámetros físico-químicos, por lo tanto, es viable su distribución siempre que el usuario final la desinfecte previo a su consumo.

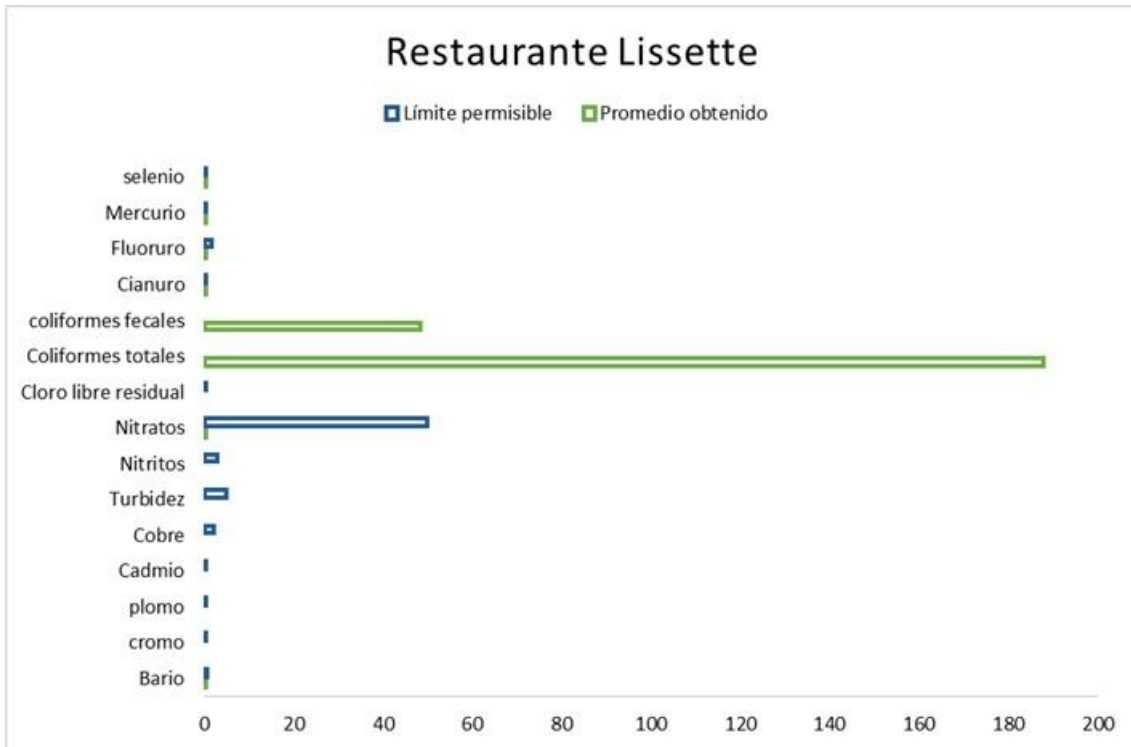


Gráfico 3: Resultados de muestras tomadas en el restaurante Lissette.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

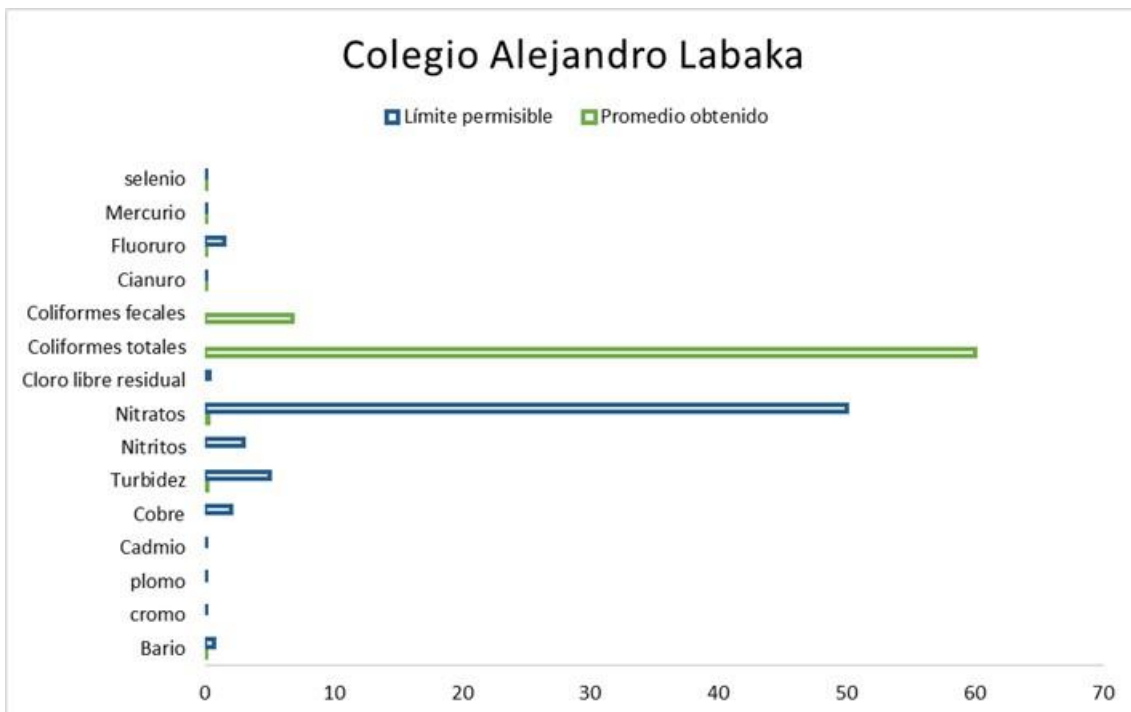


Gráfico 4: Resultados de muestras tomadas en el Colegio Alejandro Labaka

Elaborado por: Cordova, A. (2016)

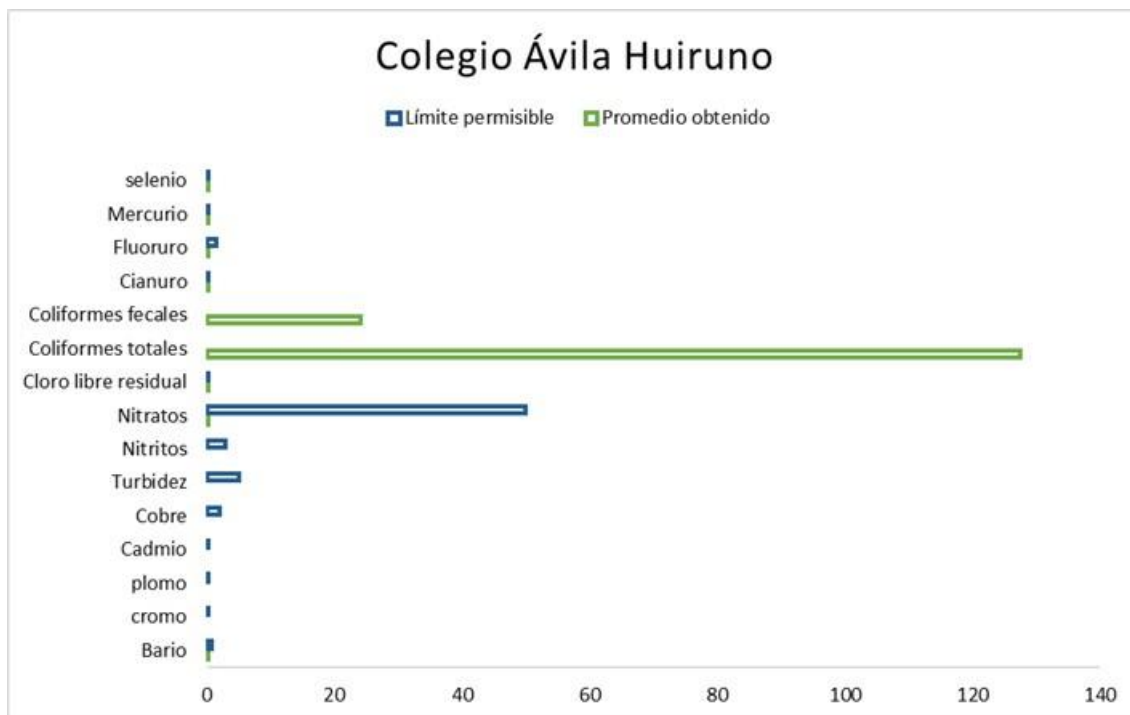


Gráfico 5: Resultados de muestras tomadas en el Colegio Ávila Huiruno
 Elaborado por: Cordova, A. (2016).

En las muestras analizadas en la red de distribución a los usuarios finales se evidencia la presencia de Coliformes fecales tanto en el restaurante Lisset como la Unidad Educativa Alejandro Labaka, y la Unidad Educativa Ávila en el punto más lejano de la red, se encuentran fuera del rango establecido para agua potable según el Criterio de calidad de la Norma NTE INEN 1108- 5R 2014-01 el cual recomienda <1 UFC/100ml lo cual se entiende como ausencia. Para consumo directo del agua es necesario un proceso de desinfección.

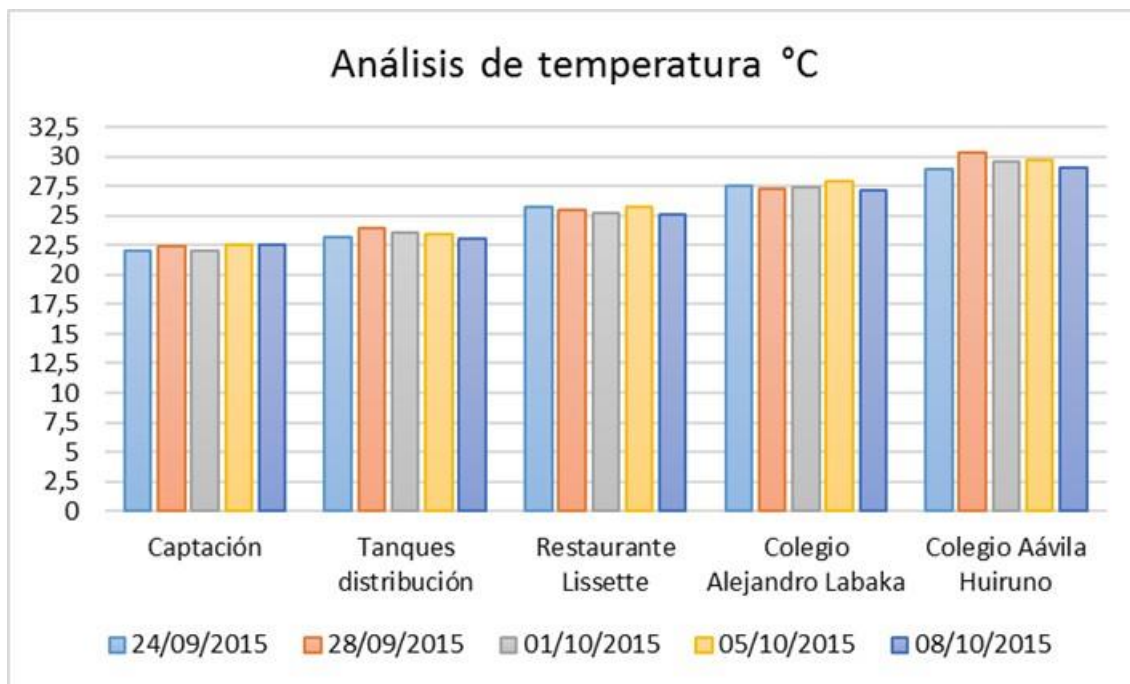


Gráfico 6: Resultados de análisis de temperatura.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

Consecuentemente tal como se evidenció con los resultados de las muestras de los tanques de almacenamiento no existe contaminación química, sin embargo, se observa que la temperatura del agua se incrementa según incrementa la distancia del recorrido, desde los 22.4°C promedio registrado en la “Captación”, ya en los “Tanques de almacenamiento” se registra una temperatura media de 23.5°C, pero el mayor incremento se evidencia el punto más lejano de la red de distribución “Unidad Educativa Ávila” llegando a un promedio de 29.56°C esto se debe principalmente a que las tuberías utilizadas para la conducción del agua están expuestas sobre la superficie en el mayor de los casos o enterradas a muy poca profundidad.

La calidad de agua varía desde la captación hasta llegar al usuario final en lo que respecta a la temperatura, y está directamente relacionado al caudal presente en la red de distribución según se puede apreciar en el siguiente gráfico.

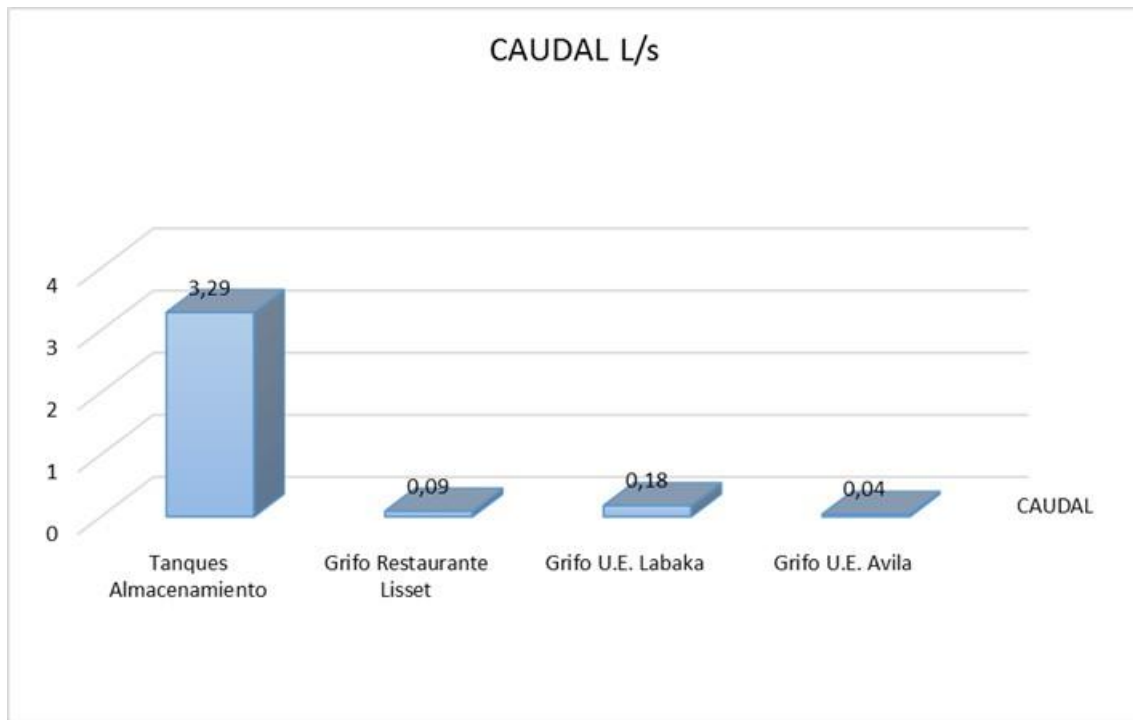


Gráfico 7: Resultados de la medición de caudales de los puntos muestreados.
Elaborado por: Cordova, A. (2016).

Si bien la temperatura no es un parámetro que esté reglamentado en las normas locales, es importante tomarlo en cuenta por cuando el incremento de la temperatura incide en la composición química y biológica del agua, con el incremento de la temperatura se transforman los gases en otros compuestos algunos metales tienden a ser más solubles, se disminuye el oxígeno disuelto, disminuye el cloro residual y las bacterias pueden proliferar.

Los factores que inciden en la calidad del agua son de origen natural en lo que respecta al parámetro de microbiología y antropogénico por cuanto no se está dando el tratamiento y gestión adecuada al agua que llega al usuario final por lo que es necesario que se cumpla con la norma NTE INEN 2655:2012.

CONCLUSIONES.

- Con la identificación del punto de la captación de agua mediante puntos GPS, se realiza un análisis de flujos mediante un modelo digital de terreno para poder determinar los límites de la microcuenca con la finalidad identificar las áreas intervenidas y posibles descargas.

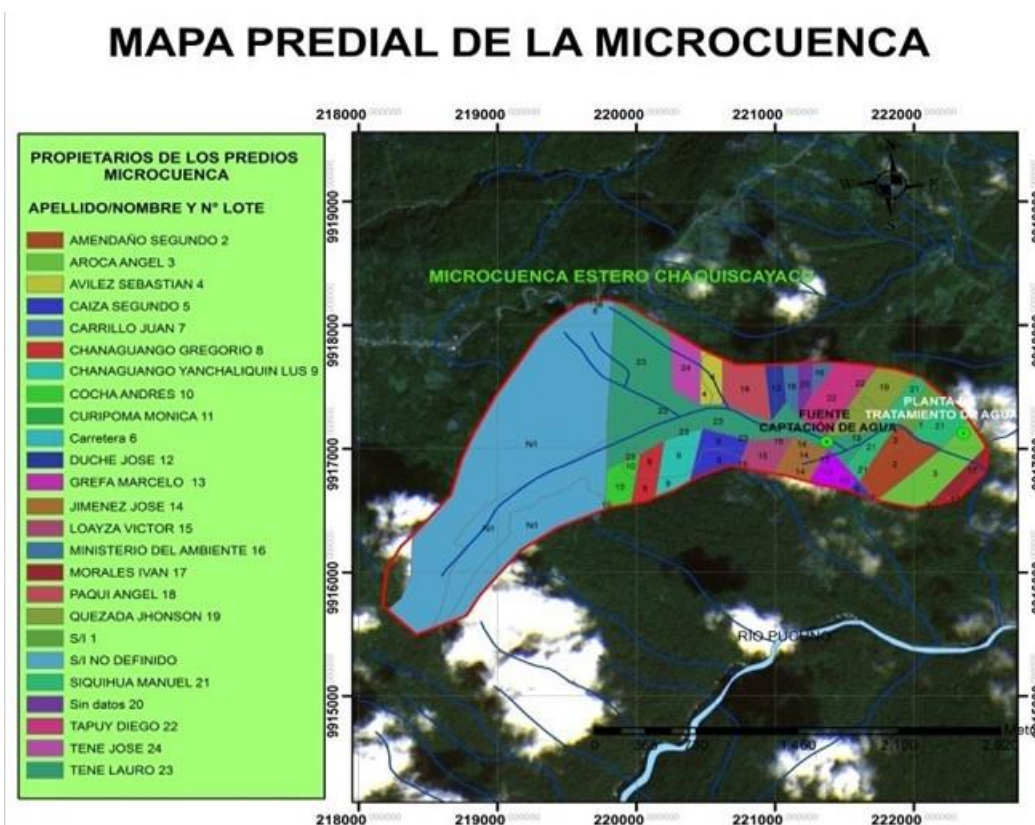


Figura 14: Mapa predial de la microcuenca del estero Chaquiscayacu.

Elaborado por: Cordova, A. (2016).

- . Luego del análisis se determina que una gran parte del territorio pertenece a un reserva forestal Área N/I, existen algunas áreas en las que se aprecia intervención con cultivos, para ello se realiza una visita de campo para corroborar lo mostrado por las imágenes satelitales, ya en el campo se evidencia que las zonas que en la imagen satelital se muestran como intervenidas, han sido abandonadas y que fueron áreas destinadas al cultivo de naranjilla y en la actualidad están en proceso de recuperación de la cobertura vegetal como bosque secundario como es el predio 23 perteneciente al Sr. Lauro Tene, en el resto de predios no se observa intervención en las zonas que están dentro del área de influencia de la microcuenca.

- En el análisis de influencia del sistema vial de la parroquia se determinó que un tramo de unos 300 metros de la carretera denominada Troncal Amazónica se encuentra en límite norte de la microcuenca por lo que podría presentarse posibles arrastres de contaminantes mediante la escorrentía, producto del desgaste de los vehículos o posibles derrames de combustibles como se observa en el punto número 6 del mapa predial.
- En los tanques de almacenamiento, tratamiento y distribución se observa que el mantenimiento y limpieza de los reservorios no se realiza periódicamente por lo que se observó presencia de algas en los primeros tanques de almacenamiento.
- En la captación de agua se observa una leve elevación de la DBO5 durante el muestreo del primer día 2,9 m/l, como del cuarto día 2,18 mg/l, sin embargo, no es sustancialmente considerable por cuanto no es persistente por lo que se podría considerar un hecho aislado. La presencia de Coliformes fecales 41 UFC/100ml no superan los límites determinados para una captación de agua para consumo humano según el Criterio de Calidad Tabla. 1 AM 028 -2015 TULSMA que expresa un valor de 1000 UFC/100ml. Los otros parámetros medidos se encuentran dentro de los márgenes permitidos por la norma ambiental por lo que se considera que el agua es de buena calidad para la captación de agua destinada al uso y consumo humano previa a un tratamiento de potabilización.
- La calidad del agua según los resultados de laboratorio, los parámetros de Coliformes Totales y Coliformes Fecales se encuentran fuera de los límites permitidos por el criterio de calidad según la Norma NTE INEN 1108- 5R 2014-01, que expresa como límite permisible >1 con el método de filtración por membrana. En los tanques de distribución se encontraron promedios de 200 UFC/100ml de coliformes totales y un promedio de 58 UFC/100ml de coliformes fecales, en el Comedor Lissette se encontraron promedios de 187 UFC/100ml de coliformes totales y un promedio de 48 UFC/100ml de coliformes fecales, en la Unidad Educativa Alejandro Labaka se encontraron promedios de 60 UFC/100ml de coliformes totales y un promedio de 7 UFC/100ml de coliformes fecales y en la Unidad Educativa Ávila se encontraron promedios de 128 UFC/100ml de coliformes totales y un promedio de 24 UFC/100ml de coliformes fecales, y esto se debe principalmente a que no existe un sistema de desinfección previo al almacenamiento para su distribución, los otros parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos.
- Si bien la temperatura no es un parámetro que no está mencionado en ninguna de las dos tablas de control mencionadas es importante notar que conforme se aleja del punto de captación ésta se incrementa llegando a valores de hasta

30,4°C en el punto más lejano del sistema de agua, esto es importante tomar en cuenta para cuando se realicen un proceso de desinfección mediante cloración debido a que el incremento de la temperatura favorece la pérdida del cloro residual y por ende una favorable condición para la reproducción de las bacterias que podría estar alojadas en incrustaciones en las tuberías de la red de distribución.

RECOMENDACIONES.

- Si bien la calidad del agua en lo que respecta a los parámetros físicos y químicos está dentro de las normas, se recomienda mejorar e instalar un sistema que cumpla con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2655:2012 Implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas en sistemas públicos de agua potable, de manera que se realice dentro de un marco técnico, económico y ambiental adecuado a la realidad local y constituya un solución sostenible durante el período de diseño del sistema.
- Con la calidad que actualmente presenta no se recomienda al usuario del sistema de agua, el consumo directo de agua, sin embargo, no se descarta para el uso en el aseo diario.
- Mientras se mejora el sistema de potabilización, para el consumo directo los usuarios deben realizar la desinfección el agua con 4ml de cloro (Hipoclorito de Sodio) por cada litro de agua dejar reposar 30 minutos antes de consumirla o a su vez hervir el agua durante al menos 30 minutos, airear y mantener en un recipiente cerrado.
- Es importante mantener una constante vigilancia de la existencia de fugas en el sistema de distribución para evitar que se infiltre agua del exterior contaminada.
- Es muy importante que se realice una limpieza periódica y planificada del sistema de agua en la zona de los reservorios y planta de tratamiento.
- Es necesario establecer un calendario de monitoreo de parámetros físico químicos y microbiológicos, con la ayuda de un laboratorio especializado para conocer el estado de la calidad del agua en el tiempo para poder recomendar el tipo de tratamiento y para tomar las decisiones correctas en pos de disminuir el riesgo a la salud pública del usuario final.
- Con el tratamiento correcto se espera reducir la población bacteriana, esto no significa que se deba tener un agua estéril, sino eliminar, inactivar o destruir los organismos patógenos y por ende reducir el riesgo para la salud pública al mínimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS. 2014. Conservación del Agua. <http://www.epa.gov/espanol/saludhispana/agua-conservacion>.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, & WATER ENVIRONMENT FEDERATION. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22.a ed.
3. Arboleda Valencia, J. (2000). Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, "Tomo 1", Editorial Mc Graw Hill –Interamericana, 3ra Edición. Bogotá, Colombia.
4. BUCHER, E. et al. 1997. Conservación de ecosistemas de agua dulce: Hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos. Washington.
5. Carvalho, Eduardo (26 de agosto de 2011). «Novo rio subterrâneo na Amazônia pode ser o maior do mundo» .
6. Fransolet, G.; Villers, G. & Machelin, W.J. 1985. Influence of Temperatua on bacterial Development in Waters.
7. Arenas. J., 2000. Diccionario Técnico Jurídico del Medio Ambiente. Editorial Mc Graw Hill –Interamericana, 1ra Edición. Madrid, España.
8. Ecured. 2016. Calidad del Agua. Recuperado de http://www.ecured.cu/Calidad_del_Agua.
9. FAO. La Microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales, Nota Técnica 1.

10. FAO. Ecología y enseñanza rural, Nota Técnica 4 el agua., Departamento de Montes.
11. González, E. 2001. PRIZMA. Políticas para la conservación del Agua.
12. Hach. 2000. Manual de análisis de agua, 3ra. Ed. En español.
13. Kappelle, M. 2009. "Agua Dulce." En: Fundación Global Democracia y Desarrollo.
14. Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 1108-5R-2014-1. Agua potable Requisitos.
15. Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2655-2012-08. Implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas en sistemas públicos de agua potable.
16. Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2169-2013 primera revisión. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.
17. Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2176-2013 primera revisión. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.
18. Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 1105:1983 fecha de confirmación 2012-10-29. Aguas. Muestreo para examen microbiológico.
19. OMS. 2015. Nota descriptiva N°391.
20. Registro Oficial: Acuerdo Ministerial No.097-A -2015 Sustituye el libro VI del texto unificado de legislación secundaria.
21. Universidad de Navarra, 2015 Libro Electrónico, ciencias de la tierra y del medio ambiente, el origen de la contaminación de las aguas.
22. Echarri, 1998.
23. Lenntech BV, Rotterdamseweg 402 M 2629 HH .

ANEXOS.



Figura15: Punto de muestreo en la captación en el estero Chaquiscayacu.
Fuente: Cordova, A. (2016).



Figura16: Tanques de almacenamiento, tratamiento y distribución.
Fuente: Cordova, A. (2016).



Figura17: Punto más cercano a los tanques de tratamiento y distribución, comedor Lizette.
Fuente: Cordova, A. (2016).



Figura18: Punto de muestreo medio desde el tanque de distribución, Colegio Alejandro Labaka.
Fuente: Cordova, A. (2016).



Figura 19: Punto de muestreo más distante a los tanques de tratamiento y distribución, Colegio Ávila Huiruno.

Fuente: Cordova, A. (2016).



Figura 20: Transporte de las muestras.

Fuente: Cordova, A. (2016).

 Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana COORDINACIÓN GENERAL DE GESTIÓN AMBIENTAL JEFATURA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL															Hoja 1 de 2										
PROTOCOLO DE CAMPO										CADENA DE CUSTODIA					No. Oficio/ Memo										
INFORMACIÓN										CONDICIONES DE LA MUESTRA															
Realizado por:										Condiciones Climáticas		Soleado <input type="checkbox"/>	Nublado <input type="checkbox"/>	Lluvioso <input type="checkbox"/>	Temperatura °C										
Solicitado por:										Preservación de la muestra					Muestra Seleccionada										
Localización:										H ₂ SO ₄ <input type="checkbox"/>	HNO ₃ <input type="checkbox"/>	Refrigeración <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>											
Fecha:										Requerimientos de Análisis															
Teléfono:																									
Coordenadas del sitio:		X		Y			Z																		
IDENT. DE LA MUESTRA		FECHA	Hora	Matriz		Tipo de Muestreo		Coordenadas UTM		Tipo de Envase				TAB 1	TAB 2	TAB 3	TAB 4	TAB 5	TAB 6	TAB 7	INEN	TULAS	OTROS	Observaciones	
				S	C			minim	TPH 250 ml	A/G 250 ml	HAPs 1 L	M/O 100 ml													
* Matriz:		A-Agua	S-Suelo	VEG-Vegetal	SD-Sólidos	DS-Desechos	CP-Cortes de Perforación	FDA-Alimentos															Comentarios		
* Tipo de Muestra:		S-Simple	C-Compuesta																						
		Nombre		Fecha		Hora		Firma		Observaciones															
Realizado por:																									
Solicitado por:																									
Responsable de ingreso al Laboratorio por:																									
Otro:																									

Figura 21: Protocolo de muestreo de campo y cadena de custodia

Fuente: LabGadpo.