

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO

ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA Y BIOTA
ACUÁTICA POR LA PRESENCIA DE LIXIVIADOS EN EL RÍO
DE JAQUIRA - CUSCO**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE BIÓLOGO
PRESENTADO POR:**

Bach. Rocío Del Pilar Quispe Román

Bach. Susan Milagros Salas Ventura

ASESOR: Blgo. Percy Yanque Yucra.

CUSCO – PERÚ

2017

“TESIS FINANCIADA POR LA UNSAAC”

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al asesor Blgo. Percy Yanque Yucra por todo el apoyo y confianza puesta en este trabajo.

Así mismo a nuestros padres, nuestro corazón agradece vuestro cariño y vuestra compañía nada de esto habría sido así de especial sin vuestro apoyo.

A nuestros amigos; las palabras que buscamos no existen el agradecimiento a ustedes no tiene comparación.

También agradecemos a todas aquellas personas que han participado en la preparación del presente trabajo, y es un placer reconocer la ayuda desinteresada recibida de muchas partes, no es posible mencionarla específicamente, pero nuestro agradecimiento no es menos efectivo.

“VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA Y BIOTA ACUÁTICA POR LA PRESENCIA DE LIXIVIADOS EN EL RÍO DE JAQUIRA - CUSCO”

	CONTENIDO	Pág.
RESUMEN		I
INTRODUCCIÓN		II
JUSTIFICACIÓN		III
OBJETIVOS		IV
HIPÓTESIS		V

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES.	1
1.2. MARCO TEORICO.	7
1.2.1. El agua.	7
1.2.2. Calidad del agua.	14
1.2.3. Índice de calidad de agua.	16
1.2.3.1. Parámetros físico – químicos.	17
1.2.3.2. Parámetros bacteriológicos.	22
1.2.4. Indicador biológico.	25
1.2.4.1. Macroinvertebrados como bioindicadores.	26
1.2.4.2. Índice biótico andino.	33
1.2.4.3. Fitoplancton como bioindicadores.	37
1.2.5. Metales pesados.	50
1.2.5.1. Plomo.	51
1.2.5.2. Cromo.	54
1.2.6. Residuos sólidos.	58
1.2.7. Lixiviados.	66
1.2.8. Marco legal.	71

CAPITULO II: AREA DE ESTUDIO

2.1 UBICACIÓN.	79
2.2 ACCESIBILIDAD.	81
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.	81
2.3.1 Geología.	81
2.3.2 Geomorfología.	83
2.3.2.1 Geomorfología regional.	83
2.3.2.2 Geomorfología local.	85
2.3.3 Hidrología.	86
2.3.3.1 Hidrogeología de Jaquira.	87
2.3.3.2 Perfil del río Jaquira.	88
2.3.3.3 Régimen del río.	89
2.3.4 Clima.	89
2.3.5 Ecología.	90
2.3.5.1 Zonas de vida.	90
2.3.5.2 Flora.	93
2.3.5.3 Fauna.	93

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES.	94
3.2 METODOLOGÍA.	96
3.2.1 Ubicación de las estaciones de muestreo.	96
3.2.2 Análisis físico, químico, bacteriológico y Concentración de metales pesados del Agua del río Jaquira.	99
3.2.2.1 Medición del caudal del río Jaquira.	99
3.2.2.2 Análisis físicos y químicos del agua del río Jaquira.	99
3.2.2.3 Análisis bacteriológico del agua del río Jaquira.	101
3.2.2.4 Determinación de la concentración de Metales pesados del agua del río Jaquira.	103
3.2.3 Análisis de la comunidad biótica.	108
3.2.3.1 Análisis de macroinvertebrados.	109
3.2.3.2 Análisis de fitoplancton.	109
3.2.4 Análisis físicos, químicos, bacteriológico y concentración de metales pesados de los lixiviados del botadero de Jaquira.	110
3.2.5 Determinación del índice de calidad del agua (ICA) del río Jaquira.	110

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, BACTERIOLÓGICAS Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA.	119
4.1.1 Caudal del río Jaquira.	119
4.1.2 Características físicas, químicas y bacteriológicas del agua del río Jaquira.	120
4.1.3 Concentración de metales pesados del agua del río Jaquira.	129
4.2 MACROINVERTEBRADOS Y FITOPLANCTON COMO BIOINDICADORES.	131
4.2.1 Macroinvertebrados como bioindicadores.	131
4.2.2 Fitoplancton como bioindicadores.	139
4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DE LOS LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE JAQUIRA.	145
4.4 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) DEL RÍO JAQUIRA.	147

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 01: Escala de índice de calidad del agua en función a sus diferentes usos.	24
Tabla 02: Datos típicos sobre la composición de los lixiviados.	70
Tabla 03: Parámetros y valores consolidados de los ECA (Categoría 3 y 4).	76
Tabla 04: Datos climáticos estación meteorológica de Perayoc – UNSAAC (2007- 2016).	89
Tabla 05: Determinación de las estaciones de muestreo.	96
Tabla 06: Frecuencias de muestreos en ambas épocas del año.	97
Tabla 07: Metodología usada para cada parámetro.	101
Tabla 08: Parámetro bacteriológico.	102
Tabla 09: Metodología usada para los metales pesados.	103
Tabla 10: Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino (ABI).	108
Tabla 11: Parámetros usados para los lixiviados.	110
Tabla 12: Pesos relativos para cada parámetro del ICA.	111
Tabla 13: Factores por los cuales hay que multiplicar los valores de oxígeno medidos de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar.	114
Tabla 14: Rangos de la calidad del agua.	118
Tabla 15: Caudal del río Jaquira en época de secas.	119
Tabla 16: Caudal del río Jaquira en época de lluvias.	119
Tabla 17: Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para la época de secas.	120
Tabla 18: Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para la época de lluvias.	121
Tabla 19: Consolidado de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua del río Jaquira en ambas épocas del año.	122
Tabla 20: Concentración de metales pesados - Época de secas.	129
Tabla 21: Concentración de metales pesados - Época de lluvias.	129
Tabla 22: Consolidado de concentración de metales pesados del agua del río Jaquira en ambas épocas del año.	130
Tabla 23: Macroinvertebrados identificados en el río Jaquira, época de secas.	131
Tabla 24: Macroinvertebrados identificados en el río Jaquira, época de lluvias.	133
Tabla 25: Índice biótico andino en época de secas.	135
Tabla 26: Índice biótico andino en época de lluvias.	136
Tabla 27. Índice biótico andino en ambas épocas.	137
Tabla 28: Algas identificadas en el río Jaquira - época de secas.	139
Tabla 29: Algas identificadas en el río Jaquira - época de lluvias.	141
Tabla 30: Índice de Jaccard - época de secas.	143

Tabla 31: Índice de Jaccard - época de lluvias.	144
Tabla 32: Parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y metales pesados de los lixiviados del botadero de Jaquira para ambas épocas del año.	145
Tabla 33: Índice de calidad de agua para ambas épocas del año.	147
Tabla 34: Caracterización del ICA del agua del río Jaquira en función a su uso.	150
Tabla 35: Análisis comparativo entre macroinvertebrados, fitoplancton e Índice de Calidad del Agua del río Jaquira– época de secas.	151
Tabla 36: Análisis comparativo entre macroinvertebrados, fitoplancton e Índice de calidad de agua - época de lluvias.	151

RELACIÓN DE CUADROS:

Cuadro 01: Puntuaciones del Índice Biótico Andino – ABI para las familias de macroinvertebrados acuáticos de los andes tropicales.	35
Cuadro 02: Algas utilizadas en procesos bioindicativos.	45
Cuadro 03: Clasificación de residuos sólidos domiciliarios.	62
Cuadro 04: Manantes identificados en el Distrito de Santiago.	86
Cuadro 05: Ríos y quebradas en el Distrito de Santiago.	86

RELACIÓN DE FIGURAS:

Figura 01: Estructura del agua.	8
Figura 02: Funcionamiento esquemático del Ciclo Hidrológico.	11
Figura 03: Vista general de una ninfa de Ephemeroptera.	27
Figura 04: Características morfológicas típicas de Plecoptero.	28
Figura 05: Morfología general de la larva de Trichoptera.	30
Figura 06: Características morfológicas de Coleóptero.	31
Figura 07: Características morfológicas de Odonato.	32
Figura 08: Características morfológicas típicas de los Dípteros.	33
Figura 09: Perfil del río Jaquira.	89
Figura 10: Climatodiagrama estación meteorológica de Perayoc (2007-2016).	90
Figura 11: Curva de función para la temperatura.	112
Figura 12: Curva de función para la turbidez.	112
Figura 13: Curva de función para los sólidos totales.	113
Figura 14: Nivel de saturación de oxígeno disuelto.	114
Figura 15: Curva de función para el OD.	115
Figura 16: Curva de función para DBO.	115
Figura 17: Curva de función para el pH.	116
Figura 18: Curva de función para los nitratos.	116
Figura 19: Curva de función para los fosfatos.	117
Figura 20: Curva de función para los coliformes fecales.	117

RELACIÓN DE IMAGENES:

Imagen 01: Cyanophyta.	39
Imagen 02: Clorophyta.	41
Imagen 03: Estructura del orden Pennales.	43
Imagen 04: Pyrrophyta.	44

RELACIÓN DE MAPAS:

Mapa 01: Area de estudio.	80
Mapa 02: Zonas de vida.	92
Mapa 03: Ubicación de las estaciones de muestreo.	98
Mapa 04: Calidad del agua ABI.	138
Mapa 05: Índice de calidad de agua.	149

RELACIÓN DE GRAFICOS:

Grafico 01: Principales ordenes de macroinvertebrados – época de secas.	132
Grafico 02: Principales ordenes de macroinvertebrados – época lluvias.	134
Grafico 03: Número de géneros por familia porcentaje de fitoplancton – Época de secas.	140
Grafico 04: Número de géneros por familia porcentaje de fitoplancton – Época de lluvias.	142
Grafico 05: Dendrograma por estaciones de muestreo - Época de secas.	143
Grafico 06: Dendrograma por estaciones de muestreo - Época de lluvias.	144

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en el río Jaquira, ubicado en el Distrito de Santiago, en la región Cusco; en el periodo comprendido entre mayo del 2016 a febrero del 2017; con el fin de determinar la variación del índice de Calidad de Agua y biota acuática por la presencia de lixiviados, para lo cual fueron determinados 07 estaciones de muestreo a lo largo del río en estudio.

Los objetivos fueron evaluar las características físicas, químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados del agua del río Jaquira, identificar macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores, evaluar las características físicas, químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados en los lixiviados del botadero de Jaquira y determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) del río Jaquira.

Se aplicó la metodología de análisis estandarizados de laboratorio para evaluar los parámetros físicos y químicos, para el análisis de metales pesados como el Plomo se empleó espectrometría de absorción atómica y Cromo el método colorimétrico de difenil carbazida, el análisis bacteriológico se realizó empleando tubos múltiples y el cálculo de ufc/100ml, la identificación taxonómica de macroinvertebrados se realizó mediante claves dicotómicas, se empleó el índice biótico andino para determinar la calidad de las aguas y para fitoplancton se realizó un análisis cualitativo para la identificación se utilizó claves dicotómicas y atlas de fitoplancton, los lixiviados fueron evaluados con el mismo método que los análisis físicos, químicos y bacteriológicos del agua del río Jaquira, finalmente la metodología empleada para el ICA fue del método grafico propuesto por la (NSF)(Ott, 1981), considerando 09 parámetros. Llegando a las siguientes conclusiones de acuerdo a los análisis del agua del río Jaquira los valores promedio en la época de secas registran una variación de temperatura de 2.49°C, turbidez de 80 UNT, solidos totales de 1125.5 mg/L, OD 4.99 mg/L, DBO 36.6 mg/L, pH 7.56, nitratos 5.5 mg/L, fosfatos 1.75 mg/L y coliformes fecales $1,1096 \times 10^5$ ufc/ml. Los valores promedio en la época de lluvias registran una variación de temperatura 2.47°C, turbidez de 56 mg/L, solidos totales 1261.9 mg/L, OD 2.65 mg/L, DBO 114.2 mg/L, pH 7.45, nitratos 6.08 mg/L, fosfatos 1.48 mg/L y coliformes fecales de $2,0706 \times 10^5$ ufc/ml. El

DBO y sólidos totales superan los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para la categoría 3 y 4.

En la época de secas la concentración promedio del plomo presenta un valor de 0.0021 mg/L y para la época de lluvias el valor promedio es 0.0011 mg/L.

El valor promedio del cromo para la época de secas es de 0.0018 mg/L y para la época de lluvias es 0.0012 mg/L. Ambos metales se encuentran dentro de la Categoría 3 y 4 de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental.

El índice biótico andino para ambas épocas del año caracteriza al río con una calidad “mala” por la presencia de lixiviados. Se registraron 8 órdenes y 17 familias para la época de secas y 10 órdenes y 23 familias para la época de lluvias. Respecto al fitoplancton en la época de secas se registraron 12 familias y 20 géneros y para la época de lluvias 11 familias y 15 géneros, presentándose en mayor porcentaje la familia Naviculaceae para ambas épocas.

Las características físicas, químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados (Pb y Cr) de los lixiviados generados por el botadero controlado de Jaquira presentan valores que corresponden al doble de lo reportado en el resto de las estaciones de muestreo aguas abajo.

El índice de calidad de agua del río Jaquira reporta una calidad “mala” para ambas épocas del año con un valor promedio de 43.67.

INTRODUCCIÓN

Los medios loticos, que agrupan a los ríos, riachuelos, arroyos, constituyen un recurso natural invaluable en diversos aspectos; en la actualidad, estos ecosistemas están experimentando cambios en su biodiversidad, calidad y cantidad por diversas actividades ya sean naturales y humanas que ocasionan contaminación, destrucción y degradación (Sabater y Elozegi, 2009).

El Índice de Calidad de Agua, es un tipo de índice ambiental que puede ser usado como un marco de referencia único para comunicar información sobre la calidad del ambiente afectado y para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación (Canter, 1996).

El manejo de los residuos sólidos es uno de los problemas más grandes que está atravesando la ciudad de Cusco, considerándolos como aquellos desechos que se producen por el consumo de los diversos productos ya sean para la alimentación, vestido, industria, etc.; el depósito final que estos residuos sólidos tienen es el “botadero controlado de Jaquira”.

Los rellenos, al igual que los botaderos generan lixiviados que se puede definir como el líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener material suspendido o disuelto, generalmente ambos. Este líquido se encuentra comúnmente asociado a rellenos sanitarios y botaderos, como el de Jaquira, donde, como resultado de la filtración a través de los residuos sólidos y la reacción con los productos en descomposición y otros compuestos, se genera el lixiviado. El líquido va arrastrando distintas partículas de los residuos sólidos que atraviesa (Guamán Poma de Ayala, 2008).

Estos lixiviados llegan directamente al río Jaquira afectando la calidad de las aguas del río que altera la composición de la biota acuática.

Por lo tanto en base a estas consideraciones se realizó el trabajo de variación del Índice de Calidad de Agua y biota acuática por la presencia de lixiviados; y de esta manera conocer el grado de contaminación que pueda o no afectar la calidad del río Jaquira.

JUSTIFICACIÓN

El río Jaquira ubicado en el Distrito de Santiago, en la Región Cusco, constituye una fuente importante del recurso hídrico, mantiene la productividad de los pastos y la humedad del suelo, además existen cultivos de papa, maíz, cebada, avena entre otros cercanos al río, por lo tanto es un recurso que se debe conservar.

Sin embargo cerca a este río se encuentra el botadero controlado que actualmente se encuentra colapsado, este río estaría siendo afectado por los lixiviados que genera el botadero razón por lo cual lo estamos estudiando.

La finalidad fue evaluar las características físicas, químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados del agua del río Jaquira, identificar macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores, evaluar las características físicas, químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados en los lixiviados del botadero de Jaquira y determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA).

Para lo cual se aplicó la metodología de análisis estandarizado de laboratorio para evaluar los parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y de metales pesados caso del plomo y cromo tanto en el agua del río Jaquira y en los lixiviados del botadero, la identificación taxonómica de macroinvertebrados se realizó con el uso de claves dicotómicas, se empleó el índice biótico andino para determinar la calidad de las aguas y para fitoplancton se realizó un análisis cualitativo para la identificación se utilizó claves dicotómicas y atlas de fitoplancton. Finalmente la metodología empleada para el ICA fue del método gráfico propuesto por la (NSF) (Ott, 1981), considerando 09 parámetros, el ICA es calculado efectuando una sumatoria de los valores totales de cada prueba.

Los datos obtenidos del presente estudio permitirá plantear alternativas de solución para incorporar a los planes de conservación del recurso hídrico de la entidad correspondiente caso del río Jaquira.

OBJETIVOS

a) Objetivo general

- Evaluar la variación del Índice de Calidad del Agua y la biota acuática del río Jaquira provocados por la presencia de lixiviados generados por el botadero controlado.

b) Objetivos específicos

1. Evaluar las características físicas, químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados del agua del río Jaquira.
2. Determinar macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores.
3. Evaluar las características físicas, químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados en los lixiviados del botadero de Jaquira.
4. Determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) del río Jaquira.

HIPÓTESIS

Los lixiviados generados por el botadero controlado ubicado en el Distrito de Santiago que desemboca en las aguas del río Jaquira, causa variación en el índice de calidad de agua y en la biota acuática.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES.

- FERNANDEZ BACA, M. (1999). Determinó el Índice de calidad de agua en el río Lucre, Provincia de Quispicanchi. La metodología empleada fue el “Índice de Calidad de Aguas” que consiste en el cálculo de 09 parametros físicos, químicos y bacteriológicos obteniendo como resultado que el río Lucre presenta características de un río contaminado, ya que sobrepasa los límites permisibles sobre todo en el número más probable de coliformes fecales, con un mínimo de 350 y un máximo de 68000 org/100ml, y su ICA es variable con un máximo de 70.91 (estación 1) y un mínimo de 50.36 (estación 7); calificándolas como aguas de calidad “media”.
- ESTRADA, G. Y SANCHEZ, M. (2003). Determinaron la Calidad biótica de las aguas del río Chocco del Distrito de Santiago. Emplearon la lista sistemática que permite determinar la calidad y diversidad de la fauna presente, caracterizada por el número total de las unidades sistemáticas así mismo se determinó el caudal, longitud y calidad física y química del río; concluyen que la diversidad de géneros más representativos son Ephemeropteros, Odonatos y Hyallelas en la parte alta; Simulidos, Hirudineos, Culisidos y Culicoides en la parte media, Tubíferos y Chironomidos en la parte baja. Mientras que las características físicas y químicas presentan valores: OD de 8.2ppm a 8.3ppm a lo largo del río, DBO 1.9 mg/L en la parte alta, Solidos Totales tiende aumentar desde 116.8 mg/L en la parte alta y 267.3mg/L en la parte baja, dureza de 158.3 a 276.7 mg/L correspondientes a la parte alta y baja presentado aguas blandas a medianamente duras, pH cercano a la neutralidad con valores de 7.4 a 7.7.
- MALPARTIDA, L. M. Y QUISPE, R. (2003). Realizaron el estudio del Índice de Calidad de Agua de los principales medios lóticos en el Santuario Histórico de Machupicchu. Donde se empleó 09 parámetros físicos y químicos (OD, DBO, pH, Temperatura, Solidos Totales, Turbidez, Nitratos, Fosfatos) y un parámetro bacteriológico (Coliformes Termotolerantes) los que sirvieron para determinar el ICA; concluye que los cursos de agua en el SHM presentan en su

mayoría calidad “buena” para la época de secas con tendencia a la disminución de la calidad con respecto a la época de lluvias como en el caso de los ríos Cusichaca (secas 72.9, lluvias 65.8, la tendencia es similar en ambas estaciones). Los ríos Vilcanota, Alcamayo y aguas calientes parte baja, muestran un deterioro en la calidad de agua para ambas épocas.

- GARCIA, M. (2005). Evaluó los lixiviados en la planta de tratamiento de residuos sólidos en Andahuaylillas – Cusco. Donde se realizó análisis físico y químico de lixiviados y suelos; concluye que la temperatura de lixiviados varía entre 15 y 16°C, pH 7.8 (inestable) con rangos hacia la alcalinidad, los valores de OD, DBO, DQO, sólidos totales, metales pesados y coliformes termotolerantes/fecales superan los límites permisibles para aguas residuales.
- FLORES, S. (2007). Realizó el estudio de algas del humedal Lucre – Huacarpay, se empleó el análisis cualitativo y cuantitativo; donde determinaron pH 6.59, los valores de DBO mayor a 9 ppm, fosfatos con niveles superiores a 0.04 mg/L, nitratos son mayores a 0.3mg/L, temperatura fluctúa de 15 a 22 °C indican que el humedal se encuentra en un proceso de eutrofización, respecto al fitoplancton se encontraron 52 géneros, 25 familias, siendo los géneros indicadores de eutrofización *Euglena*, *Chroococcus*, *Anabaena*, *Spirulina*, *Oscillatoria*, *Anacystis*, *Stauroneis*, *Surirella*, *Cyclotella*, *Selesnastrum*, *Oocystis*, *Tetraedron*, *Chlorella*, *Schroederia*, *Ankyra*, *Coelastrum*, *Spirogyra*, *Staurastrum* y *Ulothrix*.
- HUAMÁN, K. (2009). Determinó invertebrados reófilos en el río Quesermayo – Calca como indicadores de calidad de aguas. El método empleado es el Índice Biótico de Familia (IBF) de Hilsenhoff (1988); obteniendo como resultado que la comunidad de macroinvertebrados del río Quesermayo está constituida por 12 taxas distribuidos en 11 familias (Dugesidae, Lumbriculidae, Physidae, Hyalellidae, Elmidae, Chironomidae, Baetidae, Aeshnidae, Perlidae, Hidrobiosidae, Limnephilidae) siendo los insectos el grupo más representativo, con un total de 6 familias en la cuenca. Concluye que la calidad del agua del río Quesermayo a lo largo de su recorrido es de “regular” a “buena” en la mayoría de los puntos de muestreo.
- TORO, D. *et. al.* (2009): Evaluaron la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola de la

Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. Se utilizó el índice BMWP/Col. para los 08 muestreos y 24 puntos, además se usó el análisis de varianza (ANOVA) para la comparación de la riqueza y abundancia obteniendo 11.800 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 22 órdenes y 55 familias. La familia más abundante fue Chironomidae con 3806 individuos (32.5%), seguida de Thiaridae con 3150 individuos (26.7%), Palaemonidae con 793 individuos (6.7%), Hydrobiidae con 531 individuos (4.5%), Hydropsychidae con 383 individuos (3.2%), Physidae con 249 individuos (2.4%). Las 48 familias restantes presentaron entre 1 y 150 individuos.

- ANDRADE, V. Y SOTOMAYOR, A. (2011). Realizaron el índice de calidad de agua y análisis cualitativo de fitoplancton del río Cachimayo – Cusco, donde se usó un índice estándar y representativo (NSF) que consta de 09 parámetros, obteniendo como resultado: temperatura fluctúa de 9 a 11 °C, turbiedad de 1.91 a 5.5 NTU, pH básico de 8.2, Nitratos con promedio de 174.47 mg/L, Fosfatos debajo de 0.04 mg/L, sólidos totales con promedio de 0.13 mg/L, OD entre 5.84 a 7.05 mg/L, DBO varía de 0.39 a 0.81 mg/L, coliformes fecales con promedio de 92.4 NMP/100ml. Obteniendo una ICA de 61.49 calificando como calidad “media”. Respecto al fitoplancton se encontraron 15 taxas (*Rhopalodia*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Surirella*, *Epithemia*, *Tabellaria*, *Synedra*, *Navicula*, *Bacillaria*, *Girosigma*, *Asterionela*, *Pediastrum*, *Oscillatoria*, *Cladophora glomerata*).
- CACERES, A. A. Y VALENCIA, M. G. (2013). Determinaron el efecto de los lixiviados sobre la biota acuática en el río Haquira - Cusco. Se utilizó dos tipos de índices biológicos: Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) y el Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (ETP) conjuntamente con un análisis físico y químico del río en estudio. Dando como resultado de los análisis físicos y químicos: temperatura varía entre 5.0 a 9.8°C, pH alcalino (8.46 – 8.80), OD mayor 7.04 ppm (punto 2), DBO menor 3.71 mg/L (punto 1), sólidos totales se incrementa entre 77.8 a 247.1 ppm. Concluyen que la calidad de agua del río Haquira está siendo afectado por la filtración de lixiviados provenientes del relleno sanitario; encontrándose 16 familias de macroinvertebrados (Elmidae, Curculionidae, Dytiscidae, Odontocelidae, Culicidae, Glossoponidae, Perlodidae, Aeshnidae, Baetidae, Oligoneuridae,

Chironomidae, Atherisidae, Ephemerellidae, Phrygaenidae, Psychomyiidae y Tipulidae) siendo la más numerosa chironomidae con 41% del total de abundancia.

- CANAZAS, N. R. (2013). Determinó la distribución horizontal de Clorophytas en la laguna de Huacarpay, Provincia de Quispicanchis-Cusco. Empleó la metodología convencional de arrastre de la red colectora de plancton y la respectiva botella; se encontraron 10 especies en las 5 estaciones de muestreo siendo las especies: *Oocystis elliptica*, *Chlorella vulgaris*, *Ankistrodesmus fusiformis*, *Staurastum dentatum*, *staurastum leptocladum*, *Pediastrum boryanum*, *Characium hookeri*, *Cladophora glomerata*, *Spirogyra condensata*, *Scenedesmus bijuga*, siendo la más abundante *Cladophora glomerata* y la más escasa *Ankistrodesmus fusciformis*.

- PACHECO, E. A. (2013). Realizó la evaluación de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos del río Lucre y sus afluentes, Quispicanchi - Cusco. Se utilizaron 3 métodos: El Índice Biótico de Familias (IBF), Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (ETP), Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP); donde se registró 11 órdenes de macroinvertebrados bentónicos distribuidos en 26 familias (Acari, Hyalellidae, Leuctridae, Dugesidae, Gloscosomatidae, Philopotamidae, Leptoceridae, Hydropsichyidae, Hdoptilidae, Lumbricidae, Aeshnidae, Onisagastridae, Leptohiphidae, Baetidae, Blephariceridae, Simulidae, Muscidae, Chironomidae, Tabanidae, Dytiscidae, Chrysomelidae, Dryopidae, Elmidae y Physidae); concluye que la calidad de agua para la cuenca del río Lucre es de “regular” a “buena” con un ICA máximo de 76.23 y un mínimo de 63.89.

- PEÑA, G. Y HUAMAN, Y. (2013). Determinaron el Índice de Calidad de Agua y el análisis cualitativo de fitoplancton en el río Mariño ubicado en el Departamento de Apurímac Provincia Abancay. Se utilizó la función ponderada multiplicativa para determinación del ICA y el análisis cualitativo del fitoplancton; donde obtuvieron que el índice de calidad de agua del río Mariño es de 47.29 que indica una calidad “mala” o “contaminada” y según el análisis cualitativo de fitoplancton se observa una variación notoria en la constitución de algas entre el punto 1, donde se encontraron los géneros *Placktoniella*, *Navicula* y *Cymbella*, mientras que el punto 5 se encuentran algas indicadoras de un

grado de eutrofización como el género *Synedra* y *Spirogyra*, encontrando características intermedias en los puntos 2 al 5.

- VARGAS G. (2013). Determinó macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca del río Mayrasco, Santiago – Cusco, el método utilizado es el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), donde se determinó que la cuenca del río es “Buena” en los puntos 1 y 2 con 110 y 109; “Aceptable” en el punto 3 con 88, “Dudosa” en los puntos 4 y 5 con 57 y 55. Los parámetros físicos y químicos, según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, revelan que estas aguas se encuentran dentro de los rangos permisibles para la categoría de conservación del ambiente acuático (turbidez de 0.4 a 0.9 NTU, pH entre 8.3 y 8.7, OD 7.09 a 7.43 ppm, DBO varía de 6.4 a 5.9 ppm, temperatura entre 10 y 16°C).
- LA TORRE, L. R. Y LUNA, K. (2014). Determinaron el Índice de Calidad de Agua y nivel de metales pesados del río Araza, Quispicanchi - Cusco. Se utilizó la metodología del Índice de Calidad de Aguas (ICA), para razones comparativas se empleó el método gráfico y analítico, propuesto por Brown (1970) y Ott (1978) que consiste en el cálculo de 09 parámetros. Respecto al ICA del río Araza, se obtuvo que referente al análisis físico y químico en las 20 estaciones, para ambas épocas del año los valores obtenidos se encuentran dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, emitidos según D.S.002-2008 – MINAM. De acuerdo al análisis bacteriológico de las 20 estaciones, 16 se encuentran dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, mientras que cuatro superan estos estándares. Referente al ICA para ambas épocas del año el ICA es “bueno” (con 75.07 para secas y 72.07 para lluvias). La concentración de metales pesados como Mercurio, Plomo y Hierro, registran valores por debajo de los rangos permitidos por los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, emitidos según D.S.002-2008 – MINAM.
- QUISPE, R. P. (2015). Determinó el análisis de macroinvertebrados y Calidad de Agua del río Saphy - Cusco. Utilizó el método gráfico propuesto por Brown (1978) donde se emplean 09 parámetros; concluye que las aguas del río Saphy son de calidad “media” con 67.89 según el ICA, para los macroinvertebrados se empleó el ABI donde determino que la calidad es “mala”

con una puntuación de 27.6. Habiéndose determinado 8 órdenes (*Hirudinea*, *Oligochaeta*, *Amphipoda*, *Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, *Coleoptera*, y *Diptera*) y 13 familias.

- AMANCA, F. (2016). Realizó un estudio de impacto ambiental y plan de cierre del ex botadero de Canchauran de distrito de Urcos - Quispicanchis, determinó que el ICA para el río Canchauran es de 53.86 “calidad regular” mientras que para la laguna de Urcos es de 29.26 “calidad mala”, los parámetros de lixiviados fueron: pH de 8.55, OD 0.0 mg/L, DBO 1050.9 mg/L, solidos totales 54567.5 mg/L, y plomo de 0.42mg/L; todos estos parámetros superan los límites permisibles del CEPIS (1995).

1.2 MARCO TEORICO

1.2.1 EL AGUA

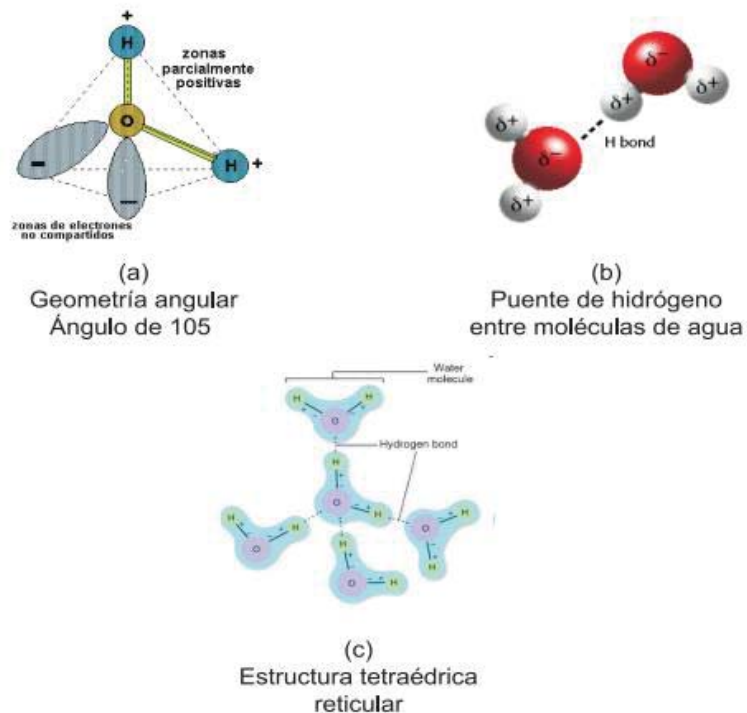
El agua es tan esencial e indispensable para la vida como el oxígeno ya que domina por completo la composición química de todos los seres vivos por ejemplo en el hombre aproximadamente el 70% de nuestro peso corporal es agua como organismos acuáticos alcanzan cifras más altas es así que el metabolismo bioquímico de todos los seres vivos depende de las características físicas y químicas de este elemento líquido entonces el agua es vida debido a nuestra total dependencia donde desaparece el agua también desaparece la biota.

Una de las mayores características del planeta que habitamos es la abundancia de agua que cubre alrededor del 71% de la superficie del cual más del 97% es el agua depositada en los mares cuya característica común es su condición del agua que es salada el promedio del contenido de sales es de 35000ppm o 35000mg/l o 35g/l mientras que el 2% se halla como agua congelada en los casquetes polares y los glaciares y apenas el 1% está acumulada en los lagos y ríos para el mantenimiento de la vida terrestre (Wetzett, 1989).

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA.

El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva). La molécula tiene una geometría angular (los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de unos 105° lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras muchas sustancias polares (Carbajal y Gonzales, 2012).

Figura 01: Estructura del agua.



FUENTES DE AGUA

Existen diferentes fuentes de agua y cada una de ellas requieren tratamientos diferentes para hacerlas apta para el uso humano.

- **Aguas subterráneas:** Son aquellas que se han filtrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo. Las formaciones del suelo y roca que se han saturado de líquido como deposito de agua subterránea o acuíferos.

Las aguas subterráneas no son tan susceptibles a la contaminación como las de la superficie, pero, una vez contaminadas, su restauración, si acaso es posible, es difícil y de largo plazo. Estas fuentes de agua son las mas apropiadas, por lo que no son tan susceptibles a la contaminación, por lo tanto se pueden utilizar con poco o ningún tratamiento (Contreras *et. al.*, 2008).

- **Aguas superficiales:** Las de los ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente. Una de las desventajas de utilizar aguas superficiales es que estan expuestas a la contaminación de todo tipo, pues, los contaminantes llegan a los lagos y ríos desde fuentes

diversas, como residuos industriales y municipales, erosión de suelos, drenaje de áreas urbanas y agrícolas (Contreras *et. al.*, 2008).

- **Aguas de mar:** Esta disponible en catidad casi ilimitada, se puede transformar en agua dulce por diversos procesos. No obstante, los costos de conversión (sin contar los de eliminación del residuo de sal que se genera), son quizás de dos a cinco veces mas altos que los del tratamiento del agua dulce (Contreras *et. al.*, 2008).

CICLO HIDROLÓGICO

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

$$P = Evt + Es + I$$

P: precipitación

Evt: evapotranspiración

Es: escorrentía

I: infiltración

Precipitación. Es uno de los componentes primarios del ciclo y constituye la variable de entrada de todo sistema hidrológico. Se define como la caída de agua al estado líquido (lluvia) o sólido (nieve). La precipitación es un fenómeno discontinuo y sumamente variable en el espacio y en el tiempo.

Evaporación (E). Es la transformación del agua líquida en vapor. Principal responsable de la evaporación, es la energía solar. La evaporación junto con la transpiración (Evapotranspiración Evt) constituyen variables de significativa importancia hidrológica, siendo frecuentes en muchas partes del mundo valores de Evt entre el 60 y 90% de la lluvia. La evaporación se asume como pérdida en la ecuación que sintetiza el balance hidrológico. La evaporación de un suelo sin vegetación se produce en la capa superficial, lo que genera un desequilibrio y el ascenso de agua más profunda por capilaridad. Si el suelo está saturado y desnudo, la evaporación es mayor que si está cubierto con vegetación.

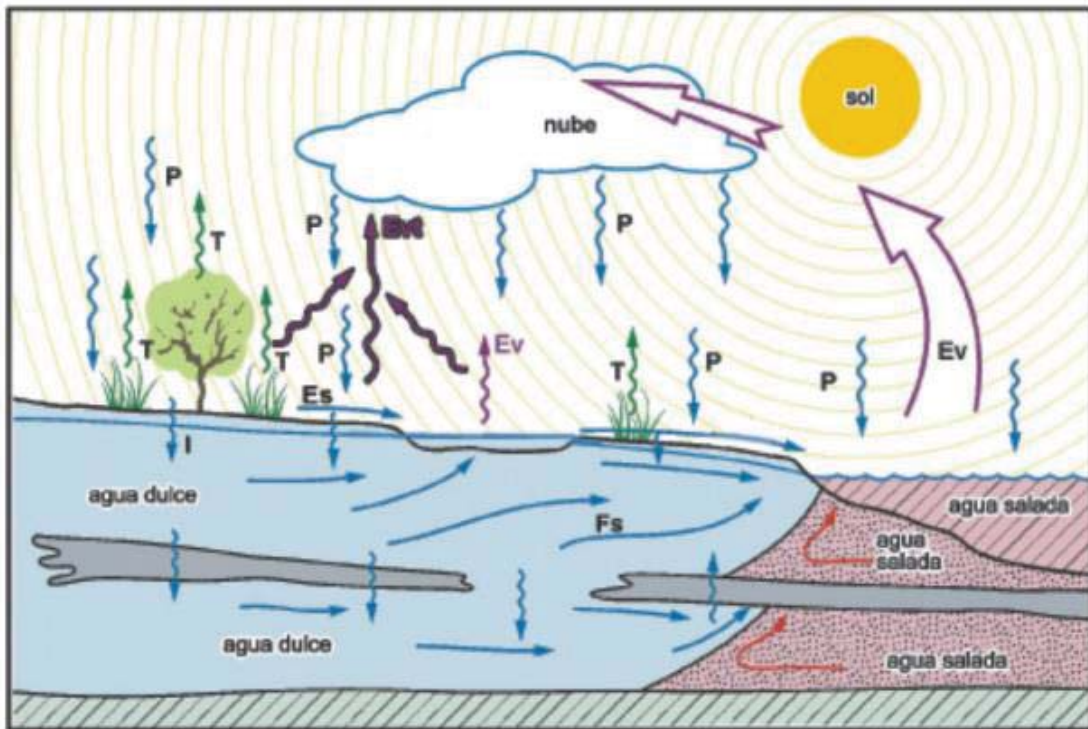
Transpiración (Tr). Proceso físico – biológico por el que el agua líquida se vaporiza por acción del metabolismo de las plantas. El agua del suelo penetra por los pelos absorbentes de las raíces debido al proceso de ósmosis y llega a los vasos del tallo. La transpiración, que se produce por las estomas de las hojas, genera la succión necesaria para que el agua ascienda.

Evapotranspiración (Evt). Los dos procesos mencionados previamente, rara vez se producen aislados por ello, en hidrología generalmente se los trata en forma conjunta. La Evt, sólo se produce cuando el suelo tiene cobertura vegetal, de lo contrario, sólo se producirá evaporación. La Evt depende de dos factores esenciales a) el grado de humedad del suelo b) el tipo y desarrollo vegetal; además también tienen influencia la temperatura, la humedad relativa y la radiación.

Infiltración (I). Es el proceso por el cual el agua pasa de la superficie al subsuelo, generando recarga en los acuíferos. Escurrimiento superficial o escurrimiento (Es). El agua de lluvia que no se evapotranspira, escurre superficialmente, llegando a los cursos por cuatro vías diferentes: superficialmente, subterráneamente (escurrimiento subterráneo)

subsuperficialmente (escurrimiento hipodérmico) y directamente (precipitación sobre los cursos) (Auge, 2007).

Figura 02: Funcionamiento esquemático del Ciclo Hidrológico.



Fuente: Auge, 2007.

PERTURBACIONES EN CUERPOS DE AGUA

El término “perturbación” o “disturbio” puede definirse como un evento más o menos moderado en el tiempo y en el espacio que altera la estructura de las poblaciones, de las comunidades o del ecosistema; produciendo cambios en la disponibilidad de recursos o en el ambiente físico (Pickett *et al.*, 1999). En un cuerpo de agua, perturbación se entiende como el efecto natural o artificial que es producido o generado por una interferencia en su comportamiento normal (Chatellenaz *et al.*, 1994).

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

El vertido de agentes contaminantes en el medio ambiente, no sólo incide en el entorno inmediato, sino que se dispersa al diluirse a través de la atmósfera y las aguas, para posteriormente llegar y formar parte de las redes tróficas del ecosistema (Ramos *et al.*, 1994).

DEFINICIÓN DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua se entiende como el deterioro sufrido por ésta, lo cual provoca modificaciones en sus características físicas, químicas o biológicas, y trae como consecuencia efectos nocivos en la salud del ser humano o en su bienestar (Jiménez, 2001). Es ocasionada por la presencia de uno o más contaminantes (materia o energía en cualquiera de sus estados) en el ambiente acuático, que al incorporarse o actuar en este medio, alteran o modifican la composición y condición natural (LGEEPA, 2001).

La contaminación puede ser producida de dos maneras: por eventos naturales o bien por actividades del ser humano.

- **Fuentes de contaminación puntuales**

Son aquellas fuentes en las cuales es más sencillo detectar la procedencia de los contaminantes, es decir, el sitio de la descarga. En esta categoría se incluyen las descargas en aguas residuales crudas de zonas urbanas, entre las que destacan: aceites provenientes de servicios automotrices, detergentes, desechos de actividades artesanales tales como el horneado con plomo de piezas de cerámica (greta), curtidurías, teñido de textiles, laqueado y pegado de suelas de zapatos. También son consideradas fuentes puntuales, las plantas de tratamiento de aguas residuales y las obras civiles y de dragado que remueven lodos del substrato de los lagos (Israde y Garduño, 2001).

- **Fuentes de contaminación difusas**

Las fuentes de contaminación difusas o no puntuales son aquellas en las que el punto de ingreso a determinado cuerpo de agua no está definido (Israde y Garduño, 2001), éstas se asocian a menudo a escorrentías de lluvias y por tanto tienen la misma naturaleza variable (Nemerow y Dasgupta, 1998).

Cuando las cuencas de los lagos han sido desprovistas de su cubierta vegetal y han perdido parte de su suelo, los residuos de pesticidas y agroquímicos son transportados fácilmente hasta depositarse en el fondo de cuerpos de agua (Israde y Garduño, 2001). Algunos de los elementos del suelo que son arrastrados, pueden constituir fuentes de contaminación, van

desde arcillas (los suelos más finos) hasta gravas o bloques de mayor magnitud, lo que depende de la energía de las corrientes. En este tipo de fuente, la contaminación no está centrada en un sólo lugar, por lo que no se sabe con exactitud de dónde proviene.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINANTES EN UN CUERPO DE AGUA

Los contaminantes que se vierten a las aguas como resultado de las actividades domésticas, comerciales, industriales y agrícolas se pueden agrupar de varias maneras. Una forma de agruparlos es considerando el tipo de compuesto que integra la contaminación:

a) Contaminación orgánica, es producida por la descarga de grandes cantidades de materia orgánica (compuestos formados principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno).

b) Contaminación inorgánica, es originada por la presencia de sustancias químico inorgánicas de origen antropogénico o natural. En los lagos, la acumulación de partículas transportadas por el viento y el aporte de material del cauce de los ríos produce un aumento natural de la cantidad de nutrientes inorgánicos (sulfatos y fosfatos) a lo largo de los años, lo que provoca la denominada eutrofización. Las actividades humanas mal desarrolladas como las descargas de desechos domésticos e industriales, provocan una rápida acumulación de sustancias inorgánicas y una aceleración en el proceso de eutrofización. Entre los principales contaminantes inorgánicos se encuentran los detergentes (alto contenido de fósforo), fertilizantes artificiales y combustibles fósiles (alto contenido de hidrógeno).

c) Contaminación tóxica, es ocasionada por compuestos tóxicos, como ciertos metales (zinc, cobre, cadmio, plomo y mercurio), aniones (cianuros y sulfuros), compuestos orgánicos (pesticidas, herbicidas, fenoles, PCB), etc.

d) Contaminación microbiológica, es provocada cuando la descarga de efluentes contiene microorganismos (bacterias, virus y protozoos) que pueden causar daño a la salud del ser humano, tanto al consumir el agua como al estar en contacto con ella (Beltrami, 2001).

Los diversos contaminantes que pueden descargarse en el medio acuático son provenientes en gran mayoría de las descargas de aguas residuales y residuos provenientes de las industrias.

1.2.2 CALIDAD DEL AGUA

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le han brindado menos atención. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria.

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza, 1976).

El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos. Los primeros tienen origen natural, los segundos son procedentes de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos a las aguas para su eliminación (Sáenz, 1999).

La contaminación causada por efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las malas prácticas de uso de la tierra, están reduciendo notablemente la disponibilidad de agua. En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, que principalmente habita en los países en desarrollo, sufre escasez severa de agua limpia, lo que provoca que haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades relacionadas a la contaminación hídrica (OPS, 1999).

Muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto a la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de mayor importancia, está el aumento y concentración de la población, actividades productivas no adecuadas, presión sobre el uso inadecuado, mal uso de la tierra, la

contaminación del recurso hídrico con aguas servidas domésticas sin tratar, por la carencia de sistemas adecuados de saneamiento, principalmente en las zonas rurales. De igual manera, la contaminación por excretas humanas representa un serio riesgo a la salud pública (OMS, 1999).

Es de vital importancia, tanto para la salud humana como para el bienestar de la sociedad, contar con un abastecimiento seguro y conveniente, de satisfacción para el consumo humano, y la higiene personal debe ceñirse a normas adecuadas en cuanto a disponibilidad, cantidad, calidad y confiabilidad del abastecimiento. Dado que el agua es un líquido vital para los seres vivos, debe poseer un alto grado de potabilidad que puede resumirse en:

Condiciones Físicas: Que sea clara, transparente, inodora e insípida.

Condiciones Químicas: Que disuelva bien el jabón sin formar grumos, que cueza bien las legumbres.

Condiciones Biológicas: Que esté libre de organismos patógenos, con alto contenido de oxígeno y una temperatura que no debe sobrepasar más de 5°C a la del ambiente, pH no menor de seis ni mayor de ocho.

IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

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

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

El peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública. Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto

de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales (OPS, 1999).

Lo anterior tiene una estrecha relación con la escorrentía superficial, una forma de contaminación difusa o no localizada. La contaminación por fuentes no localizadas contribuye significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las fuentes de aguas superficiales, especialmente por coliformes fecales de origen humano y animal. En este sentido, un suministro seguro de agua para uso potable en cantidad, calidad y continuidad, contribuye a la reducción de la probabilidad de enfermedades transmitidas por la vía fecal y oral (OPS, 1999).

1.2.3 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA

Es un índice estándar, representativo porque es universal, probado varias veces y en muchos lugares, que se toma como modelo representativo porque consta de 09 parámetros (Oxígeno Disuelto, Coliformes termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno temperatura, fosfatos, nitratos, turbidez y sólidos totales) los que representa los factores físico químicos y bacteriológicos que determinan la calidad del agua superficial constituye un parámetro de interés en el estudio de los recursos hídricos sea para definir el uso del agua y para clasificar las fuentes hídricas con fines de investigación.

Aplicada la calidad del agua como parámetro de referencia constituye una variable bastante frágil puesto que se debe fluctuar dependiendo sustancialmente de factores externos y compuestos alóctonos proviniendo de diversas fuentes sea actividades económicas o procedentes de otras fuentes hídricas este índice de calidad del agua (ICA) es una forma de agrupación simplificada de parámetros indicadores de un deterioro de la calidad del agua propuesta en 1970 por la Fundación Nacional de Sanidad

(NSF) de los Estados Unidos es utilizado para determinar y evaluar los cambios de la calidad del agua es un tramo en particular a través del tiempo. Comparar la calidad del agua en diferentes tramos y también para comparar la calidad del agua entre diferentes ríos. Mitchell (como se cito en Andrade y Sotomayor, 2011).

La calidad de un determinado curso de agua depende de la estacionalidad esto requiere decir que la calidad del agua del mismo curso del agua puede variar de acuerdo a la época del año con respecto a otra época del mismo año y otros años principalmente el aumento de los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas así mismo el aumento y/o disminución de ciertos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en determinadas épocas del año ocasiona fluctuaciones en la calidad del agua. Mitchell (como se cito en Andrade y Sotomayor, 2011).

1.2.3.1 PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS

- **TEMPERATURA**

La Temperatura de un río es un factor físico muy importante, debido a que influye en las características físicas, químicas y biológicas del mismo, afectando la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de organismos, y la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos, enfermedades, etc (Mitchell, 1998) (Tebbutt, 1994).

La temperatura del agua está influenciada en gran medida por la cantidad de energía solar que es absorbida tanto por el agua como por el sol y el aire que lo rodea.

La acción del hombre puede afectar la temperatura, debido a que las acciones de deforestación que ejercen sobre la zonas aledañas, permiten que la luz del sol incida directamente sobre el cuerpo de agua, así mismo, el efecto de la erosión de los suelos es un factor importante en la temperatura de los cuerpos de agua, puesto que incrementa la concentración de los sólidos

suspendidos los que elevan la turbidez del agua, absorben los rayos solares y calientan el agua (Kiely, 1999).

- **TURBIDEZ**

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

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

- **SÓLIDOS TOTALES**

El agua puede contener tanto partículas en suspensión (residuo no filtrable) como compuestos solubilizados o disueltos (residuo filtrable), definiéndose la suma de ambos como Sólidos Totales (ST) (Aznar, 2000). La alta concentración de sólidos totales origina una baja calidad del agua y problemas de balance del agua para algunos organismos individuales. Cuando hay una baja concentración puede limitar el crecimiento de la vida acuática o restringir la existencia de ciertos organismos (Mitchell *et al.*, 1991).

Las principales fuentes de las que proceden los sólidos totales vienen a ser la erosión de los suelos consecuencia de la deforestación, que genera la pérdida de cobertura vegetal, elevando la carga de sedimentos especialmente de carácter inorgánico, y el aporte de las aguas residuales procedentes de las ciudades (Kiely, 1999).

Los sólidos suspendidos (Ss) son lo suficientemente grandes como para permanecer en suspensión o ser removidos por filtración. En este caso hay dos fases: la líquida y la de la partícula sólida suspendida.

La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a

través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). Los materiales disueltos comprenden compuestos inorgánicos (calcio, bicarbonato, nitrógeno, fósforo, hierro, sulfato y otros átomos encontrados en el agua) y pequeñas cantidades de materia orgánica. Los Sólidos Totales Disueltos (STD) en el agua pueden deberse a fuentes naturales, descargas de efluentes de aguas servidas, descargas de desechos industriales y escurrimientos urbanos (Mitchell *et al.*, 1991).

- **OXÍGENO DISUELTO**

Es un gas que se encuentra libre en la naturaleza o combinado formando compuestos químicos con otros elementos. El oxígeno disuelto (OD) en los ecosistemas acuáticos es un parámetro importante y esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos con respiración aerobia (Wetzel, 1981).

La concentración de oxígeno aumenta a medida que se reduce la temperatura del agua y a medida que aumenta la turbulencia y la mezcla del agua. Así una corriente rápida, poco profunda y turbulenta tiene mayores niveles de OD que un río lento y profundo. La presencia de oxígeno es una señal positiva de vida acuática, mientras que su ausencia indica una fuerte contaminación, por lo que cualquier tipo de perturbación que reduzca los niveles de OD tendrá un efecto dramático en el funcionamiento de las comunidades y los ecosistemas. (Kiely, 1999) (Ramírez y Viña, 1998).

- **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

Constituye uno de los indicadores más ampliamente utilizados en los análisis de calidad del agua, es una medida de la cantidad de oxígeno usado por poblaciones microbianas del agua en respuesta a la introducción de material orgánico degradable (Malina, 1996).

La DBO es la cantidad de oxígeno disuelto, medido en mg/L, requerido por los microorganismos para degradar y descomponer la materia orgánica putrescible presente en el agua a 20 °C durante 5 días y bajo oscuridad.

Representa una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica y se halla estrechamente relacionado con el oxígeno disuelto que es consumido por las bacterias aeróbicas, para oxidar la materia orgánica susceptible al ataque biológico y posterior transformación en CO₂ y H₂O. Se representa simbólicamente por DBO₅20.

La DBO depende de factores como la temperatura del cuerpo de agua, tipo de sustancias presentes en el medio acuático (orgánico e inorgánico), el oxígeno disuelto en el medio receptor y los microorganismos encargados de la biodegradación (PREQB, 2004) (Kiely, 1999).

- **DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro químico, que representa una medida de toda la materia orgánica e inorgánica presente en disolución y/o suspendida que puede ser químicamente oxidada, por la acción de agentes oxidantes, bajo condiciones ácidas y se mide como miligramos de “oxígeno” equivalentes a la fracción orgánica disuelta y/o suspendida por litro de disolución (agua residual).

La DQO es un parámetro importante y lo suficientemente rápido para determinar el grado de contaminación del agua y puede ser empleada para estimar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales (García *et al.*, 2008).

- **pH**

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

pluviales causan variaciones marcadas en el pH, así como las descargas provenientes de fuentes acidas o alcalinas (McCutcheon *et al.*, 1992).

La medida del pH, es una de las pruebas más importantes y frecuentemente utilizadas en el análisis químico del agua, debido a que ejerce una influencia directa en la calidad de ésta.

- **NITRATOS**

El nitrógeno en los sistemas ecológicos acuáticos, se halla presente en su forma molecular (N_2), bajo esta forma no es útil para el crecimiento de las plantas acuáticas, excepto cuando las algas verde azules la convierten biológicamente en formas utilizables, como el amoníaco (NH_3), y nitrato (NO_3), estas formas de nitrógeno son tomadas por las plantas para convertirlas en proteínas, al morir las plantas y animales, las bacterias transforman las moléculas de proteínas en amoníaco que se oxidan por acción de otras bacterias para formar nitritos y nitratos.

Los nitratos son los compuestos nitrogenados más abundantes y de mayor interés en todos los cuerpos de agua naturales, actúan como nutriente provocando procesos de eutrofización en cuerpos de agua lénticos (Kiely, 1999).

- **FOSFATOS**

El fósforo es un nutriente importante en el medio acuático y en aguas dulces, ya que es requerido por todos los organismos para sus procesos básicos de vida. El exceso de fosfatos ocasiona el florecimiento de algas, iniciándose así el proceso de eutrofización, que no es más que un enriquecimiento del agua, comúnmente producida por fosfato proveniente de actividades humanas (Mitchell *et al.*, 1991).

Las fuentes de fosfatos más importantes son los vertidos de las aguas residuales, los desechos animales y los disturbios en el suelo provocados por la actividad antrópica, la tala y la eliminación de la cobertura vegetal con fines agrícolas y otras actividades que

producen remoción de suelo, así como los procesos erosivos, remueven y despojan del suelo el fosfato y la ponen en circulación hacia los cursos de agua. Una gran parte del fósforo presente en las aguas se debe al uso de abonos fosfatados, detergentes y en otros químicos (Torres, 2009).

1.2.3.2 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS.

• COLIFORMES TOTALES

El «total de bacterias coliformes» (o «coliformes totales») incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas (véase el apartado 11.6.2). Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima β -galactosidasa. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como *Serratia* y *Hafnia*. El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales (http://www.bvsde.paho.org/CDGDWQ/docs_microbiologicos/Indicadores%20PDF/bacterias%20coliformes.pdf).

• COLIFORMES FECALES

Los coliformes fecales y coliformes totales como los géneros ***Escherichia***, ***Enterobacter***, ***Klebsiella*** son bacterias que viven normal y patológicamente como huéspedes en el intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, excretas de origen humano y animal. Los coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, las especies ***Escherichia coli*** y ***Enterobacter aerogenes***, forman el grupo de coliformes fecales. La presencia de coliformes fecales en un cuerpo de agua, se debe a la contaminación por excretas, aguas servidas, y campos de pastoreo.

Los coliformes fecales son bacterias que ingresan a los ríos por descarga de excrementos humano y de animales de sangre caliente, si la cantidad de coliforme fecal es mayor de 200 colonias de 100ml, es posible que existan organismos patógenos (Mitchell *et al.*, 1991), están expresados por el número más probable de coliformes por 100ml. (NMP/100ml).

- **ESCHERICHIA COLI**

Bacteria del grupo coliformes que fermenta la lactosa y manitol, con producción de ácido y gas a $44,5 \pm 0,2$ °C en 24 horas, produce indol a partir del triptófano, oxidasa negativa, no hidroliza la urea y presenta actividad de las enzimas β galactosa y β glucuronidasa, que es considerado el más específico indicador de contaminación fecal reciente y de eventual presencia de organismos patogénicos. El origen fecal de la *E. coli* es incuestionable y su naturaleza ubicua poco probable, lo que valida su papel más específico de organismo indicador de contaminación, tanto en aguas naturales como tratadas. El recuento estándar de bacterias es muy importante durante el proceso de tratamiento del agua, ya que permite evaluar la eficiencia de varias etapas del tratamiento. Es importante también conocer la densidad de bacterias, haya visto que un aumento considerable de la población bacteriana puede comprometer la detección de organismos coliformes. Aunque la mayoría de esas bacterias no sea patogénica, puede representar riesgos a la salud, como también, deteriorar la calidad del agua, provocando olores y sabores desagradables (Fundación Nacional de Salud, 2013).

Tabla 01: Escala de índice de calidad del agua en función a sus diferentes usos.

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

Fuente: León 2003.

Leyenda:

E: Excelente

C: Contaminada

A: Aceptable

FC: Frecuentemente Contaminada

LC: Levemente Contaminada

EC: Excesivamente Contaminada

1.2.4 INDICADOR BIOLÓGICO

Es un organismo, acuático en este caso, que por su mera presencia o mayor o menor abundancia nos indica alguna condición del ecosistema acuático, como el grado de contaminación (Ladrera *et al.*, 2009).

Los organismos, por el hecho de vivir en el agua durante varios días o meses, integran los cambios que se producen de todos los parámetros fisicoquímicos, mientras que una medida puntual de un parámetro fisicoquímico (el pH por ejemplo) no nos dice nada de lo que pasó anteaer y que quizás fue el origen de la muerte de los organismos. Mientras la química nos da una fotografía instantánea del río. Los organismos indicadores son en cambio un video que nos indica las cosas del presente como del pasado.

La utilización de indicadores biológicos frente a los habituales análisis físico-químicos de los ecosistemas acuáticos presenta numerosas ventajas, entre las que destacan:

- La integración espacial y temporal, de manera que la información que nos aportan no se reduce ni al tramo ni al momento concreto en el que se estudian.
- La capacidad de respuesta frente a diferentes tipos de perturbaciones del ecosistema, no solo frente a la calidad química del agua, de manera que son capaces de detectar la alteración que se produce en el río frente a perturbaciones como la regulación hidrológica, alteraciones del hábitat fluvial, invasiones biológicas, etc.

Las perturbaciones producidas por las acciones del ser humano en la calidad del agua de un río pueden provocar cambios en toda la comunidad, llegando al punto de reducir la comunidad a unas pocas especies tolerantes (Prat *et al.*, 2009).

1.2.4.1 MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES

Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados acuáticos con un tamaño superior a 500 μm , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, cómo los cangrejos, los cuales desarrollan todo su ciclo de vida en el agua (Ladrera *et al.*, 2009).

Lo importante es que los diferentes taxones de macroinvertebrados presentan niveles de tolerancia muy variados frente a distintos tipos de perturbaciones del ecosistema, de manera que podemos asociar la presencia de diferentes grupos de macroinvertebrados con la existencia o no de una perturbación concreta. Así, mientras que los plecópteros son muy sensibles a la contaminación del agua, la mayoría de los dípteros son muchos más tolerantes. Por lo tanto, la presencia y abundancia de diversas familias de plecópteros en un tramo fluvial nos indica la ausencia de contaminación en el mismo (Ladrera *et al.*, 2009).

ORDENES DE MACROINVERTEBRADOS

Entre los macroinvertebrados bentónicos las órdenes más representativas que se hallan presentes en el río son generalmente (Fernández y Domínguez, 2001).

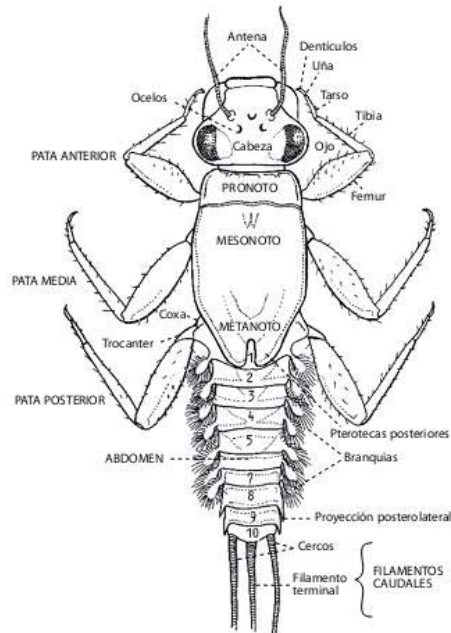
- Orden Ephemeroptera
- Orden Plecoptera
- Orden Trichoptera
- Orden Coleoptera
- Orden Odonata
- Orden Díptera

Orden Ephemeroptera

Suelen denominarlas moscas de mayo, se designan Ephemeroptera por ser efímeras. Las formas larvarias son acuáticas, viviendo tanto en aguas corrientes (loticas) como aguas remansadas (lenticas),

pero, en general en aguas limpias y bien oxigenadas. De ahí que se usen como indicadores biológicos de la calidad de las aguas (Alba Tercedor, 2004). Los Ephemeropteros o efímeras son el más antiguo de los órdenes de insectos alados que viven hoy, ya que tienen fósiles procedentes de la época carbonífera. Los adultos son insectos delicados con las alas anteriores más o menos triangulares y las alas posteriores pequeñas o ausentes. Las antenas son muy cortas y semejantes a pelos, y en el abdomen llevan 2 o 3 filamentos largos. Al posarse las alas son mantenidas verticalmente sobre el cuerpo. A todos los adultos de las efímeras les faltan piezas bucales funcionales. Los machos tienen ojos compuestos que a veces están completamente divididos y patas anteriores muy alargadas. Las hembras tienen ojos más pequeños y las patas anteriores más cortas (Alba Tercedor, 2004).

Figura 03: Vista general de una ninfa de Ephemeroptera.



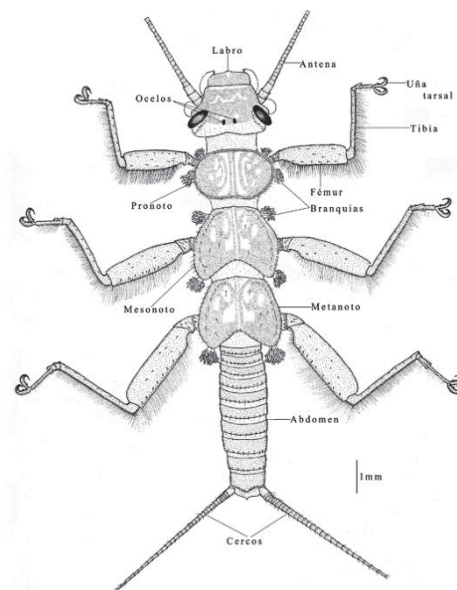
Orden Plecoptera

Los plecópteros son un orden de insectos neópteros y exopterigotas, con ninfas acuáticas y adultos terrestres (salvo contadas excepciones en la fauna de otros continentes). Constituyen un grupo

muy importante, tanto numéricamente como por las funciones ecológicas que desempeñan, en las aguas continentales, especialmente en los medios fluviales (Zwick, 2004; Fochetti & Tierno de Figueroa, 2008). Los plecópteros se identifican por una combinación de caracteres ancestrales, ya que presentan pocos caracteres derivados (de tipo anatómico) que definan al grupo (Zwick, 2000).

Los adultos presentan dos pares de alas, aunque pueden estar más o menos reducidas, con abundante venación y que en reposo suelen disponerse abatidas sobre el abdomen, las posteriores plegadas longitudinalmente, formando en la mayoría de los casos una lámina plana (de hecho, el nombre Plecoptera deriva del griego *plekein*, plegar, y *pteron*, ala), aunque a veces se disponen ligeramente enrolladas entorno a este. Poseen el cuerpo aplanado, largas antenas, dos ojos compuestos y ocelos centrales (tres en todas las especies ibéricas), patas marchadoras con tres artejos tarsales y abdomen cilíndrico acabado en dos cercos que pueden ser largos y filiformes (en ninfas y parte de los adultos) o cortos (en el resto de los adultos). Las ninfas pueden poseer traqueobranquias, que en algunos casos persisten en el adulto de forma vestigial.

Figura 04: Características morfológicas típicas de Plecóptero.



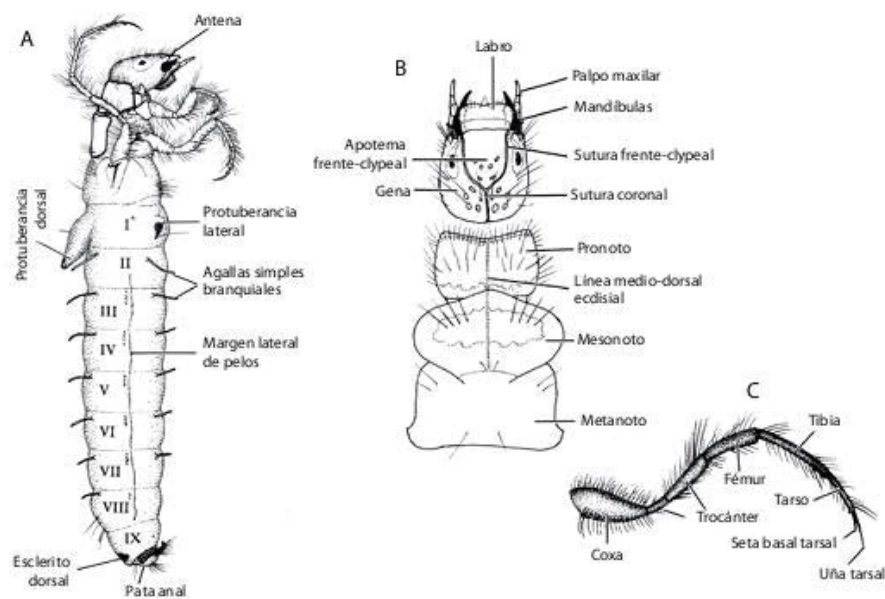
Orden Trichoptera

Los tricópteros son insectos pterigotos holometábolos, cuyos adultos, de coloraciones poco llamativas, tienen aspecto de polillas y están provistas de dos pares de alas membranosas típicamente recubiertas de pelos; pueden encontrarse en tres estados: imago, larva y pupa. La larva y la pupa son acuáticas y se destaca por su notable habilidad de fabricar seda (Gonzalez y Vieira, 2004). Las larvas de este grupo tienen antenas de un segmento, muy cortas y a veces no se diferencian de los pelos. Las piezas bucales bien desarrolladas y esclerotizadas. El pronoto siempre esclerotizado consta de una línea ecdisal medio dorsal, meso y meta noto varían en grado de esclerotización. Patas bien desarrolladas, iguales o diferentes entre sí, las anteriores son siempre algo más cortas. En la mayoría el abdomen puede ser membranoso con un aspecto hinchado y algunos con ganchos terminales. Elaboran variadas redes o capullos de formas y tamaños específicos que pueden servir como carácter taxonómico (Fernández y Domínguez, 2001). La mayoría de los Tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal, algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. El desarrollo larval puede durar entre varios meses hasta años, dependiendo de la especie y también de los factores ambientales (Resh y Rosenberg, 1984). Los tricópteros son cosmopolitas, pero para el geotrópico se han descrito familias, géneros y especies propios de esta región. En general buenos indicadores de aguas oligotróficas (aguas con bajos nutrientes) (Flint, 1971) (Roldan, 1996).

Como las larvas y las pupas son acuáticas, se requieren de diferentes técnicas de captura. La mayoría de los adultos presentan actividad durante la primavera y el verano, y durante el día pueden ser recogidos manguendo con la ayuda de redes entomológicas la vegetación herbácea y arbórea de las inmediaciones de todo tipo de

aguas continentales. Aunque existen especies que son activas en las horas centrales del día, la mayoría son crepusculares o nocturnas, por lo que es de gran utilidad, la utilización de trampas de luz, ya sean de vapor de mercurio o de luz ultravioleta, que pueden proporcionar en una sola noche millares de ejemplares, muchos de ellos especies que difícilmente podremos recoger durante el día (Gonzales y Vieira, 2004).

Figura 05: Morfología general de la larva de Trichoptera.



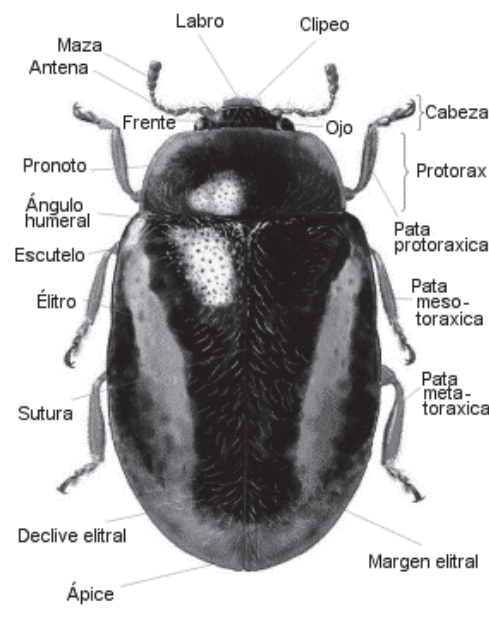
Orden Coleoptera

Los coleópteros presentan una enorme diversidad morfológica y ocupan virtualmente cualquier hábitat, incluidos los de agua dulce, aunque su presencia en ambientes marinos es mínima. La mayoría de los coleópteros son fitófagos, y muchas especies pueden constituir plagas de los cultivos, siendo las larvas las que causan la mayor parte de los daños agrícolas y forestales (Alba Tercedor, 2004).

Los coleópteros tienen las piezas bucales de tipo masticador, y las alas delanteras (primer par de alas) transformadas en rígidas armaduras, llamadas élitros, que protegen la parte posterior

del tórax, incluido el segundo par de alas, y el abdomen. Los élitros no se usan para el vuelo, pero deben (en la mayoría de las especies) ser levantadas para poder usar las alas traseras. Cuando se posan, las alas traseras se guardan debajo de los élitros. La mayoría de los coleópteros pueden volar, pero pocos alcanzan la destreza de otros grupos, como por ejemplo las moscas, y muchas especies vuelan solo si es imprescindible. Algunos tienen los élitros soldados y las alas posteriores atrofiadas, lo que les inhabilita para volar (Alba Tercedor, 2004).

Figura 06: Características morfológicas de Coleóptero.

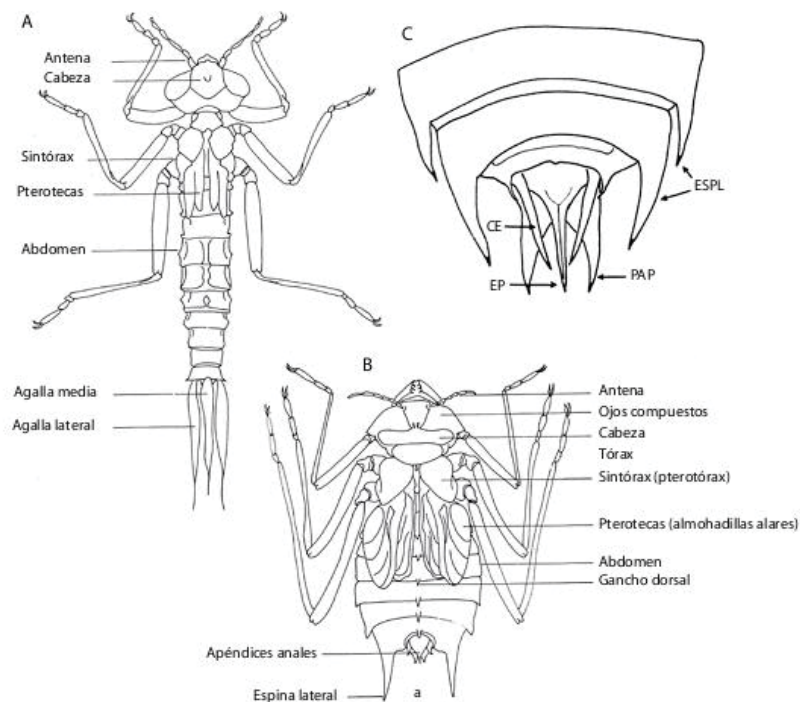


Orden Odonata

Las libélulas son insectos hemimetábolos, esto es, que presentan larvas y adultos diferentes, acuáticas las primeras y voladores los segundos, que no necesitan pasar por una fase de pupa durante la metamorfosis. Las larvas, inconfundibles, suelen ser alargadas, con seis patas, y presentan unas piezas bucales modificadas (el labio inferior) similares a un brazo articulado con unas pinzas en el extremo, que recibe el nombre de máscara. Los adultos, también con un abdomen muy alargado, presentan dos pares de alas

membranosas que pueden mover independientemente durante el vuelo, surcadas de gran cantidad de venas y con un pterostigma relativamente grande, ojos voluminosos y antenas reducidas. Únicamente podrían confundirse con algunos neurópteros (mirmeleónidos y ascaláfidos), aunque la mayor longitud de las antenas de estos últimos y las alas los separan. El aparato copulador de los machos (genitalia secundaria), sin contacto directo con los testículos (primaria), lo que implica que el macho debe transferir previamente el esperma de forma externa, es característica de los odonatos, separándolos de otros insectos. Dentro de los insectos alados, los odonatos son un grupo muy antiguo. Los odonatos en sentido estricto provienen del Pérmico, mientras que el conjunto de Odonoptera (incluyendo además de los odonatos a sus grupos afines Geroptera y Protodonata) se hundiría en el Carbonífero (Grimaldi & Engel, 2005). Los grupos con representantes actuales son algo más recientes, con los zigópteros remontándose al Triásico y los anisópteros al Jurásico (Grimaldi & Engel, 2005).

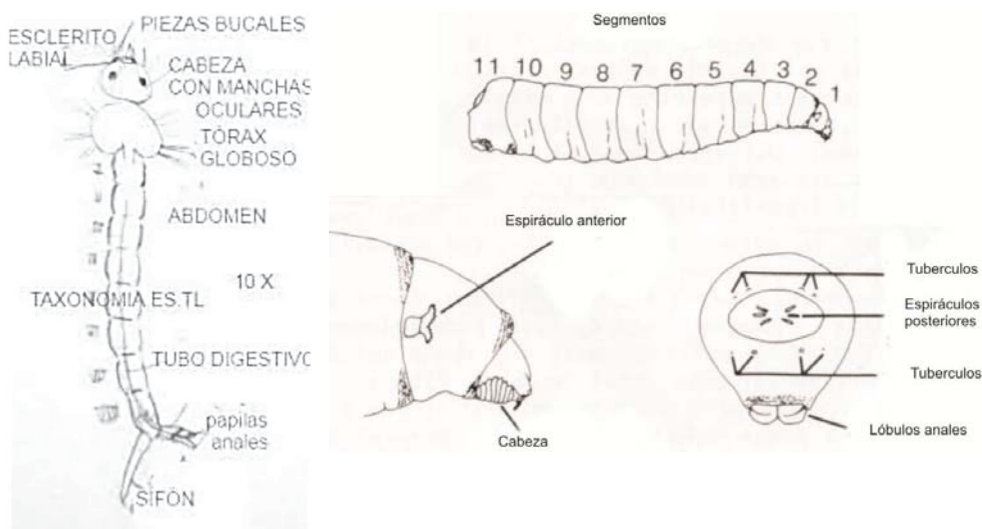
Figura 07: Características morfológicas de Odonato.



Orden Diptera

Los dípteros tiene el cuerpo dividido en tres partes: cabeza, tórax y abdomen. Su cabeza es muy móvil que consta de antenas, ojos compuestos, aparato bucal de tipo chupador (en algunos casos tipo picador) y 3 ocelos dispuestos en triangulo; el tórax se divide en tres partes, cada una de ellas compuestas por un par de patas; su abdomen es segmentado y al final del abdomen presenta su aparato genital (Carles Tolra, 2004). Los dípteros constituyen un grupo de insectos muy numeroso, tanto en cuanto el número de especies como de ejemplares. Se trata de insectos bastantes o muy abundantes en el campo. Se pueden capturar por manguero aunque existen especies muy pequeñas de dípteros, de pocos milímetros de tamaño, por lo que la malla debe ser muy fina para que no se pierda muestra (Carles Tolra, 2004).

Figura 08: Características morfológicas típicas de los Dípteros.



1.2.4.2 INDICE BIOTICO ANDINO

Los índices bióticos basados en la tolerancia de los macroinvertebrados a la contaminación han sido ampliamente utilizados para evaluar la calidad del agua de los ríos. Debido a la creciente presión humana sobre los ecosistemas acuáticos en los Andes, con áreas densamente pobladas, hay necesidad de métodos, efectivos y económicos, para evaluar el impacto de las actividades

humanas en estas zonas. Dadas las características ecológicas y geográficas únicas de los Andes, los índices de macroinvertebrados utilizados en otras regiones deben adaptarse con cautela. Aquí se presenta una revisión de la literatura sobre distribución de las familias de macroinvertebrados y la tolerancia a la contaminación en las zonas andinas por encima de 2000msnm. Usando estos datos, se propone un Índice Biológico Andino (ABI), que se basa en el índice de BMWP (desarrollado en el Reino Unido) .En general, ABI incluye varias de ellas. Se muestra que la tolerancia de varias familias a la contaminación en los ríos altoandinos difiere de lo reportado en otras áreas. En este caso se parte de una para cada familia, a partir de cruzar los datos de contaminación del medio tomado de distribución existente. Uno de los problemas de este índice es su adaptación a diferentes zonas donde las familias presentes no son las mismas y su grado de tolerancia o intolerancia a la contaminación no se conoce. Incluso las taxas dentro de una misma familia tienen una respuesta a la contaminación diferente en una zona donde se aplica. El ABI es ampliamente utilizado en Ecuador y Perú, y es parte integral del nuevo índice multimétrico diseñado para ríos alto andinos (IMEERA) (Acosta *et al.*, 2014).

Cuadro 01: Puntuaciones del Índice Biótico Andino – ABI para las familias de macroinvertebrados acuáticos de los andes tropicales.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
Turbellaria	Planariidae	5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasterópoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyaellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuriidae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10

	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropssychidae	5
	Anamalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
	Diptera	Blepharoceridae
Simuliidae		5
Tabanidae		4
Tipulidae		5
Limoniidae		4
Ceratopogonidae		4
Dixidae		4
Psychodidae		3
Dolichopodidae		4
Stratiomyidae		4
Empididae		4
Chironomidae		2
Culicidae		2

	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1

Fuente: Ríos-Touma *et al. in prep.* Acosta *et al.* 2009.

1.2.4.3 FITOPLANCTON COMO BIOINDICADORES

La importancia de emplear algas como indicadores biológicos se debe a su relación con la eutrofización. En aguas libres, como de lagos, es el único grupo de organismos que se puede utilizar para investigar el enriquecimiento orgánico. La toma de muestras es fácil, pero la obtención de muestras cuantitativas es difícil especialmente para formas que estén atadas. La tolerancia de las algas a la contaminación orgánica es muy conocida, sin embargo no son útiles como indicadores de contaminación por biocidas o por metales pesados. Existen muchos ejemplos de algas microscópicas para inferir sobre la calidad de los ambientes acuáticos, estas permiten conocer las fluctuaciones en las masas de agua, lo que ha permitido trascender en la caracterización de especies tolerantes o afines a la materia orgánica y en su capacidad de descomponerla (Luján, 2000).

Una de las características más importantes de las algas es su capacidad depuradora del medio ambiente, ya que a través del proceso de fotosíntesis incorporan oxígeno, contribuyendo de esta manera a la oxidación de la materia orgánica, por un lado y por el otro a aumentar el oxígeno disuelto en el agua, el cual será utilizado por las otras comunidades u organismos que componen la flora y fauna del medio acuático donde viven. De las microalgas, las diatomeas son preferidas para los monitoreos debido a que es el grupo autotrófico dominante además de que su identificación es simple. Las ventajas de su uso es que son cosmopolitas, algunas especies son muy sensibles a cambios ambientales, mientras que

otras muy tolerantes, algunas son muy sensibles a cambios ambientales por periodos muy largos, el muestreo es sencillo y rápido, pueden cultivarse para estudiarlas en diseños experimentales (Toro *et al.*, 2003).

El fitoplancton responde rápidamente a los cambios ambientales por su ciclo de vida corto, estos cambios alteran la estructura de sus comunidades, repercute en el interés socioeconómico del sistema acuático en tiempos relativamente cortos, sobre todo por su papel de productores primarios. Algunas algas microscópicas del fitoplancton muestran una distribución amplia, otras, ciertas preferencias ambientales, y unas terceras alta frecuencia de taxón en aguas fuertemente contaminadas, lo que sugiere su tolerancia o preferencia por algún compuesto químico o bioquímico. Si algún taxón se reconoce como cosmopolita diferenciado, puede evidenciarse cualquier cambio físico o químico en las masas de agua al ocurrir una alteración por contaminantes (Huamán, 2013).

PRINCIPALES ÓRDENES REPRESENTATIVOS.

Los principales grupos fitoplanctónicos presentes en agua dulce, comprenden a las divisiones: Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta y Pyrrophyta, entre otras divisiones existentes.

Cyanophyta

Comúnmente conocidas como alga verde azules, es el grupo más diversificado en las aguas dulces y comprende formas unicelulares y pluricelulares, son las más primitivas, ya existían en el Precámbrico.

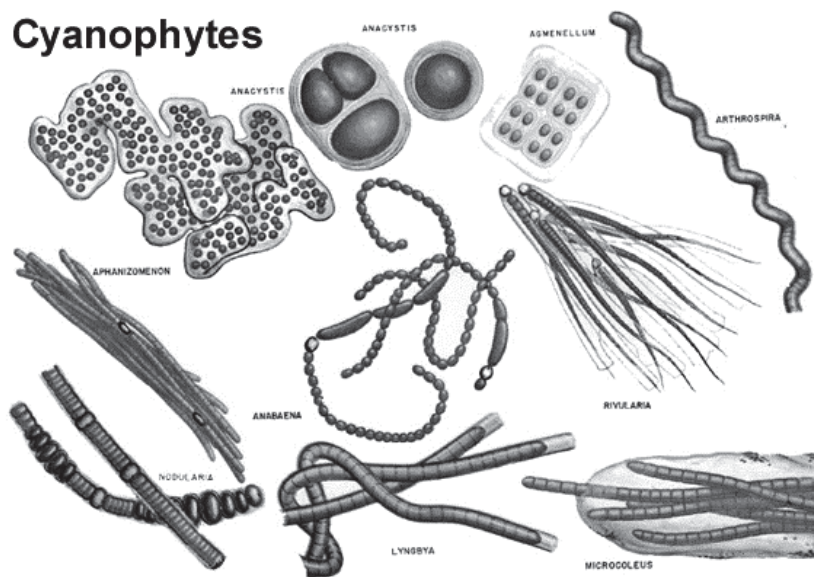
Su coloración azul- verde predominante se debe principalmente a la clorofila "a" y a otros pigmentos como la C- ficocianina (azul), C- ficoeritrina (rojo), 3 carotenos y diversas xantofilas. El producto de reserva lo constituye el almidón de cianofíceas, los gránulos de cianoficina y otros.

Las formas filamentosas predominan dentro del grupo y son en su mayoría bentónicas, pero hay también géneros importantes dentro del plancton como: *Anabaena*, *Lyngbya* y *Oscillatoria*. En las cianofitas filamentosas las células se ordenan en fila, formando un tricoma cubierto por una vaina de mucilago y entre las células contiguas del filamento existen plasmodesmos que las conectan.

Las formas cocoidales pueden ser células aisladas o estar unidas en colonias de formas variadas; algunos géneros comunes son: *Chroococcus*, *Aphanocapsa*, *Gomphosphaeria* y *Synechococcus*.

Por su gran capacidad de fijar N atmosférico, tienen mucha importancia en la productividad de los lagos y ríos, ya que contribuyen hasta con un 50% del total del N. fijado en un año (Acleto y Zuniga, 1998).

Imagen 01: Cyanophyta.



Chlorophyta

Conocidas generalmente como Algas Verdes, por su pigmentación verde brillante muy similar al de las plantas superiores, ya que en sus cromatóforos predominan las clorofilas "a" y "b" sobre el 3

caroteno y la xantofila. Almacenan almidón como producto de reserva y su formación está en íntima relación con la presencia de los pirenoides, estructuras especiales de los cloroplastos. La pared celular esta generalmente constituida por celulosa, pudiendo tener una capa externa de naturaleza pectinica.

Las formas móviles, solitarias o coloniales, las zoosporas y gametos, se movilizan por medio de 2 a 4 flagelos de posición anterior e iguales en longitud.

Muchas algas verdes habitan en agua dulce, aunque es común encontrarlas en la flora terrestre y algunos taxones son predominantemente marinos. Por la naturaleza de sus pigmentos y el producto de reserva se encuentran más vinculadas a las plantas superiores terrestres que el resto de las algas.

Los órdenes con mayor número de representantes en el plancton son: Volvocales, Tetrasporales, Chlorococcales y la familia Desmidiaceae (Gonzalez, 1988).

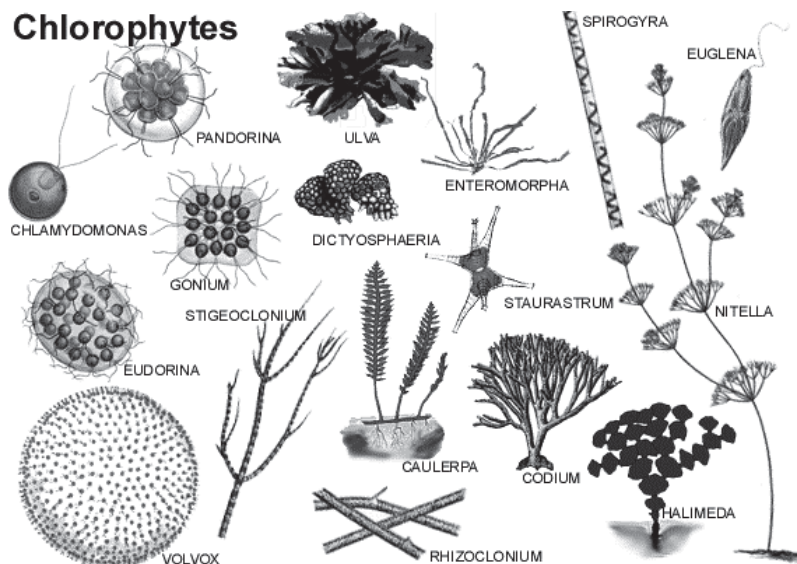
Las volvocales son formas unicelulares y de vida colonial que tienen 2 o 4 flagelos, a este orden pertenecen los géneros *Clamydomonas*, *Phacotus*, *Eudorina*, *Pandorina* y *Volvox*.

Las tetrasporales son células no flageladas cubiertas por un mucilago, pero con propagufos flagelados y móviles. Los géneros más comunes son: *Gloeocistis*, *Paulschulzia* y *Pseudosphaerocystis*.

Las Chlorococcales, son de vida libre o colonial no flageladas o con flagelos temporales. Las colonias a veces están rodeadas de mucilago y la modalidad de agregación de las células es características de las especies, por lo que facilita su identificación. Los géneros más comunes son entre otros. *Golenkinia*, *Scenodesmus*, *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Botryococcus*, *Crucigenia*, *Coelastrum*, *Sphaerocystis*, *Tetraedron*, *Monoraphidium*, *Kirchneriella* y *Dietyosphacrium*.

Las Desmidiáceae, constituyen un grupo especializado de organismos unicelulares, sus células uninucleadas exhiben una extraordinaria variedad de formas y una maravillosa simetría y complejidad de contorno, la mayoría tienen dos mitades de hemicélulas. Viven generalmente solitarias, aunque en algunos casos se presentan en colonias filamentosas. Es notable su preferencia por aguas acidas, pobres en calcio. Los géneros más comunes son: *Staurastrum*, *Cosmarium*, *Stauroidesmus*, *Ciosterium*, *Xanthidium* y *Micrasterias* (González, 1988).

Imagen 02: Chlorophyta.



Bacillariophyta

Mejor conocidas como "diatomeas", son las algas más importantes del plancton, la característica más distintiva de estos organismos unicelulares o coloniales de color pardo dorado, es la de poseer una cubierta pectínica o pared celular impregnada de silicio, en cantidades variables, denominada frústula, el cual está formado por dos mitades o tecas que se unen una a la otra como la tapa y el fondo de una caja. La superior se denomina epiteca y la inferior hipoteca. La frústula posee poros muy finos ordenados en patrones característicos. Cada teca consiste en una valva más o menos aplanada cuyos márgenes se unen al cingulo o banda de conexión.

Los pigmentos característicos de las diatomeas son: p" caroteno, xantofila como la diadoxantina y la diadinoxantina, además de la clorofila a y c.

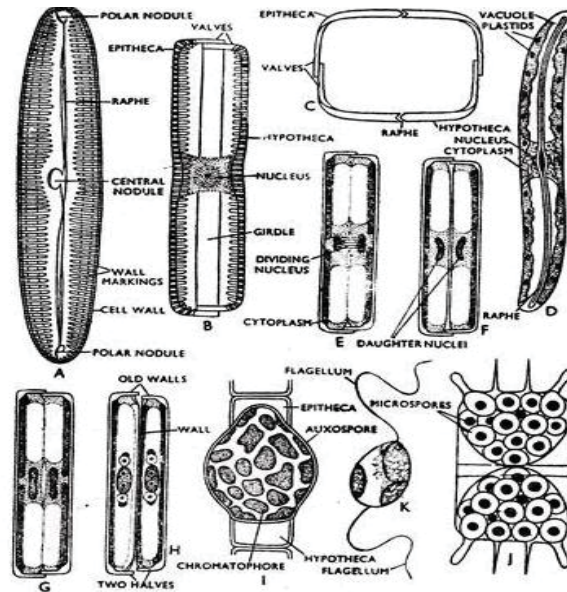
Las diatomeas que se encuentran asociadas al fondo del litoral de los lagos o a sustratos inmersos son casi siempre robustas y de frústulos gruesos, mientras que las formas planctónicas son frágiles y de menor tamaño. Comprenden dos grandes ordenes: Biddulphiales y Bacillariales.

Las Biddulphiales son las diatomeas centrales y presentan simetría radial en vista valvar. Pueden formar filamentos cuando las células se unen por diferentes mecanismos, siendo el más común la adhesión por sustancias mucilaginosas que salen de poros especiales. A las diatomeas centrales pertenecen los géneros *Cyclotella*, *Stephanodiscus*, *Melosira* y *Rhyzosoleni*.

Las Bacillariales o diatomeas Pennales, llevan una ornamentación bilateral, los frústulos son rectangulares en vista singular y pueden exhibir simetría bilateral o ser asimétricos en vista valvar. En las valvas de las diatomeas pennales, en especial de las bentónicas, existe una hendidura longitudinal recta, sigmoidea y ondulada que permite la locomoción y se denomina rafe. Su estructura es muy compleja, al igual que el sistema de corrientes citoplasmáticas que confiere movimiento a las células.

Las Pennales, están más ampliamente representadas en el plancton dulceacuícola que las centrales, destacando entre otros los géneros: *Nitzschia*, *Navícula*, *Fraguaría*, *Asterionella*, *Synedra*, *Tabellaría* y *Diatoma* (González, 1988).

Imagen 03: Estructura del orden Pennales.



Pyrrophyta

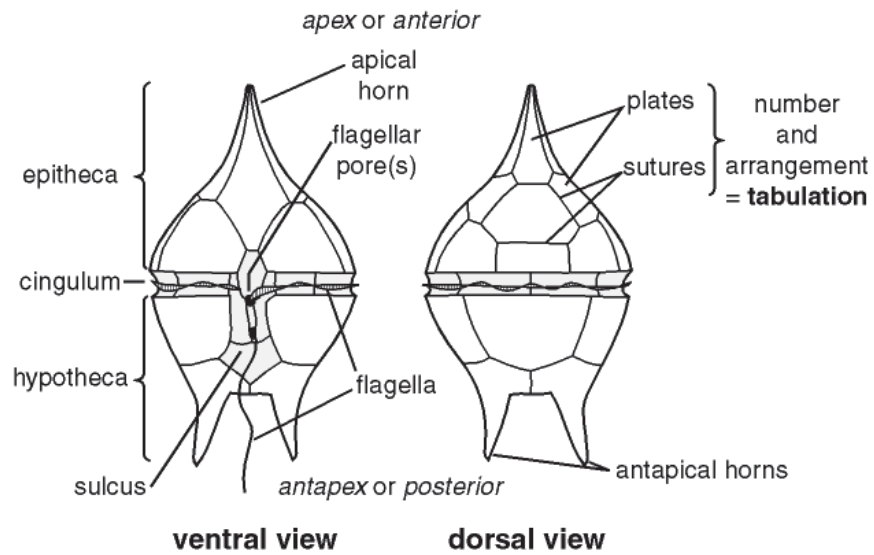
También llamadas dinoflageladas, este grupo de algas han poblado con mayor éxito las aguas marinas que las continentales. En el mar producen luminiscencia (noctiluca) y además, son famosas por ser causantes de las mareas rojas (*Gonyaulax*).

Son algas unicelulares y biflageladas, los dos flagelos de diferente longitud y orientación, salen de la región ventral; están colocados en surcos de la célula y se denominan flagelo longitudinal y flagelo transversal o singular. El surco longitudinal recibe el nombre de sulcus y el transversal de annulus. El movimiento de los flagelos produce corrientes de agua que permiten al alga desplazarse a velocidad moderada. En algunas especies una fina membrana envuelve a la célula, pero en la mayoría la pared celular es fuerte y está formada por placas celulósicas, cuyo número y colocación reviste importancia para identificar el alga.

La nutrición de la pirrófitas puede ser autotrófica, heterotrófica o mixotrófica. Los pigmentos fotosintéticos son la clorofila a y c, además de carotenos. El color de los plastidios es pardo o amarillo y las sustancias de reserva son el almidón y las grasas.

En aguas continentales los géneros de dinoflagelados más comunes y representativos son: *Gymnodinium*, *Peridinium*, *Glenodinium*, *Ceratium* y *Gonyaulax* (Acleto y Zuñiga, 1998).

Imagen 04: Pyrrophyta.



Cuadro 02: Algas utilizadas en procesos bioindicativos.

Clasificación según: Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA		INDICACIÓN	ECOSISTEMA ACUÁTICO	REFERENCIA
Cyanophyta				
Cyanophyceae				
Anabaena	<i>sp.</i>	Mezcla y turbulencia	Léntico	(Márquez y Guillot, 1988)
		Mesotrofia	Léntico	(Ramirez, 1986b)
		Ultraoligotrofia; estratificación térmica y química	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>circinalis</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>constricta</i>	Tolerancia a derrames de petróleo		(Donato, 1998)
	<i>flosaquae</i>	Eutrofia fría		(Duque y Donato, 1992)
	<i>sphaerica</i>	Eutrofia	Léntico	(Canosa y Pinilla, 1998)
	<i>subtropica</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Pinilla, 1995)
Anabaenopsis	<i>rarciborski</i>	Eutrofia	Léntico	Canosa y Pinilla, 1995)
Anacystis	<i>sp.</i>	Eutrofia	Léntico	(Ruiz et al., 1984)
Aphanizomenon	<i>sp.</i>	Eutrofia, hipertrofia	Léntico	(Márquez y Guillot, 1988)
Aphanothece	<i>saxicola</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Calothrix	<i>brevissima</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>clavata</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>flosaquae</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>sphaerica</i>	Eutrofia	Léntico	(Canosa y Pinilla, 1998)
	<i>subtropica</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Pinilla, 1995)
Cyanothece	<i>maior</i>	Eutrofia alóctona	Lóxico	(Duque y Donato, 1992)
Chroococcus	<i>sp.</i>	Estratificación	Léntico	(Duque y Donato, 1992))
	<i>sp.</i>	Sucesión avanzada	Léntico	(Márquez y Guillot, 1988)
	<i>cohaerens</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>minutus</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Pinilla, 1995)
	<i>turgidus</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Dactylococcopsis	<i>sp.</i>	Eutrofia	Léntico	(Pinilla, 1995)
	<i>sp.</i>	Eutrofia	Lóxico	(Prada, 1995)
Gloeotrichia	<i>sp.</i>	Eutrofia	Léntico	(Ruiz et al., 1984)
		Estratificación	Léntico	(Márquez y

Lyngbya	<i>sp.</i>	Sucesión avanzada	Léntico	Guillot, 1988) (Márquez y Guillot, 1988)
		Sedimentos y conductividad altos	Lótico	(Duque y Donato, 1992)
		Hipertrofia	Léntico	(Donato, 1986)
	<i>limnetica</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Merismopedia	<i>sp.</i>	Eutrofia	Léntico	(Prada, 1995)
Microcystis	<i>sp.</i>	Eutrofia	Léntico	(Donato et al., 1987)
	<i>aeruginosa</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>sp.</i>	Estratificación, sucesión avanzada	Léntico	(Márquez y Guillot, 1988)
	<i>palida</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Nodularia	<i>tenuis</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Oscillatoria	<i>sp.</i>	Sedimentos y conductividad altos	Lótico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>chlorina</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>homogenea</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Pinilla, 1995)
	<i>okeni</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Pinilla, 1995)
	<i>splendida</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Phormidium	<i>tenuis</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Scytonema	<i>crispum</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Chlorophyta				
Chlorophyceae				
Actinastrum	<i>gracillum</i>	Eutrofia	Léntico	(Canosa y Pinilla, 1998)
Arthrodesmus	<i>octocomis</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Pinilla, 2000)
Ankistrodesmus	<i>falcatus</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>gracilis</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Pinilla, 1995)
Bambusina	<i>brebissonii</i>	Oligotrofia, baja conductividad, aguas blandas y acidas	Lótico	(Duque y Donato, 1992)
Botrycoccus	<i>braunii</i>	Eutrofia	Léntico	(Márquez y Guillot, 1988)
		Oligotrofia	Léntico	(Ramirez, 1986)
		Eutrofia por mezcla	Léntica	(Pinilla, 2000)
		Baja mineralización	Léntico	(Pinilla, 2000)
		Eutrofia (amplia distribución trófica)	Léntico	(Pinilla, 2000)
	<i>abruptum</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)

Closterium	<i>aciculare</i>	Mesotrofia eutrofia		(Duque y Donato, 1992)
	<i>acutus</i>		Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>gracile</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>kuetzingii</i>	Oligotrofia; baja conductividad; aguas blandas y ácidas	Lótico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>leibleinii</i>	Mesotrofia a eutrofia		(Duque y Donato, 1992)
	<i>limneticum</i>	Mesotrofia a eutrofia	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>moniliferum</i>	Oligotrofia; baja conductividad; aguas blandas y ácidas	Lótico	(Duque y Donato, 1992)
Closterium	<i>parvulum</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>regulare</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>setaceum</i>	Baja velocidad del agua, Oligotrofia fría	Léntico	(Donato, 1987)
	<i>venus</i>	Oligotrofia; baja conductividad; aguas blandas y ácidas y Mesotrofia eutrofia	Léntico	(Donato, 1987); (Donato et al., 1987)
Coelastrum	<i>reticulatum</i>	Eutrofia	Léntico	(Canosa y Pinilla, 1998)
Cosmarium	<i>sp.</i>	pH ácido, aguas someras	Léntico	(Ramirez, 1992)
	<i>columbianum</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Coesel, 1992)
	<i>horridium</i>	Oligotrofia calida	Léntico	(Coesel et al., 1988)
	<i>impersulum</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>pyramidatum</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>retusa</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>vitiosum</i>	Oligotrofia cálida	Léntico	(Pinilla, 2000)
Cosmacladium	<i>pusillum</i>	Mesotrofia	Léntico	(Pinilla, 2000)
Cosmocladium	<i>saxonicum</i>	Mesotrofia	Léntico	(Pinilla, 2000)
Cricigenia	<i>sp.</i>	Meso a eutrofia	Léntico	(Pinilla et al., 1993)
	<i>tetrapedia</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Pinilla, 1995)
Chlorella	<i>sp</i>	Eutrofia fría; oxidación de aguas servidas	Léntico	(Ruiz et al., 1984)
Desmidium	<i>cylindricum</i>	Oligotrofia a mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
		Mesotrofia	Léntico	(Donato, 1998)
		Oligotrofia; baja conductividad;	Lótico	(Duque y Donato, 1992)

		aguas blandas y ácidas		
Swartzii	<i>sp.</i>	Oligotrofia; baja conductividad; aguas blandas y ácidas	Lótico	(Duque y Donato, 1992)
Dictyosphaerium	<i>pulchellum</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Donato et al., 1987)
		Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
		Algas blandas	Léntico	(Ramirez, 1992)
Eastrum	<i>brasiliense</i>	Oligotrofia cálida	Léntico	(Pinilla, 2000)
	<i>colombianus</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>didelta</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Gaviria, 1984)
	<i>elegans</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>oculatum</i>	Oligotrofia cálida	Léntico	(Pinilla, 2000)
Eudorina	<i>sp.</i>	Meso a eutrofia	Léntico	(Marquez y Guillot, 1988)
		Periodo seco	Léntico	(Ramirez, 1986)
Gloeocystis	<i>gigas</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Golenkina	<i>sp.</i>	Hipereutrofia	Léntico	(Donato, 1986)
Gonatozygon	<i>sp.</i>	Oligotrofia	Léntico	(Ramirez, 1986)
	<i>aculeatum</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Donato, 1991, 1998), (Duque y Donato, 1992)
Hyalotheca	<i>dissiliens</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>indica</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992); (Donato, 1992)
	<i>mucosa</i>	Mesotrofia	Léntico	(Pinilla, 2000)
Micraterias	<i>apiculata</i>	Mesotrofia aeutrofia	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>radiosa</i>	Mesotrofia a eutrofia	Léntico	(Donato, 1998); (Duque y Donato, 1992)
	<i>rotata</i>	Mesotrofia a esutrofia	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>truncata</i>	Baja velocidad de agua	Lótico	(Donato, 1987)
Microchaete	<i>sp.</i>	Hiperetrofia	Léntico	(Donato, 1986)
Mougeotia	<i>sp.</i>	Aguas turbias, eutrofia	Léntico	(Donato, 1986)
Nephrocytium	<i>aghardianum</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Pinilla, 1995)
Netrium	<i>digitus</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>nagelii</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Oedogonium	<i>sp.</i>	Aguas someras	Léntico	(Marquez y Guillot, 1988)
		Aguas someras	Lótico	(Donato, 1987)
		Aguas ácidas y ricas en hierro	Léntico	(Ramirez, 1992)
Oocystis	<i>sp.</i>	Resistencia a	Léntico	(Salazar y Diez,

		pesticidas		1987)
	<i>elliptica</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Fragillaria	<i>construens</i>	Mesotrofia	Léntico	(Donato, 1987)
Gomphonema	<i>parvulum</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Donato et al., 1987)
Navicula	<i>sp.</i>	Resistencia a pesticidas	Lótico	(Donato, 1987)
	<i>amphigomphus</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>elliptica</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>major</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>viridis</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Nitzchia	<i>acicularis</i>	Mesotrofia	Lótico	(Donato, 1987)
	<i>amphioxys</i>	Eutrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>curvula</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>palea</i>	Eutrofia fría, Mesotrofia	Léntico	(Duque y Donato, 1992); (Donato, 1987)
Pinnularia	<i>sp.</i>	Hipereutrofia	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>mesoleptum</i>		Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>viridis</i>	Oligotrofia	Lótico	(Donato, 1987)
		Oligotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Surirella	<i>anceps</i>	Oligotrofia, baja conductividad, aguas blandas y acidas	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Synedra	<i>radians</i>	Mesotrofia fría	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
	<i>ulna</i>	Sucesión	Léntico	(Duque y Donato, 1988)
Tabellaria	<i>flocculosa</i>	Mesotrofia a eutrofia fría	Léntico	(Donato et al., 1987) (Duque y Donato, 1992)
	<i>frenestrata</i>	Oligotrofia fría	Lótico	(Donato, 1998); (Duque y Donato, 1992)
chrysophyta				
chrysophyceae				
Chromulina	<i>sp.</i>	Eutrofia	Léntico	(Pinilla, 1995)
Dinobryon	<i>sp.</i>	Oligotrofia bajo contenido de P, alto contenido de Ca	Léntico	(Ramirez, 1986b)
	<i>cilindricum</i>	Oligotrofia calida	Léntico	(Vargas, 1996)
	<i>divergens</i>	Eutrofia y oligotrofia	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
		Oligotrofia	Léntico	(Donato, 1998)
		Oligotrofia fría	Lótico	(Duque y

				Donato, 1992)
Mallomonas	<i>sp.</i>	Oligotrofia	Léntico	(Márquez y Guillot, 2001)
		Hipereutrofia	Léntico	(Donato, 1986)
Synura	<i>sp.</i>	Alto contenido de zinc	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
dinophyta chrysoephyceae				
Peridinium	<i>sp.</i>	Eutrofia	Léntico	(Ramirez, 1987)
		Estratificación	Lóxico	(Marquez y Guillot, 2001)
		Sucesión hipereutrofia	Léntico	(Donato, 1986)
	<i>baliense</i>	Oligotrofia	Léntico	(Duque y Donato, 1992)
Peridinium	<i>cinctum</i>	Oligotrofia	Léntico	(Donato, 1998); (Duque y Donato, 1992)
		Eutrofia	Léntico	(Pinilla, 1995)
	<i>gatunense</i>	Oligotrofia	Léntico	(Ramirez, 1986a)
		Oligotrofia fría	Léntico	(Donato, 1998); (Duque y Donato, 1992)
		Oligotrofia cálida	Léntico	(Vargas, 1996)
	<i>limbatum</i>	Oligotrofia fría	Léntico	(Donato, 1998); (Duque y Donato, 1992)
	<i>umbonatum</i>	Oligotrofia cálida	Léntico	(Vargas, 1996)

Fuente: Peña et al., 2005.

1.2.5 METALES PESADOS.

Los metales son elementos que se encuentran en las rocas, en la tierra, en yacimientos, etc., muchos de ellos son esenciales para los organismos vivos; sin embargo, las dosis que excedan lo requerido por ellos, producen graves alteraciones para la salud. Los metales pesados son aquellos que tienen una densidad cinco veces mayor que la del agua como el Arsénico, Berilio, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo, y no se degradan y pueden acumularse en los organismos vivos (Rojas, 2002).

El estudio de metales pesados en ambientes acuáticos es de gran interés puesto que en comparación con otros contaminantes, son no biodegradables y sufren un ciclo ecológico global en el cual las aguas naturales son las principales vías, siendo críticos los efectos negativos que ellos ejercen, debido a su toxicidad y acumulación en la biota acuática y en la población humana.

La presencia de trazas en sistemas acuáticos naturales es originada por las interacciones entre el agua, sedimentos y atmósfera. La reactividad de dichos metales en estos medios y su impacto en la vida acuática, varía de acuerdo a la especiación del metal. Muchas especies orgánicas (de origen natural o resultado de la contaminación) disueltas en agua, tienen gran afinidad de enlazarse a los metales, un fenómeno que podría naturalmente alterar la actividad de ellos en los ambientes acuáticos (Senior y Marquez, 1994).

1.2.5.1 PLOMO.

El plomo es un elemento importante debido a su amplia utilización en una gran variedad de procesos industriales. Su resistencia a la corrosión atmosférica y a la acción de los ácidos, especialmente al sulfúrico, hace que el plomo sea muy útil en la edificación, en las instalaciones de fábricas de productos químicos y en tuberías y envolturas de cables (Badillo, 1985).

FUENTE NATURAL

El plomo existe naturalmente en la corteza terrestre, es un elemento relativamente abundante que se encuentra en el aire, agua, suelo, plantas y animales. Sus fuentes son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de minerales del plomo y las emanaciones volcánicas. Su proporción en la corteza terrestre es aproximadamente de 15ppm. (mg/kg) y la cantidad total se estima en 3.8×10^{14} toneladas. El Pb es un elemento que no tiene ninguna función fisiológica conocida en el organismo humano. No es biodegradable, pero si es biodisponible y persistente en el suelo y en el aire (Flores y Alberth, 2004).

FUENTE ANTROPOGENICA

En la actualidad, el plomo se utiliza principalmente en la producción de acumuladores y baterías, pigmentos, insecticidas, explosivos, reactivos químicos, soldaduras, aditivos antidetonantes para gasolina, alfarería decorativa vidriada en hoja metálica y en barro, cubiertas para proteger de los rayos X, tuberías, etc.

El plomo no solo se descarga en el ambiente durante su extracción, fundición y refinación, sino también durante otros procesos como la combustión de hidrocarburos fósiles, el procesamiento de minerales metálicos no ferrosos y por su uso en aditivos para la gasolina. La cantidad anual de plomo que se dispersa como contaminante atmosférico es muy elevada. Las emisiones antropogénicas de plomo en el aire se han calculado alrededor de 450 000 toneladas. Esta cantidad duplica las emisiones por fuentes naturales.

El plomo por acción del viento llega a depositarse en diversos sustratos como el suelo, el agua y la vegetación (Badillo, 1985).

TOXICIDAD

La toxicidad de un metal o un compuesto metálico se basa en la capacidad para causar un daño a la salud, incluyendo su potencial cancerígeno, mutagénico y sus posibles efectos teratogénicos, depende de la vía de administración y del compuesto químico al que esté ligado, así como la concentración en la que se encuentran, periodo de exposición al metal y el estado en el que se presenta (Oyarzun e Higuera, 2000). Conforme pasa el tiempo, la exposición del ser humano a contaminantes metálicos, introducidos en el medio ambiente por la producción industrial, ha ido en aumento. El ser humano está expuesto a metales en cantidades superiores a las que absorbieron sus antepasados (Ramos *et al.*, 1994). El Pb es considerado como material peligroso, ya que es un metal pesado que se acumula en los organismos y llega a ser tóxico, causando efectos nocivos a la salud. A la fecha se han realizado diversidad de estudios a nivel nacional e internacional, con los cuales se ha tratado de identificar los niveles de toxicidad del Pb y sus compuestos.

La intoxicación por Pb puede ser de dos tipos, aguda y crónica (esta última es la que provoca el “saturnismo o plumbismo”). En el saturnismo (enfermedad que produce alucinaciones y hace que el enfermo sea muy agresivo) se presenta pigmentación de los glóbulos rojos, retraso de la maduración de los mismos en la médula

ósea e inhibición en la síntesis de hemoglobina. Por lo general, la persona que sufre de saturnismo presenta anemia (Torres, 2004). Además de ser un riesgo a la salud, la toxicidad del Pb produce efectos perjudiciales en los ecosistemas, ya que es nocivo para la vida acuática, particularmente en aguas con poca dureza; el Pb se acumula en los tejidos de los organismos produciendo toxicidad secundaria en la cadena trófica (USEPA, 2001).

EFFECTOS DEL PLOMO EN EL AMBIENTE

Con respecto a su incidencia en el ambiente, el plomo se encuentra en forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas. Las sales de plomo entran al ambiente por emisión de los tubos de escape (principalmente los defectuosos) de los coches, camiones, motos, aviones, barcos, aerodeslizadores y casi todo tipo de vehículos motorizados que utilicen derivados de petróleo como combustible, siendo las partículas de mayor tamaño las que quedarán retenidas en el suelo y en las aguas superficiales, provocando su acumulación en organismos acuáticos y terrestres, y con la posibilidad de llegar hasta el hombre a través de la cadena alimenticia. Las pequeñas partículas quedan suspendidas en la atmósfera, pudiendo llegar al suelo y al agua a través de la lluvia. Las plantas que crecen en suelos contaminados por este elemento tienden a concentrarlo sobre todo en su sistema radicular. Algunos animales, por ejemplo las lombrices de tierra tienden a acumular plomo y pueden ser una de las rutas por las que este elemento entra a la cadena alimenticia afectando a los demás eslabones (Badillo, 1985).

RUTAS DE DISPERSIÓN EN CUERPOS DE AGUA Y SEDIMENTOS

La minería, la fundición y la refinación, así como la producción de compuestos y artículos que contienen plomo, pueden dar lugar a emisiones de plomo (OMS, 1979).

La atmósfera es la vía principal para el transporte y distribución de Pb desde fuentes estacionarias o móviles a otros medios ambientales. Es probable que las partículas transportadas por el aire se dispersen y diluyan, ya que su permanencia en la atmósfera es prolongada. También puede haber descargas en cuerpos de agua y en suelos, pero en la gran mayoría de los casos, el Pb tiende a localizarse cerca de los puntos de descarga, debido a la baja solubilidad de los compuestos que se forman al contacto con el suelo y el agua.

En los sistemas acuáticos la concentración de Pb aumenta de la siguiente manera:

Agua < presas de los peces < peces < sedimentos.

El Pb antropogénico llega al ambiente acuático a través de la precipitación pluvial que arrastra el Pb emitido en la combustión de gasolinas y descargas de aguas residuales de las industrias (Maya y Hansen, 1995). La cantidad de dicho metal en aguas superficiales depende del pH y de las sales disueltas contenidas en el agua.

El Pb es eliminado del agua cuando atraviesa el suelo y los sedimentos inferiores, esto se debe a la gran capacidad de las sustancias orgánicas para establecer uniones firmes con el Pb. Es importante tomar en cuenta la posibilidad de la transferencia de Pb precipitado en ciudades donde pasa a los sistemas de aguas residuales por arrastre (OMS, 1979).

1.2.5.2 CROMO.

El nivel de Cromo en el aire y el agua es generalmente bajo. El agua para beber el nivel de Cromo es usualmente bajo como en el agua de pozo, pero el agua de pozo contaminada puede contener el peligroso Cromo (VI); Cromo hexavalente. Para la mayoría de la gente que come comida que contiene Cromo III es la mayor ruta de entrada de Cromo, como Cromo III ocurre naturalmente en muchos vegetales, frutas, carnes, levaduras y granos.

Hay varias clases diferentes de Cromo que difieren de sus efectos sobre los organismos. El Cromo entra en el aire, agua y suelo en forma de Cromo (III) y Cromo (VI) a través de procesos naturales y actividades humanas. Las mayores actividades humanas que incrementan las concentraciones de Cromo (III) son el acero, las peleterías y las industrias textiles, pintura eléctrica y otras aplicaciones industriales del Cromo (VI). Estas aplicaciones incrementarán las concentraciones del Cromo en agua. A través de la combustión del carbón el Cromo será también emitido al agua y eventualmente se disolverá. El Cromo (III) es un elemento esencial para organismos que puede interferir en el metabolismo del azúcar y causar problemas de corazón, cuando la dosis es muy baja. El Cromo (VI) es mayoritariamente tóxico para los organismos. Este puede alterar el material genético y causar cáncer.

No es conocido que el Cromo se acumule en los peces, pero altas concentraciones de Cromo, debido a la disponibilidad de metales en las aguas superficiales, pueden dañar las agallas de los peces que nadan cerca del punto de vertido. En animales el Cromo puede causar problemas respiratorios, una baja disponibilidad puede dar lugar a contraer las enfermedades, defectos de nacimiento, infertilidad y formación de tumores (Lenntech, 2006).

TOXICIDAD

Los efectos biológicos del cromo dependen de su estado de oxidación. El Cr VI es considerado la forma más tóxica del metal, debido a que atraviesa fácilmente las membranas biológicas y puede ser transportado activamente al interior de las células por medio del transportador de sulfato; por su analogía química con el sulfato, el cromato es un inhibidor competitivo del transporte de aquel ión esencial. El Cr VI es altamente tóxico para todas las formas de vida, siendo mutagénico y carcinogénico en el hombre y mutagénico en bacterias. Se ha propuesto que la toxicidad del Cr VI se debe a que, al igual que otros metales, produce estrés oxidativo. En este proceso

dentro de las células se generan intermediarios reducidos de cromo que, en presencia de H₂O₂, funcionan como catalizadores de una reacción tipo Fenton, llevando a la formación de Especies Reactivas de Oxígeno (ERO). Conduce el consecuente daño oxidativo, produciendo peroxidación de lípidos, oxidación de proteínas y daños a los ácidos nucleicos (Gutiérrez y Cervantes, 2008).

Por otra parte, el Cr III es relativamente inocuo debido a su insolubilidad e incapacidad para atravesar las membranas biológicas; dicha especie constituye un oligoelemento indispensable para procesos bioquímicos y fisiológicos en células superiores, en cantidades muy pequeñas. El Cr III específicamente tiene acciones en el metabolismo de la glucosa, el colesterol y los ácidos grasos, además de desempeñar un papel importante en diferentes reacciones enzimáticas (Gutiérrez y Cervantes, 2008). En pequeñas cantidades, el cromo se considera un nutriente esencial para numerosos organismos, pero en niveles elevados, es tóxico y mutagénico (Srinath et al., 2002). La toxicidad de los metales pesados es muy amplia. Su acción directa sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos sulfhidrilos (-SH) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos (Vullo, 2003).

INCORPORACIÓN DEL CROMO EN EL MEDIO AMBIENTE

El cromo se encuentra, relativamente inerte como Cr (III) en las fases sólidas, y se libera al el medio acuático en cantidades limitadas por acciones climáticas y de erosión. Las emisiones atmosféricas de cromo a partir de fuentes naturales vienen derivadas del elemento en suspensión, ya que el polvo transportado por el viento es la principal fuente natural de cromo en la atmósfera de la tierra (Nriagu, 1990). La erosión eólica de los suelos puede ser una fuente natural importante de aire con cromo. Aunque la mayoría de cromo liberado de fuentes naturales es, probablemente, en la forma

trivalente, tanto el Cr (III) como el Cr (VI) pueden estar presente en los desechos antropogénicos liberados al medio ambiente. Se estima que cada país desarrollado puede liberar alrededor de 84 toneladas anuales de cromo (incluyendo tanto las formas tri cromo hexavalente) a la atmósfera provenientes de fuentes antropogénicas. De ellas, aproximadamente un 54% son atribuibles a la combustión de elementos fósiles, un 29% para diversos procesos industriales (producción de hierro y acero, procesamiento de refractarios y productos químicos, etc.), y un 12% a actividades relacionadas con el transporte, tales como la combustión de vehículos de motor. Las fuentes secundarias incluyen el desgaste de los neumáticos y pastillas de freno, uso de convertidores catalíticos de automóviles basados en cromo, o la liberación de polvo cromado utilizado en los toners de fotocopiadoras (ATSDR, 1988).

IMPACTO DEL CROMO EN EL MEDIO ACUÁTICO

Todos los sectores de nuestra sociedad generan residuos: industria, agricultura, minería, energía, transporte, construcción, consumidores etc., y éstos contienen contaminantes que son eliminados en forma de materiales como tal, como productos derivados de su tratamiento, o directamente como sustancias químicas. La contaminación aparece como consecuencia de la liberación de estos contaminantes más allá de la capacidad de asimilación del medio ambiente. Los residuos industriales se generan a partir de diferentes procesos y la cantidad y toxicidad de los residuos liberados varía de acuerdo con sus propios procesos industriales específicos (Shen, 1999).

El cromo, a altas concentraciones, se comporta como tóxico, mutagénico, teratógeno y carcinogénico. El cromo existe en los estados de oxidación de +2, +3 y +6. El estado de oxidación trivalente es la forma más estable de cromo, es esencial para los mamíferos a concentraciones traza y relativamente inmóvil en los sistemas acuáticos, debido a su baja solubilidad en agua. El cromo hexavalente es mucho más tóxico para la mayoría de las plantas,

animales y bacterias que habitan ambientes acuáticos. La mayoría de los microorganismos son sensibles al efecto tóxico del Cr (VI), pero algunos grupos poseen mecanismos de resistencia para tolerar altos niveles de este elemento. En las aguas naturales persisten dos estados de oxidación estables de cromo (III y VI), ambos con alta biodisponibilidad y ejerciendo efecto tóxicos, siendo el Cr(VI) más soluble en agua, con mayor grado de toxicidad, y actuando como un fuerte agente oxidante que causa graves daños a las membranas celulares (Marchese *et al.*, 2008). La contaminación de cromo en todo el mundo ha surgido principalmente de la práctica común de eliminación de residuos de diferentes industrias con la forma dominante de Cr (III) termodinámicamente estable. Sin embargo, la reciente detección de niveles tóxicos significativos de Cr (VI) en aguas superficiales y subterráneas en diferentes partes del mundo plantea cuestiones críticas relacionadas con la disposición actual de los residuos que contienen cromo. A pesar de la estabilidad termodinámica de Cr (III), la presencia de ciertos minerales naturales, en especial los óxidos de MnO₂, puede aumentar la oxidación de Cr (III) a Cr (VI) en el medioambiente. Este factor es de interés público, porque a un pH elevado, Cr (VI) es biodisponible, siendo esta forma muy móvil y por lo tanto, representa el mayor riesgo de contaminación de las aguas (Avudainayagam *et al.*, 2003).

1.2.6 RESIDUOS SÓLIDOS

Según la definición establecida en la Ley General de Residuos Sólidos, son residuos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejado a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento,

transferencia, disposición final (D. L. N°1065, Modifica la Ley N° 27314, 2005).

Las características físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos permiten orientar para la selección de alternativas técnicas de recolección, transporte, tratamiento, y disposición final.

- **Características Físicas:** Son la composición gravimétrica (porcentaje de cada componente presente en la muestra), el peso específico (peso de una muestra en función al volumen que ella ocupa expresado en T/m^3 o Kg/cm^3), la humedad (la porción de agua de la muestra en relación a su volumen seco, expresado en %), la compresibilidad (grado de compactación, reducción del volumen que una masa puede sufrir cuando es sometida a una presión de $4Kg/cm^2$), la generación per cápita (cantidad de residuos generada por persona en una unidad de tiempo, la cual es variable según el poder adquisitivo, educación y hábitos de las comunidades y varía de 0.4Kg hasta sobre 1.5Kg, y características visuales que interfieren en la estética de los ambientes (Bernstein, 1992).
- **Características Químicas:** Son el poder calorífico (la capacidad potencial de cada material es desprender calor cuando se quema, Kcal/L), el pH – potencial de hidrogeno (indicador de acidez), el contenido de ceniza, materia orgánica, carbono, nitrógeno, potasio, calcio, metales pesados, los residuos minerales y las grasas solubles (Bernstein, 1992).
- **Características Biológicas:** Son los agentes microbianos (virus, hongos, bacterias y protozoarios) presentes en la basura, que bajo determinadas condiciones se tornan patógenos y causadores de enfermedades tales como hepatitis, fiebre tifoidea, malaria, fiebre amarilla y cólera, que se encuentran en la basura, condiciones ideales para proliferar. Se transmiten a las personas y animales a través de vectores como insectos y roedores (Bernstein, 1992).

FASES EN LA DEGRADACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

- **Fase aeróbica (Fase 1):** Sucede inmediatamente después que los residuos sólidos son depositados. Las sustancias de fácil biodegradación se comienzan a degradar a partir de su contacto con el oxígeno en el aire. Esta primera fase de descomposición microbiana de la fracción orgánica de los residuos sólidos se realiza bajo condiciones aerobias. Se produce CO₂ y la temperatura comienza a elevarse. En general es una etapa relativamente corta (Espinoza y Gonzales, 2001).
- **Fase de transición (Fase 2):** Esta etapa también es una etapa aeróbica, durante la cual aún no se desarrollan condiciones anaeróbicas. Ocurre un proceso de fermentación, donde se desarrollan ácidos en los líquidos percolados y se produce una caída importante en el pH. Se caracteriza esta fase por el paulatino descenso de las condiciones aerobias, presencia de oxígeno, hasta su completa desaparición, comenzando la etapa anaerobia. El oxígeno desaparece del metabolismo respiratorio, siendo sustituido por compuestos inorgánicos oxidados, como el nitrito y el sulfito, los cuales sometidos a un potencial de oxidación- reducción del medio en torno a -50 a -100 milivoltios, se reducen a gas nitrógeno y sulfuro de hidrogeno. En estas condiciones, el potencial reductor del medio ira incrementándose, y cuando llegue a valores en torno a -150 a -300 milivoltios, comenzará la generación de metano. Mientras sigue bajando el potencial de oxidación/reducción, los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica comienzan un proceso que se resume en la conversión del material orgánico complejo en ácidos orgánicos y otros productos intermedios. El pH de la fase liquida, si es que existe, comienza a caer debido a la presencia de ácidos orgánicos y al efecto de la elevadas concentraciones de co₂ dentro del medio (Espinoza y Gonzales, 2001).
- **Fase acida (fase 3):** Transformación enzimática o hidrolisis, de compuestos con el peso molecular como los lípidos, polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos, etc., en otros compuestos aptos para ser utilizados por los microorganismos como fuentes de energía y como

transformación a carbono celular. Conversión microbiana o ácido génesis de los compuestos resultantes del primer paso de este proceso, en compuestos intermedios de bajo peso molecular, como son el ácido acético, y las pequeñas concentraciones de ácido fulvico y otros ácidos más complejos (Espinoza y Gonzales, 2001).

- **Fase 4:** Esta fase, dominada por microorganismos que comienzan a desarrollarse hacia el final de la fase ácida, estrictamente anaerobios y denominados metanogénicos, se caracteriza por la conversión del ácido acético y el gas de hidrógeno, producido por los formadores de los ácidos en la fase ácida, en CH_4 y CO_2 . Es también la fase anaeróbica donde la producción de metano alcanza su más alto nivel, con una concentración de metano estable en el rango de 40% a 60% por volumen de biogás. Los ácidos orgánicos en los líquidos percolados se descomponen inmediatamente en biogás. La carga orgánica de los percolados es baja y consiste principalmente de componentes orgánicos de alta biodegradabilidad. Como las condiciones son eminentemente anaeróbicas los percolados tendrán una alta concentración de amoníaco. Debido a la transformación de los ácidos y el gas de hidrógeno en CH_4 y CO_2 , el pH de la fase líquida subirá a valores más neutros, en el rango de 6.8 a 8, reduciendo las concentraciones de DBO y DQO, así como el valor de conductividad del líquido (Espinoza y Gonzales, 2001).
- **Fase de maduración (fase 5):** Fase mucho menos activa e cuanto a la generación de gases se refiere, viene caracterizada por una disminución de la humedad y la conversión del material biodegradable que anteriormente no estaban disponibles. La velocidad de generación del gas del vertedero disminuye significativamente, porque la mayoría de los nutrientes disponibles se han diluido en el medio líquido durante las fases anteriores, y los sustratos que quedan en el medio sólido son de una degradación lenta (Espinoza y Gonzales, 2001).

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

a) POR SU ORIGEN

- Residuos domiciliarios

La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios. Estos comprenden los restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares. Explica que los residuos sólidos domiciliarios “son aquellos elementos, objetos o sustancias que como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas son desechados o abandonados” (Pinto, 2009).

Cuadro 03: Clasificación de residuos sólidos domiciliarios.

TIPO	EJEMPLOS
Orgánico	Restos putrescibles, como restos vegetales, provenientes generalmente de la cocina, como cáscaras de frutas y verduras. También los excrementos de animales menores.
Papel	Hojas de cuadernos, revistas, periódicos, libros.
Cartón	Cajas, sean gruesas o delgadas.
Plásticos	Existe una gran diversidad de plásticos, los cuales se encuentran agrupados en siete tipos: <ul style="list-style-type: none"> • PET (polietileno tereftalato): Botellas transparentes de gaseosas, cosméticos, empaques de electrónicos. • HDPE o PEAD (polietileno de alta densidad): Botellas de champú, botellas de yogurt, baldes de pintura, bolsas de electrónicos, jabs de cerveza, bateas y tinas. • PVC (cloruro de polivinilo): Tubos, botellas de aceite, aislantes eléctricos, pelotas, suela de zapatillas, botas, etc. • LDPE - PEBD (polietileno de baja densidad): Bolsas, botellas de jarabes y pomos de cremas, bolsas de suero, bolsas de leche, etiquetas de gaseosas, bateas y tinas. • PP (polipropileno): Empaques de alimentos (fideos y galletas), tapas para baldes de pintura, tapas de gaseosas, estuches negros de discos compactos. • PS (poliestireno): Juguetes, jeringas, cucharitas transparentes, vasos de tecnopor, cuchillas de afeitar, platos descartables (blancos y quebradizos), casetes. • ABS (poliuretano, policarbonato, poliamida): Discos compactos, baquelita, micas, carcazas electrónicas (computadoras y celulares), juguetes, piezas de acabado en muebles.
Fill	Envolturas de snack, golosinas.
Vidrio	Botellas transparentes, ámbar, verde y azul, vidrio de ventanas.
Metal	Hojalatas, tarro de leche, aparatos de hierro y acero.
Textil	Restos de tela, prendas de vestir, etc.
Cuero	Zapatos, carteras, sacos.
Tetra pack	Envases de jugos, leches y otros.
Inertes	Tierra, piedras, restos de construcción.
Residuos de baño	Papel higiénico, pañales, toallas higiénicas.
Pilas y baterías	De artefactos, juguetes y de vehículos, etc. Tipo Ejemplos

Fuente: USAID/Perú, 2008

- Residuos comerciales

Son aquellos residuos generados durante el desarrollo de las actividades comerciales. Están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares.

La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, oficinas de trabajo, entre otras actividades comerciales y laborales análogas.

- Residuos de limpieza de espacios públicos

Como su nombre lo indica, son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas, independientemente del proceso de limpieza utilizado. El barrido de calles y espacios públicos puede realizarse de manera manual o con la ayuda de equipamiento.

Residuos de los establecimientos de atención de salud y centros médicos de apoyo son aquellos residuos generados en las actividades para la atención e investigación médica, en establecimientos como hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos, consultorios, entre otros afines. De acuerdo a la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, los referidos residuos se caracterizan por estar contaminados con agentes infecciosos o por contener altas concentraciones de microorganismos potencialmente peligrosos (*v. gr.* agujas hipodérmicas, gasas, algodones, medios de cultivo, órganos patológicos y material de laboratorio).

- Residuos industriales

Son aquellos residuos peligrosos o no peligrosos generados en los procesos productivos de las distintas industrias, tales como la industria manufacturera, minera, química, energética, pesquera y otras similares. De acuerdo a la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, los residuos antes mencionados se presentan como lodo, ceniza, escoria metálica, vidrio, plástico, papel, cartón, madera, fibra, que generalmente se

encuentran mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo en general los residuos considerados peligrosos.

Residuo industrial es cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad (Pinto, 2009).

- Residuos de las actividades de construcción

Son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructuras.

La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otros similares.

- Residuos agropecuarios

La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos generados en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias. Estos residuos incluyen los envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos diversos, entre otros.

- Residuos de instalaciones o actividades especiales

Son aquellos residuos sólidos generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión, complejidad y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar ciertos servicios públicos o privados, tales como plantas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, puertos, aeropuertos, terminales terrestres, instalaciones navieras y militares, entre otras; o de aquellas actividades públicas o privadas que movilizan recursos humanos, equipos o infraestructuras, en forma eventual, como conciertos musicales, campañas sanitarias u otras similares.

b) Por su peligrosidad

- Residuos peligrosos y no peligrosos

Los residuos sólidos peligrosos son aquellos residuos que por sus características o el manejo al que son sometidos representan un riesgo significativo para la salud de las personas o el ambiente.

De conformidad con la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, se consideran peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad. Así, por ejemplo, se consideran como residuos sólidos peligrosos los lodos de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, salvo que el generador demuestre lo contrario.

Por el contrario, se consideran no peligrosos aquellos residuos que por sus características o el manejo al que son sometidos no representan un riesgo significativo para la salud de las personas o el ambiente.

c) En función a su gestión

- Residuos de gestión municipal

Son aquellos generados en domicilios, comercios y por actividades que generan residuos similares a estos, cuya gestión ha sido recomendada las municipalidades.

La gestión de estos residuos es de responsabilidad del municipio desde el momento en que el generador los entrega a los operarios de la entidad responsable de la prestación del servicio de residuos sólidos, o cuando los dispone en el lugar establecido por dicha entidad para su recolección.

Los Residuos Sólidos Municipales (RSM) conocidos comúnmente como basura, están compuestos por residuos orgánicos (producto de la comercialización, el transporte, la elaboración de los alimentos y excedentes de comida y restos de materia vegetal), papel, cartón, madera y en general materiales biodegradables e inorgánicos como, vidrio, plástico, metales y material inerte (SEMARNAT, 2001).

La disposición final de residuos del ámbito de gestión municipal se realiza mediante el método de relleno sanitario.

- Residuos de gestión no municipal

Son aquellos residuos generados en los procesos o actividades no comprendidos en el ámbito de gestión municipal. Su disposición final se realiza en rellenos de seguridad, los que pueden ser de dos tipos, de conformidad con el Artículo 83° del Reglamento de la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos:

(i) Relleno de seguridad para residuos peligrosos, en donde se podrán manejar también residuos no peligrosos.

(ii) Relleno de seguridad para residuos no peligrosos.

d) Por su naturaleza

- Orgánicos

Residuos de origen biológico (vegetal o animal), que se descomponen naturalmente, generando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los lugares de tratamiento y disposición final. Mediante un tratamiento adecuado, pueden reaprovecharse como mejoradores de suelo y fertilizantes (compost, humus, abono, entre otros).

- Inorgánicos

Residuos de origen mineral o producidos industrialmente que no se degradan con facilidad. Pueden ser reaprovechados mediante procesos de reciclaje. (OEFA, 2013-2014).

1.2.7 LIXIVIADOS

Son los líquidos producidos cuando el agua percola a través de cualquier material permeable, puede contener tanto material suspendido como disuelto o generalmente ambos. Este líquido es más comúnmente hallado asociado a rellenos sanitarios, en donde, es producido como resultado de las lluvias percolando a través de los desechos sólidos y reaccionando con productos de descomposición, químicos y otros compuestos. Si el relleno sanitario no tiene sistema de recogida de lixiviados, estos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas ambientales y/o de salud. Típicamente el lixiviado es anóxico, ácido, rico en ácidos orgánicos, iones sulfato y con altas concentraciones de iones comunes específicamente hierro. El lixiviado tiene un olor bien característico, difícil de ser confundido y olvidado (Centro Guamán Poma de Ayala, 2008).

GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LIXIVIADOS

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente considera al lixiviado como el líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión,

componentes que se encuentran en los mismos residuos. En la mayoría de los rellenos sanitarios, el lixiviado está formado por el líquido que entra en el relleno desde fuentes externas (drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas, aguas de manantiales subterráneos) y, en su caso, el líquido producido por la descomposición de los residuos. Los diversos materiales confinados en los rellenos sanitarios hacen que la composición de los lixiviados sea variable, de acuerdo con la naturaleza de los mismos desechos (pH, edad, temperatura, etc.); también influyen aspectos externos ambientales (meteorología), así como la edad del relleno, la tecnología usada en la planta y la fase de estabilización en que se encuentre el desecho (Vázquez, 2001)

La degradación de los desechos se presenta en dos fases: aeróbica y anaeróbica

- **Fase aeróbica:** En el caso de que haya bastante oxígeno disponible, los microorganismos presentes en los residuos o provenientes del ambiente, contribuyen a la descomposición aerobia de la materia orgánica. El proceso es fomentado, parcialmente, por el aire atrapado en el relleno, mientras las capas superficiales, incluso, reciben cierta aireación desde la atmósfera. Un factor importante es, además, la humedad, que para estos microorganismos es óptima si está en el nivel de 60%, ya que, por lo general, el contenido de humedad de los residuos sólidos municipales es de 15 a 40% así el agua pluvial que cae al relleno tiene un papel importante en alcanzar la humedad necesaria para los bioprocesos.

Los productos de la descomposición aerobia generalmente son: dióxido de carbono, amoníaco (que después se transformará en nitrato) y agua, así como lo que resulta de la oxidación de los diversos componentes originales de los desechos. Ya que las reacciones de oxidación generalmente son exotérmicas, la temperatura interna del relleno, en corto tiempo, puede superar los 60°C. En tal temperatura, la mayor parte del contenido de humedad se evapora, por lo que, generalmente, directamente del proceso de la descomposición aerobia no se genera lixiviado (Vázquez, 2001).

- **Fase anaeróbica:** La materia orgánica de los residuos también se descompone en ausencia de oxígeno, pero en forma más lenta que en condiciones aerobias. La descomposición anaerobia llega a prevalecer después del agotamiento del aire atrapado, y en las partes más profundas del relleno que están aisladas de la recarga de aire proveniente de la atmósfera. La influencia del ambiente externo aquí ya no prevalece, por lo tanto, los procesos bioquímicos pueden mantener la temperatura elevada. Ya que en estos niveles ya no hay posibilidad de evaporación del ambiente y además la temperatura de 35° a 50°C es inferior a las condiciones de oxidación; así, con la descomposición anaerobia ya se produce cierta cantidad de lixiviado. La transformación inicialmente genera ácidos orgánicos, después metano y dióxido de carbono, mientras se lleva a cabo la desnitrificación y la reducción de los diversos componentes, sobre todo de los sulfatos. Durante todo esto, el relleno está expuesto a la precipitación, por lo que una cantidad considerable de agua pluvial llega a infiltrarse en la masa de los desechos. Esta agua percola la materia depositada y disuelve los diferentes componentes de los residuos; a la vez que se lleva los productos de las reacciones anteriormente mencionadas, se acumula en la base del relleno como lixiviado el cual, tomando en cuenta su considerable cantidad, es mucho más que los líquidos generados en los otros procesos (Vázquez, 2001)

FACTORES QUE AFECTAN LA GENERACIÓN DE LIXIVIADOS

Para este efecto, se considerarán dos tipos de factores: aquéllos que dependen del tipo de desecho y que se consideran internos por ser inherentes al desecho; y los externos, es decir, aquéllos que no dependen de la naturaleza de los residuos (Vázquez, 2001).

Factores Internos. Los factores internos que afectan la generación de los lixiviados son:

- a) La composición de los residuos. Esta varía de desecho a desecho y sólo es posible conocer las características en un confinamiento controlado, en

donde se tiene una planeación de los desechos que se depositarán en el lugar.

b) La degradación de los residuos. Esto influye mucho en la concentración del lixiviado, pues varía según la naturaleza de los desechos, si son orgánicos o inorgánicos, ya que los primeros se degradan fácilmente y hacen que la generación de lixiviados sea mayor en un poco tiempo y, por lo tanto, su concentración será mayor.

c) El tamaño y composición de los residuos. Algunas veces, para facilitar la operación de los desechos, éstos se fragmentan, haciéndolos de un tamaño uniforme; a este proceso se le llama trituración y provoca que se acelere la generación de lixiviado.

Factores externos. Independientemente de la naturaleza de los desechos, de los líquidos retenidos en éstos y de las reacciones físico - químicas que se presentan en el confinamiento, existen diversos factores externos que pueden afectar la formación de lixiviados, como:

a) La capacidad de intercambio catiónico: Los suelos orgánicos y las arcillas tienen una gran capacidad de intercambio de cationes, lo que hace que se retengan los metales contenidos en el lixiviado, retardando su tránsito hacia el subsuelo y, consecuentemente, hacia los mantos acuíferos.

b) La geohidrología local y regional: Esta comprende las zonas permeables e impermeables del subsuelo, la localización de los mantos acuíferos y la dirección del flujo subterráneo, si éste existe, así como la capacidad de infiltración y la capacidad de campo del suelo.

c) El clima: Por clima debemos entender aquellos factores climatológicos que afectan a la región; estos factores son: el régimen de precipitación pluvial y el de evapotranspiración, los vientos dominantes y las temperaturas que se presentan en el transcurso del año.

d) El diseño y la operación de sitios de disposición: La tecnología usada en el depósito del relleno también influye en el desarrollo de los procesos de

descomposición. La altura de las unidades, o bien, la altura o profundidad total del relleno, la tecnología de la compactación y la calidad del material de cubierta, influyen en el prevailecimiento de los factores ambientales. Por otra parte, es frecuente que en los confinamientos la operación sea incorrecta y no se atiendan las normas de operación que se tomaron en cuenta para el diseño, por lo que la generación de lixiviados varía la forma cuantitativa prevista.

e) El tipo de superficie de evaporación: Es un hecho que la evaporación depende de la superficie expuesta a la luz solar, por lo que las superficies planas ofrecerán un mayor espejo de agua, lo que redundará en una mayor evaporación y una menor Infiltración.

COMPOSICIÓN DE LIXIVIADO

Al filtrarse el agua a través de los residuos sólidos en descomposición, se lixivian en solución materiales biológicos y constituyentes químicos. En la siguiente tabla se presentan datos representativos sobre las características de los lixiviados en rellenos nuevos y antiguos (Vázquez, 2001).

Tabla 02: Datos típicos sobre la composición de los lixiviados.

Constituyente	Relleno sanitario nuevo (menos de 2 años)		Relleno sanitario antiguo (mayor de 10 años)
	Rango	Típico	
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	2,000 – 30,000	10,000	100 – 200
COT (Carbono orgánico total)	1,500 – 20,000	6,000	80 – 180
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	3,000 – 60,000	18,000	100 – 500
SST (Solidos suspendidos totales)	200 – 2,000	500	100 – 400
Nitrógeno orgánico	10 - 800	200	80 – 120
Nitrógeno amoniacal	10 - 800	200	20 – 40
Nitrato	5 – 40	25	5 – 10
Fosforo total	5 – 100	30	5 – 10
Ortofosfato	4 – 80	20	4 – 8
Alcalinidad como CaCO3	1,000 – 10,000	3,000	200-1,000
Ph	4.5 – 6.7	6	6.6 – 7.5
Dureza total como CaCO3	300 – 10,000	3,500	-
Calcio	200 – 3,000	1,000	100 – 400
Magnesio	50 – 1,500	250	50 – 200
Potasio	200-1,000	300	50-400
Sodio	200 – 2,500	500	100 – 200
Cloruros	200 – 3,000	500	100 – 400
Sulfatos	50 – 1,000	300	20 – 50
Hierro total	50 – 1,200	60	20 – 200

Fuente: Tomada de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Tchobanoglous G. 1994.

1.2.8 MARCO LEGAL

- **LEY N° 28611: “LEY GENERAL DEL AMBIENTE”**

Título Preliminar: DERECHOS Y PRINCIPIOS

Artículo I: Del Derecho y Deber Fundamental.

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. (www.minam.gob.pe).

- **LEY N° 29338: “LEY DE LOS RECURSOS HIDRICOS” Y SU REGLAMENTO - 2009**

Artículo 1.- Contenido

La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

Artículo 2.- Finalidad

La presente Ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a ésta.

Artículo 3.- Principios

Principio de sostenibilidad

El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran.

El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

Artículo 73.- Clasificación de los cuerpos de agua

Los cuerpos de agua pueden ser clasificados por la Autoridad Nacional teniendo en cuenta la cantidad y calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establezca.

Artículo 74.- Faja marginal

En los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. El Reglamento determina su extensión.

Artículo 75.- Protección del agua

La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables.

Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios.

La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.

El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua.

• DECRETO SUPREMO N° 015-2015-MINAM

Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

Artículo 2.- ECA para Agua y políticas públicas

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental.

3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes; dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente.

Artículo 4.- Excepción de aplicación de los ECA para Agua.

4.1. Las excepciones para la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para aguas previstas en el Artículo 7° de las disposiciones para su implementación aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM se aplican de forma independiente.

4.2. El supuesto previsto en el literal b) del citado Artículo 7° constituye una excepción de carácter temporal que es aplicable para efectos del monitoreo de calidad ambiental y en el seguimiento de las obligaciones asumidas por el titular de la actividad.

Artículo 5.- Revisión de los ECA para Agua.

5.1. Conjuntamente con los límites máximos permisibles aplicables a una actividad, las entidades de fiscalización ambiental verifican la eficiencia del tratamiento de efluentes y las características ambientales particulares advertidas en los estudios de línea de base, o los niveles de fondo que

caracterizan los cuerpos de agua dentro del área de influencia de la actividad sujeta a control.

5.2. Dicha información se sistematiza y remite al Ministerio del Ambiente, de conformidad con el artículo 9 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, para efectos de la revisión periódica del ECA para Agua.

Artículo 6.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso

Para la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso se observa los siguientes procedimientos:

Artículo 7.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Agricultura y Riego, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud y el Ministro del Ambiente.

• DISPOSICION COMPLEMENTARIA MODIFICATORIA

Única.- Modificación del artículo 2 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Modifíquese el artículo 2 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, de acuerdo a lo siguiente:

Artículo 2.- Precisiones de las categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, se tiene en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente. (...)

Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación

Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y que en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente. (...)

Categoría 2: Actividades de extracción y cultivo marino costero y continental.

Sub Categoría C1. Extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeras (...)

Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras (...)

Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como infraestructura marina portuaria, de actividades industriales y de servicios de saneamiento.

Sub Categoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas.

Entiéndase a los cuerpos de agua destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Subcategoría D1: Vegetales de tallo bajo y alto.

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo (tallo bajo), tales como plantas de ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares) y de plantas de porte arbustivo o arbóreo (tallo alto), tales como árboles forestales, frutales, entre otros.

Sub Categoría D2: Bebida de animales. (...)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas. (...).

Sub Categoría E1: Lagunas y lagos

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, de origen y estado natural y lentico incluyendo humedales.

Sub Categoría E2: Ríos (...).

Sub Categoría E3: Ecosistemas marino costeros (...)

Marino.- Entiéndase como zona del mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.”

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil quince (D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015).

Tabla 03: Parámetros y valores consolidados de los ECA (categoría 3 y 4).

CATEGORÍA 3

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDA DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS – QUÍMICOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Nitratos y Nitritos	mg/L	100	100
Nitritos($NO_2^- - N$)	mg/L	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial del Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ3	Δ3
INORGÁNICOS			
Cromo Total	mg/L	0.1	1
Plomo	mg/L	0.05	0.05
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes totales (35 – 37°C)	NMP/100ml	1000	5000
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	1000	1000
<i>Enterococos intestinales</i>	NMP/100ml	20	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	100	100

Fuente D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015.

(a) para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de Filtración Simple.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

CATEGORIA 4

		CATEGORIA 4				
PARAMETRO	UNIDA D	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	10	10	15	10
Fosforo total	mg/L	0.035	0.05	0.05	0.124	0.062
Nitratos (NO_3^-)	mg/L	13	13	13	200	200
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0	6.8 – 8-5	6.8 – 8-5
Solidos suspendidos totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 2$	$\Delta 2$
INORGÁNICOS						
Cromo VI	mg/L	0.011	0.011	0.011	0.05	0.05
Plomo	mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	0.0081	0.0081
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/10 0ml	1000	2000	2000	2000	2000

Fuente D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015.

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) Después de la filtración simple

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

NOTA GENERAL:

- Todos los parámetros que se norman para las diferentes categorías se encuentran en concentraciones totales, salvo se indique lo contrario

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerándola media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los límites de cuantificación y el límite de detección.

CAPITULO II

AREA DE ESTUDIO

2.4 UBICACIÓN.

2.4.1 POLÍTICA.

El presente estudio se realizó a lo largo del río Jaquira, desde su cabecera hasta su desembocadura donde se une con el río Cachona, que se ubica políticamente:

Región : Cusco
Provincia : Cusco
Distrito : Santiago
Comunidad : Jaquira
Río : Jaquira

Además, la cuenca del río Jaquira cuenta con los siguientes límites:

Norte : Distrito de Cusco
Sur : Distrito de Santiago
Este : Distrito de Ccorca
Oeste : Comunidad de Chocco

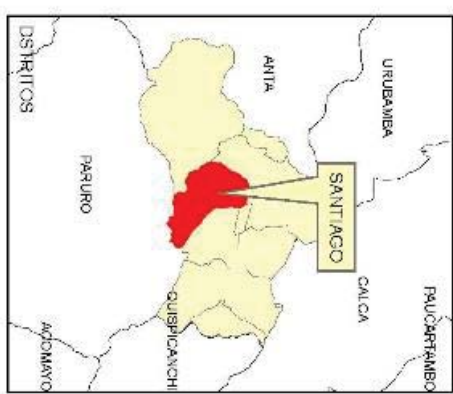
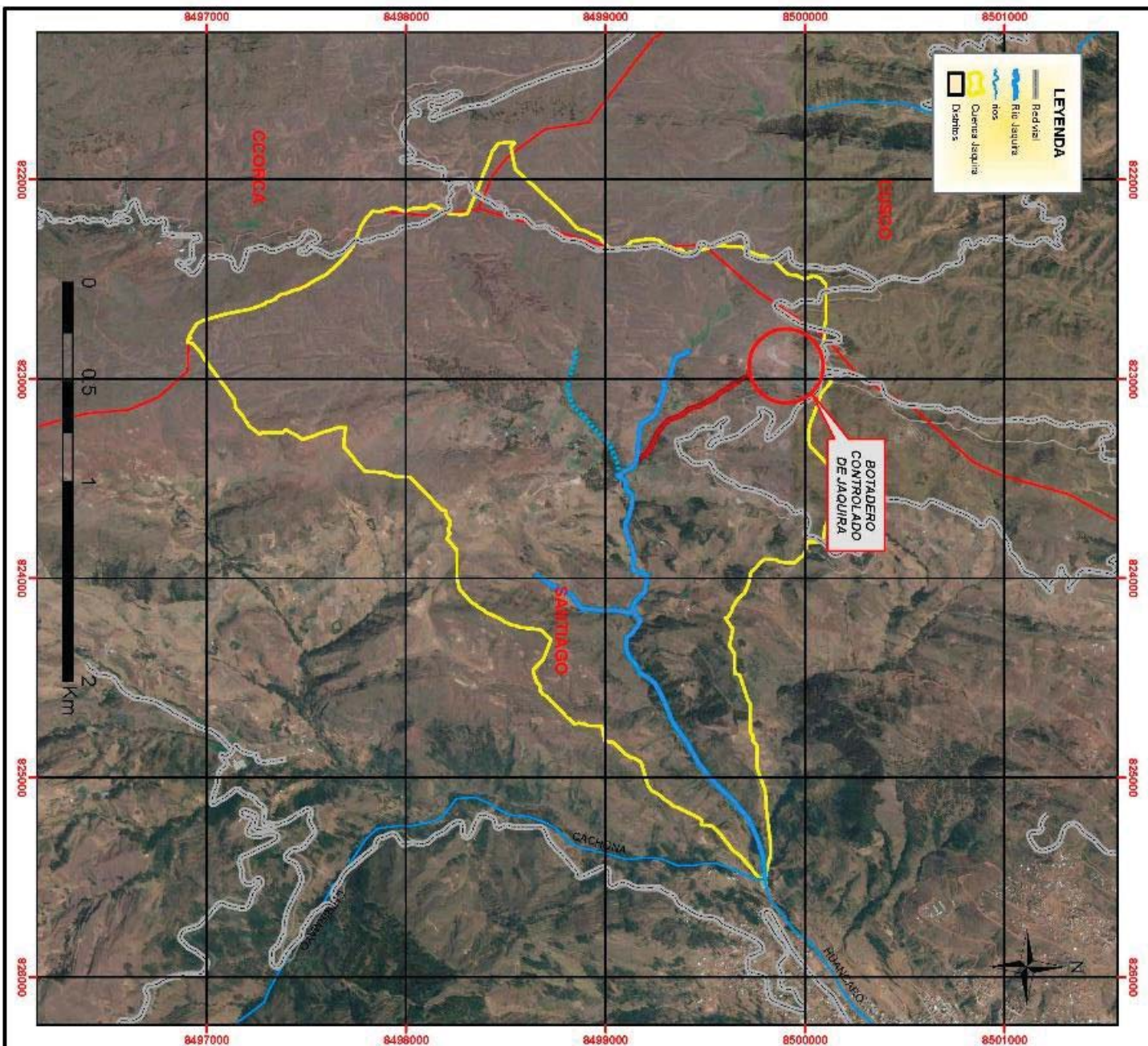
2.4.2 GEOGRÁFICA.


El río Jaquira se encuentra en la comunidad campesina de Jaquira y donde se ubica el botadero controlado del mismo nombre; ubicado al sur oeste (SW) de la ciudad del Cusco, a una altitud mínima de 3446 m.s.n.m. y máxima de 4050 m.s.n.m., cuyas coordenadas UTM WGS 84; 18 S Y 19 S son:

1(822944.35 E; 8500085.71 N)

2(823071.24 E; 8499313.53 N)

La longitud total del río Jaquira es de 3136.29 m.



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGIA		TESIS: VARIACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA Y BIOTA ACUATICA POR LA PRESENCIA DE LIXIVIADOS EN EL RIO DE JAQUIRÁ - CUSCO	
		AREA DE ESTUDIO	
UBICACION: Calle: SANTIAGO Telf: 052 201 400000 XPS: CUSCO		ESCALA: 1:20 000	
TITULO: BIOTA ACUATICA EN EL RIO DE JAQUIRÁ		FECHA: 2017	
AUTOR: PABLO BUSTAMANTE		MAPA N°: 01	

2.5 ACCESIBILIDAD.

Para llegar a la zona de estudio, se puede acceder por la carretera afirmada Cusco – Ccorca, está ubicada a 7.7 km de la ciudad del Cusco. También se puede ingresar por la parte baja hasta el cementerio de Huancaro con algunas empresas de transporte; donde el río Jaquira se une con el río Cachona.

2.6 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

2.6.1 GEOLOGÍA.

La zona del proyecto corresponde a depósitos coluviales, eluviales y aluviales, los primeros caracterizados por materiales transportados por gravedad, del hielo – deshielo frecuentemente asociados a masas inestables, con resistencia baja, los segundos son acumulaciones esencialmente finas de arcillas, limos y arenas, acumuladas sobre las laderas y formaciones rocosas pre-cuaternarias, a consecuencia de la intensa meteorización in situ los terceros caracterizados por ser transportados y depositados por el agua. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS.

El valle del Cusco tiene aproximadamente 32Km de largo, empieza en las cumbres de los montes Senca y Ulluchani a 4524 y 4437msnm respectivamente y termina en el punto de encuentro de los ríos Huatanay y Vilcanota. Se divide en dos hoyadas, la del Cusco y la de Oropesa. La primera, más ancha e importante, tiene 13.5Km de largo y se despliega entre el inicio del valle y el poblado de Angostura, en donde se estrecha para formar un callejón de 250m de ancho y 2km de largo y desembocar en la segunda hoyada; este tiene 15,5 km de largo y comprende desde el poblado de Angostura hasta la laguna Huatón, al final del valle en el sitio de Rumicolca, allí un cerco de piedra de manufactura incaica controlaba el ingreso al valle.

El valle está delimitado por dos sucesiones de montes que se alinean a uno y otro lado del cauce del Huatanay, entre los que resaltamos, por la ribera

derecha, el Senca, el Corcor, el Apuyavira, el Mama Simona, el Quilque, el Puquin, el Molle Orco, el Anahuarque, el Huanacaure, el Sacarra, el Mutuy y el Rumicolca, y, por la ribera izquierda, el Ulluchani, el Fortaleza, el Pucro, el Catunga, el Squeray, el Ccorao, el Picol, el Atasccasa, el Pachatusan, el Paniagua y el Piquillacta. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

La geomorfología de la provincia del Cusco es muy variada. Se observa la predominancia de las siguientes unidades geomorfológicas:

- Fondo de valle: Se presenta en la parte más baja de las cuencas de los ríos de Huatanay y Cachimayo, es la zona con mayor presencia de asentamientos en el distrito. Tiene una altura de 3285 a 3300 msnm y su superficie es relativamente plana.
- Laderas: Son áreas de difícil acceso, con pendientes de 45% aproximadamente, entre los 3300 y 3400msnm, en esta unidad geomorfológica encontramos principalmente los asentamientos de la margen izquierda.
- Mesetas: Son superficies caracterizadas por una topografía relativamente llana, cortada por quebradas que le dan un aspecto de lomadas disectadas, presentan una pendiente que varía entre 4 y 25%. Huaccoto y Ccorccopata son algunas de nuestras mesetas representativas. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

GEOLOGÍA LOCAL.

En el área evaluada se encuentran diversos afloramientos observados en el campo en el proceso de evaluación, se tienen las diferentes características litológicas de las unidades geológicas y depósitos cuaternarios y son:

Formación ausangate (KsP-au): Son una alternativa de Lutitas intercaladas con niveles de Areniscas rojas, esta unidad geológica se encuentra principalmente emplazada en la parte oeste del relleno sanitario. Esta formación tiene un rumbo de N 10° a 15°, buzamiento de Bz= NW y una

dirección de NE-SW, estos estratos casi verticales como se pudo observar en campo.

Formación quilque (KsP-qu): Están compuestos por unas alternancias de Lutitas, arcillitas, areniscas de color rojo con algunos microconglomerados. Esta formación se encuentra aflorando en la parte norte del botadero presentado un rumbo $Rb=N 08^\circ$, un buzamiento $Bz=20^\circ$ y tiene una dirección de NE-NW.

Cabe mencionar que de esta unidad litológica se está efectuando la forma material en préstamo para la realización del compactado en las diferentes plataformas del relleno sanitario.

Depósitos cuaternarios (Qh-al): Conformado principalmente por los depósitos aluviales. Estos depósitos están compuestos por gravas areno arcillosas, con limo, depositados en las laderas de la zona evaluada. Su potencia es escasa, se encuentran principalmente en las laderas del sector. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

2.6.2 GEOMORFOLOGIA.

2.6.2.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL.

Se han reconocido cuatro unidades geomorfológicas o morfo estructurales regionales: Cordillera oriental, zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental, Altiplano y borde NE de la cordillera occidental.

CORDILLERA ORIENTAL.

La cordillera oriental ocupa la parte noreste del cuadrángulo de Cusco. Presenta relieves relativamente ondulados con alturas que varían entre 4000 y 4500 msnm, donde las laderas que forman el flanco norte del río Vilcanota son accidentadas ya que esta última se halla entre 3300 y 3150m de altitud. En esta ladera destaca la presencia de quebradas transversales de dirección NE-SO con relieves igualmente accidentados.

Las alturas de los relieves son muy variables, así, en el límite con el altiplano son relativamente bajas y pueden alcanzar en promedio 3200 msnm, en cambio cuando limita con la zona intermedia altiplano cordillera oriental, el relieve es muy empinado. Las partes más elevadas alcanzan 4500msnm, destacando los cerros de Quimsa Cruz (4238mnsnm) al norte y de Acopia grande (4491msnm) al Sur. Sin embargo, en el cuadrángulo vecino de Ocongate (28-t) se encuentra el nevado de Ausangate que alcanza 6372msnm. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

Zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental: Anticlinal de Vilcanota

Es una franja alargada en dirección NO-SE que separa al altiplano sur, de la cordillera oriental al norte, en los cuadrantes I, III Y IV. En general, la franja es más delgada al sureste y más ancha al noroeste donde está representada por el anticlinal de Vilcanota.

Los sistemas de fallas son parte del sistema regional NO-SE Urcos – Sicuani - Ayaviri (Carlotto, 1998, 2006b) y sobre ellas se han emplazado una serie de pequeños cuerpos de volcánicos monogenéticos de edad pliocuaternaria y de composición shoshonítica como Rumicolca, Huambutio y Oropesa. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

Altiplano.

Gran parte del cuadrángulo de Cusco se localiza en la prolongación noreste del altiplano y corresponde a la terminación occidental de esta unidad que viene desde Bolivia. Limita al sur con el borde NE de la cordillera occidental y al noreste con la cordillera oriental mediante la zona intermedia altiplano cordillera oriental, caracterizada por el anticlinal de Vilcanota.

En el altiplano de Cusco se han distinguido las siguientes unidades locales: Depresión de Cusco Huacarpay, Meseta de Sacsayhuamán, Montañas del Cusco, Serranías de Vilcaconga, Montañas de

Ancaschaca, montañas Chinchay - Ichuloma y las montañas de Seratichin Orcco – Pumahuasi. En el cuadrante II se ha definido la meseta de Huacocha y la planicie de Pomacanchi, esta última al límite de la cordillera occidental. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

Borde NE de la cordillera occidental.

Esta localizado al SO de la ciudad del Cusco. Corresponde a una zona con relieves relativamente planos cuyas altitudes alcanzan 4000 msnm, con cumbres entre 4200 y 4300 msnm. Sin embargo la incisión de los ríos Velille y Apurímac le da a esta unidad una topografía accidentada. Destacan las montañas de Quepuro – tauca Orcco en dirección NNO-SSE y las montañas de Sihuina y Quintir, entre otras, que superan los 4000 msnm.

Todas estas montañas se han desarrollado sobre conglomerados de la formación Anta del ooceno superior – oligoceno inferior. El límite con el altiplano es bastante irregular ya que corresponde a cambios de dominios paleogeográficos, controlados por fallas regionales importantes como las de dirección NO-SE Cusibamba – Acomayo y NNO-SSE Huanquite – Accha. Estas fallas son parte del sistema Cusco - Lagunillas – Mañaso y controlan los principales sistemas de drenajes, por donde discurren los ríos Velille o parte del Apurímac.

Desde el punto de vista paleogeográfico corresponde al borde NE de la cuenca occidental mesozoica sur peruana. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

2.6.2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL.

El origen y las características del relieve de la zona del proyecto de debe a diversos episodios de modelamiento tectónico del levantamiento de la cadena de los Andes, así como también a procesos erosivos originando las diversas formas de paisajes, conformando así la geomorfología actual del terreno. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

2.6.3 HIDROLOGÍA.

En el Distrito de Santiago se han registrado un total de 3 manantes distribuidos en la comunidad campesina de Occopata y en terrenos del pedrio Churucalla Grande, el uso de las aguas de estos manantes está referido al uso para actividad pecuaria y para uso de la población.

Cuadro 04: Manantes identificados en el Distrito de Santiago.

N°	Manante	Ubicación	Coordenadas		Altitud
			Norte	Este	
1	Ccachicalla	Pedrio Churucalla Grande	829325	8494486	3929m.
2	Yanasancca	Pedrio Churucalla Grande	828834	8494138	3912m.
3	Ccorccocho	CC. Occopata	827892	8494358	3865m.

Fuente: Equipo Técnico-SGOT-MPC-Área de hidrología-PFOT-2012.

Se ha registrado ríos, quebradas, distribuidos en dos comunidades y en área urbana, pertenecen a la cuenca del río Vilcanota y a la Subcuenca del río Huatanay, todos estos ríos son de caudales permanentes.

El uso de las aguas de estos cuerpos de agua esta compartida principalmente tanto para la actividad pecuaria así como también para la actividad agrícola.

Cuadro 05: Ríos y quebradas en el Distrito de Santiago.

N°	RÍO	UBICACIÓN	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	DESCRIPCIÓN
1	Huancaro	Area Urbana	Río Vilcanota	Río Huatanay	Río Huancaro	Quebrada permanente
2	Cachona	CC. Cachona	Río Vilcanota	Río Huatanay	Río Huancaro	Quebrada permanente
3	Jaquira	CC. Jaquira	Río Vilcanota	Río Huatanay	Río Huancaro	Quebrada permanente
4	Canopy/C compi	CC. Cachona	Río Vilcanota	Río Huatanay	Río Huancaro	Quebrada permanente
5	Chocco	CC. Chocco	Río Vilcanota	Río Huatanay	Río Chocco	Quebrada permanente

Fuente: Equipo Técnico-SGOT-MPC-Área de hidrología-PFOT-2012.

2.6.3.1 HIDROGEOLOGÍA DE JAQUIRA.

Características hidrogeológicas de las rocas.

Es importante conocer las características hidrogeológicas de las rocas que constituyen el área y zona de influencia del relleno sanitario, para establecer bajo qué condiciones se producirá la percolación del agua de lixiviación en las rocas, y que zonas afectara la contaminación causada por estas aguas.

- **Porosidad.**

En el área del relleno sanitario afloran estratos de areniscas de grano fino, medio y grueso, areniscas arcósicas feldespáticas, estas rocas tienen porosidad primaria originada durante el proceso de diagénesis.

La permeabilidad de las areniscas está determinada por la porosidad secundaria producto del diaclasamiento. Los estratos de lutitas que alteran los estratos de areniscas son rocas carentes de porosidad.

Las areniscas de grano medio a fino son medianamente porosas por el tamaño y disposición de sus granos. Las lutitas son carentes de porosidad por ser rocas pelíticas.

La porosidad promedio de las rocas es de 4.45%, de todo este análisis se deduce que la opacidad de almacenamiento de las rocas es baja, por lo que el proceso de percolación del agua de lixiviación a través de la porosidad de las rocas será limitado. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006)

- **Permeabilidad.**

La permeabilidad de las rocas de la zona de estudio, está determinada por la porosidad primaria de las rocas areniscas y la porosidad secundaria o de fisuramiento en las formaciones geológicas Ausangate y Quilque, producidas por la tectónica continental. La permeabilidad promedio para estas rocas es de 0.001

m/día. Este valor de la permeabilidad de las rocas de relleno, está en relación de la porosidad efectiva de las rocas su transmisividad y sistema de fracturamiento de las formaciones geológicas. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

Nivel Freático.

Los acuíferos se originan por la capacidad de almacenamiento y transmisividad de las rocas, el agua de precipitación pluvial es almacenada en los poros de las rocas. Cuando las condiciones estructurales son favorables y la zona de recarga es amplia, se originan los acuíferos. En el área de estudio no existen condiciones estructurales favorables, observándose las siguientes características:

- El botadero controlado se encuentra en la divisoria de agua de precipitación pluvial.
- Su área de recarga es limitada.

La pendiente de la cuenca en su parte superior es de 13% causando el rápido drenaje del agua de precipitado pluvial.

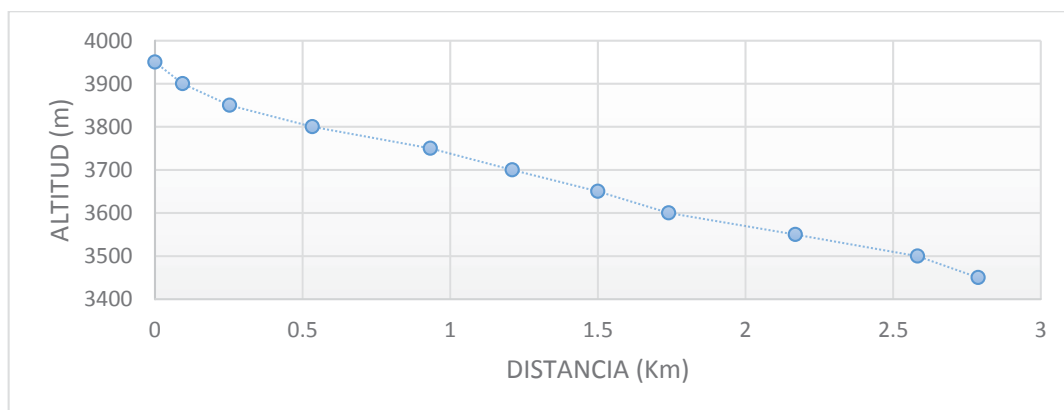
La ausencia del nivel freático en el área del relleno ha sido verificada en la evaluación de campo y en la excavación de más de 10m de donde se extrae el material de préstamo para compactar los residuos sólidos. Durante el periodo de precipitación pluvial es inevitable el incremento del agua de lixiviación en el área del relleno sanitario, este será derivado a los reservorios de lixiviados y de bombeo, ubicado en la zona baja del relleno sanitario. (Municipalidad Provincial del Cusco, 2006).

2.6.3.2 PERFIL DEL RÍO JAQUIRA.

EL río Jaquira tiene una longitud de 3.136.29m, presenta un perfil completo debido a que tiene tres tipos de cursos, curso alto que comprende desde su nacimiento hasta la comunidad de Jaquira, curso

medio, curso bajo en su último tramo de recorrido hasta su desembocadura al río Cachona.

Figura 09: Perfil del río Jaquira.



Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos.

2.6.3.3 REGIMEN DEL RÍO.

Este río es de régimen irregular de tipo pluvial, su caudal varía considerablemente en diferentes épocas, en épocas de lluvias aumenta el caudal mientras que en la de secas el caudal disminuye.

2.6.4 CLIMA.

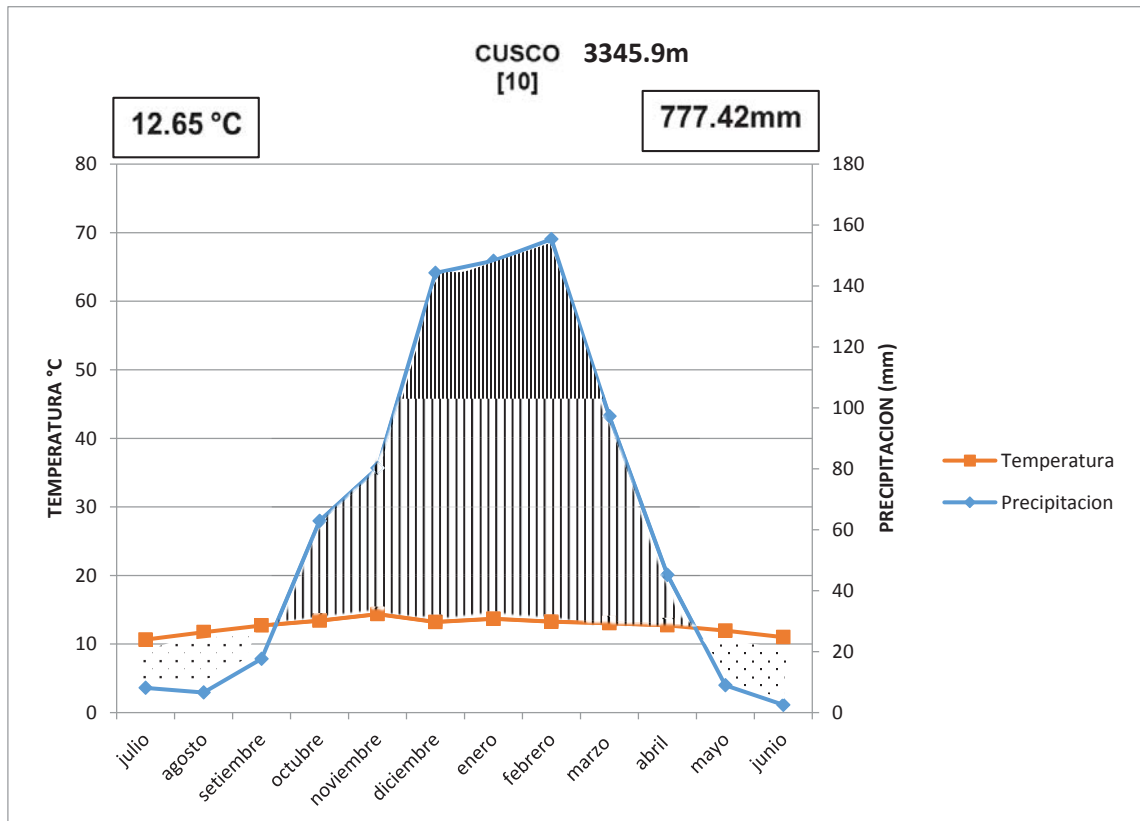
Por no existir una estación meteorológica en la zona de estudio, se utilizan datos que proporciona la Estación Meteorológica de Perayoc perteneciente a la UNSAAC, para la elaboración del respectivo climatodiagrama.

Tabla 04: Datos climáticos estación meteorológica de Perayoc – UNSAAC (2007- 2016).

MESES	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)
JULIO	10.64	8.13
AGOSTO	11.73	6.6
SETIEMBRE	12.72	17.65
OCTUBRE	13.40	62.91
NOVIEMBRE	14.37	80.27
DICIEMBRE	13.21	144.29
ENERO	13.68	148.25
FEBRERO	13.25	155.36
MARZO	13.03	97.25
ABRIL	12.73	45.21
MAYO	11.95	8.96
JUNIO	11.01	2.54
PROMEDIO	12.65	---
TOTAL ANUAL	---	777.42

Fuente: Estación meteorológica de Perayoc -UNSAAC (2017).

Figura 10: Climatodiagrama de la estación meteorológica de Perayoc (2007-2016).



Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos de la tabla 04.

Como se observa en el climatodiagrama, noviembre registra la temperatura más alta siendo de 14.37°C mientras que la temperatura mínima se registró en julio con 10.64°C, siendo la temperatura promedio mensual 12.65°C. Se observa que la temporada de lluvias se produce de diciembre a marzo con una precipitación media anual de 777.42 mm. Mientras que entre mayo a setiembre se observa la ausencia de precipitación pluvial por una temporada prolongada. Diciembre, enero y febrero son los únicos meses que supera los 100 mm.

2.6.5 ECOLOGIA.

2.6.5.1 ZONAS DE VIDA.

Presenta dos zonas de vidas bien diferenciadas que determina el tipo de vegetación por las condiciones climáticas y edafológicas.

La zona de vida ha sido determinada sobre la base del sistema de clasificación de zonas de vida según Holdridge, sistema usualmente empleado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), en la que se interrelacionan las características de vegetación y clima (altitud, biotemperatura, humedad y precipitación) de acuerdo al mapa ecológico del Perú.

Para el área de estudio se han identificado las siguientes zonas de vida:

- **Bosque húmedo Montano Subtropical (bh-MS).**

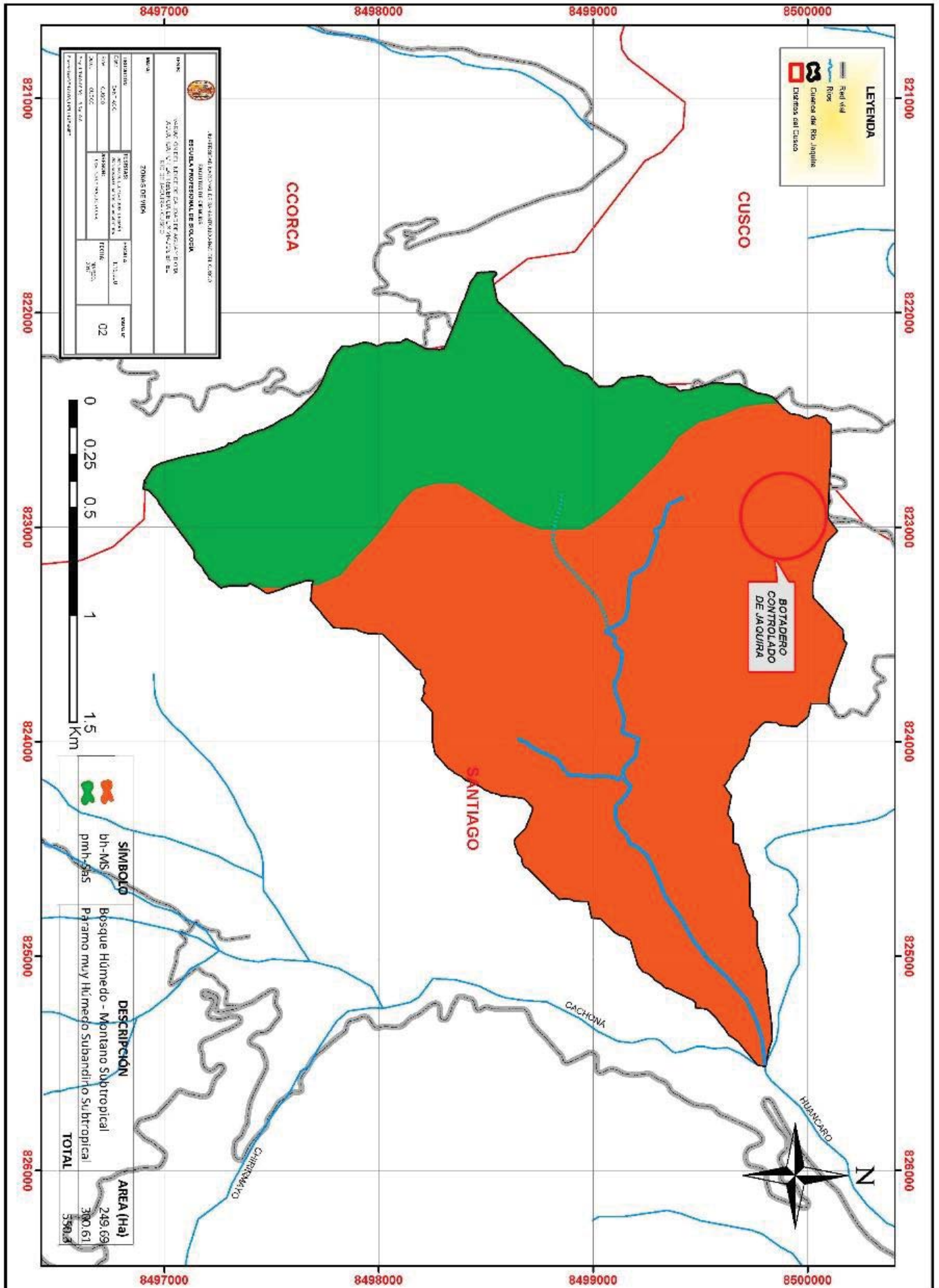
Altitudinalmente varía entre los 2800 y 3800 m de altitud. La parte alta de esta zona de vida está constituida principalmente por áreas agrícolas, presencia de pastizales y escasa vegetación arbustiva, a diferencia que en las zonas cercanas al cauce del cuerpo de agua, se tiene la presencia de Chillka (*Baccharis latifolia*, *B. odorata*), Q'euña (*Polilepis racemosa*) y Chacchacomo (*Escalonia resinosa*).

La agricultura es de secano, siendo los cultivos más importantes la papa, trigo, cebada, haba; se observa ganadería vacuna y ovina.

- **Paramo muy Húmedo Subandino Subtropical (pmh-SS).**

Esta zona de vida ocupa partes orientales de los andes en sus porciones norte, centro y sur entre los 3900 y 4500 m de altitud.

La biotemperatura media anual máxima es de 6.9°C y la media anual mínima de 4.6°C el promedio máximo de precipitación total por año es de 1,088.5mm. El escenario edáfico está conformado por suelos relativamente profundos de textura media, la vegetación presente en esta zona de vida es *Stipa calamagrostis*, *Calamagrostis spp*, *Festuca ortofila*, *F. dolicofila*, *Lupinus aridules*.



2.6.5.2 FLORA.

Los bosques son un hábitat básico para gran parte de la fauna del mundo; los árboles, aisladamente, los bosques proporcionan alimento y protección contra las inclemencias del tiempo y de otros animales. La relación entre el bosque y la vida silvestre es tan estrecha y tan compleja, que es poco lo que se puede hacer a un bosque de manera que no afecte a alguna forma de vida silvestre (Andrade y Sotomayor, 2011).

Entre las especies más representativas de la zona se tiene:

Árboles nativos como el Chachacomo (*Scallonia resinosa*), Queuña (*Polylepis incana*, *Polylepis racemosa*). Árboles introducidos como el Capuli (*Prunus serotina*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Ciprés (*Cupressus macrocarpa*), Pino (*Pinus radiata*). Entre los arbustos se tiene la Chillca (*Baccharis sp.*), Markú (*Ambrosia arborescens*), Llaulli (*Barnadesia horrida*), Pacpa (*Agave coordillerensis*), Ayac zapatilla (*Calceolaria sp.*), Mut'uy (*Senna birrostris*), Jusk'a (*Astragalus garbancillo*), Roque (*Colletia spinosissima*), Cheqche (*Berberis boliviana*), Muña (*Minthostachys setosa*), Q'antu (*Cantua buxifolia*) y como especies cultivadas se tiene Maíz (*Zea mays*), Papa (*Solanum tuberosum*), Olluco (*Ollucus tuberosus*), Tarwi (*Lupinus mutabilis*), Haba (*Vicia faba*), y Cebada (*Hodeum vulgare*), entre otros (Cairo, 2013).

2.6.5.3 FAUNA.

Entre las especies más representativas de la zona se tiene:

Puma (*Felix concolor*), Zorro (*Pseudolapex culpaeus*), Taruca (*Hippocamelus antinensis*), Vizcachas (*Lagidium peruvianun*), Gorrión (*Zonotrichia capensis*), Chihuaco (*Turdus chiguanco*), K'ente (*Colibri coruscans*), Paloma (*Columba fasciata*), K'illichó (*Falco sparverius*), Hálcon (*Falco peregrinus*), Cóndor (*Vultur gryphus*) y Tórtolas (*Zenaida auriculata*) (Cairo, 2013).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

4.1 MATERIALES.

4.1.1 BIOLÓGICOS.

- Macroinvertebrados
- Fitoplancton

4.1.2 DE CAMPO.

- Libreta de campo
- Lápiz, lapiceros
- Plumones indelebles
- Cutter
- Cinta de embalar y Cinta masking tape
- Tijera
- Botas musleras
- Solución de formol al 5%
- Mascarillas de protección
- Guantes de protección
- Cámara fotográfica
- Frascos de muestreo de 3000 ml
- Botellas de plástico de 1000ml
- Frascos de vidrio esteriles de 250 ml
- Cooler de monitoreo de 53 L
- Receptor GPS
- Termómetro
- Bandeja
- Red Surber
- Alcohol de 70°
- Malla fitoplantónica
- Frascos de vidrio de 50 ml
- Cronometro
- Boyas

- Estacas
- Rafia
- Wincha
- Balde de 5 litros
- Sobres de papel
- Ácido Nítrico concentrado 1N

4.1.3 DE LABORATORIO

- Guantes descartables
- Mandil
- Estereoscopio
- Microscopio óptico
- Alcohol de 90°
- Pinzas
- Estiletes
- Placas Petri
- Laminas portaobjetos
- Laminas cubreobjetos
- Tubos con tapa rosca
- Gradillas

4.1.4 DE GABINETE.

- Material de escritorio
- Claves de identificación para macroinvertebrados (Fernández y Domínguez, 2001) y (Huamantínco, 2015)
- Clave de identificación para algas de (Bourrelly, 1968) y (Bourrelly, 1972)
- Estandares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua según el Decreto Supremo N° 015- 2015 – MINAM.
- Mapas y carta nacional
- Microscopio Digital portátil 40x a 800x Leds – Neo digital

4.2 METODOLOGÍA.

4.2.1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO.

Para la selección de las estaciones de muestreo se procedió a una inspección del río Jaquira desde la parte alta, parte media y la parte baja así como la inspección de un tributario que servirá para el análisis comparativo; con la ayuda de un mapa 1:25000 se establecieron estaciones de muestreo a lo largo del río; seleccionando 7 estaciones que fueron elegidos considerando las características de la biota y la aplicabilidad de la metodología utilizada; usando GPS se determinó que las estaciones están ubicados en el siguiente tabla:

Tabla 05: Determinación de las estaciones de muestreo.

ESTACIÓN	COORDENADAS UTM		ALTITUD m	DESCRIPCIÓN
	E	N		
Lixiviado	822977	8899750	3949	Se ubica en el segundo pozo de lixiviados que presenta el botadero controlado de Jaquira donde se obtuvieron muestras propias de lixiviados.
Tributario	824152	8499010	3757	Este punto pertenece a un tributario del río jaquira, presentan aguas sin lixiviados (blanco).Esta estacion se encuentra presente en ambas épocas del año.
RÍO JAQUIRA				
1	823119	8499260	3842	Punto de referencia (blanco), se ubica en la naciente del río para la comparación, antes de la unión con los lixiviados donde la población se dedica a las actividades como la agricultura y ganadería.
2	823776	8499110	3792	Ubicado en la intersección del punto 1 con los lixiviados.
3	824443	8499160	3754	La intersección del tributario con el río Jaquira.
4	175480	8499450	3561	Pertenece a las aguas del río Jaquira.
5	176036	8499810	3446	Ubicado en la intersección del río Cachona con el río Jaquira estas aguas son usadas para uso recreativo, ganadería y también uso doméstico (lavado de ropa).

FRECUENCIA DE MUESTREO.

Tabla 06: Frecuencias de muestreos en ambas épocas del año.

Parámetros	Número de muestreos.				Total de muestreos
	Epoca de secas		Epoca de lluvias		
	Primer muestreo MAYO	Segundo muestreo JULIO	Primer muestreo NOVIEMBRE	Segundo muestreo FEBRERO	
Físico y químico	07	07	07	07	28
Bacteriológico	--	07	--	07	14
Metales pesados	07	07	07	07	28
total	14	21	14	21	70

4.2.2 ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO, BACTERIOLOGICO Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA.

4.2.2.1 MEDICIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO JAQUIRA.

Se realizó con la medida de la profundidad media, que se determina utilizando una varilla metrada a intervalos regulares dentro de la sección elegida y el ancho promedio, la velocidad promedio del río se halló repitiendo en cada punto de muestreo mediante el procedimiento antes mencionado.

$$Q=Wdav$$

Dónde:

Q: Tasa en m³/s ó L/s

W: Ancho promedio

d: Profundidad promedio

v: Velocidad

a: Factor de corrección, constante 0.85 (resistencia de las paredes del caudal).

(Leiva, 2004).

4.2.2.2 ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA.

A. Toma de muestra.

La técnica de muestreo, recomendada en las normas por EPA (Standard Methods de la Environmental Protection Agency) y el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales de la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA.

- Los frascos se rotularon adecuadamente con fecha, hora y descripción de la estación de muestreo para su traslado a laboratorio.
- Antes del llenado, el frasco de muestra se debe enjuagar varias veces con la misma agua.

- Se debe cuidar que la muestra sea verdaderamente representativa.
- Para la toma de muestra de agua se evitó las áreas de turbulencia excesiva, se consideró una profundidad de 20 cm y se realizó en dirección opuesta al flujo del río.
- Para este proceso se utilizaron frascos de plástico de cierre hermético, limpios y de 1 litros de capacidad.
- Se debe llenar completamente al recipiente y cerrar herméticamente.
- Para el caso de la temperatura se evaluó directamente en campo con un termómetro.
- Para el caso del OD se tomaron las muestras en frascos de 250 a 300 ml de capacidad; para el traslado al laboratorio primero se debe fijar las muestras añadiendo lo siguiente:
 - ✓ Primero se agregó 2 ml de $MnSO_4$ (Sulfato Manganoso)
 - ✓ En seguida 2 ml de solución Yoduro alcalino, seguidamente se mezcló sujetando la tapa con un dedo haciendo movimientos de semi giro.
 - ✓ Se agregó 2 ml de H_2SO_4 concentrado. Con otra pipeta, siempre por debajo del nivel de la muestra y pegado a la pared.
- Para la DBO se usaron frascos de 250 a 300 ml color caramelo.
- Las muestras fueron llevados al laboratorio particular MC QUIMICALAB del Ing. Químico Mario Cumpa Cayuri.

B. Parámetros Físico, Químicos.

Para evaluar las condiciones del medio acuático, se requirió conocer su comportamiento en cada una de las variables que definen su calidad. Se distingue entre parámetros físicos y químicos.

Tabla 07: Metodología usada para cada parámetro.

PARÁMETRO	METODOLOGÍA
Temperatura	Registro directo con termómetro.
Turbidez	Método Nefelómetro.
Sólidos totales	Método gravimétrico.
Oxígeno disuelto (OD)	Método Winkler modificado.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Método Winkler modificado por Alsterbery.
pH	Método potenciométrico.
Nitratos	Método espectrométrico ultravioleta selectivo.
Fosfatos	Colorimetría molibdato de amonio (WHO).

Fuente: (APHA, AWWA Y WPCF), 2005.

4.2.2.3 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA.

A. Toma de muestra

El objetivo de la toma de muestra es la obtención de una porción de agua cuyo volumen sea adecuado para que pueda ser transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio, sin que por ello deje de representar con exactitud a la fuente de agua del cual procede. La metodología empleada se basó en las técnicas de muestreo, recomendadas en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales de la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA - 2007.

La toma de muestra se desarrolló en las estaciones pre establecidas como se detalla a continuación:

- La toma de muestra bacteriológica se realizó a una profundidad de 20 a 30 cm, en dirección opuesta al flujo del río. Los frascos para las muestras deben ser de vidrio y esterilizados, no deben ser sometidos a enjuague, la toma de muestra es directa dejando un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo.
- Las muestras se tomaron en cada estación de muestreo seleccionado durante el trabajo de campo; los frascos con las

muestras se rotularon adecuadamente con fecha, hora y descripción de la estación de muestreo para su traslado a laboratorio.

- Los muestreos se evaluaron considerando época de secas y época de lluvias un muestreo para ambos casos abarcando los meses de mayo a febrero.
- Las muestras fueron trasladadas en cooler que contenían bolsas de gel, para preservarlas.
- Las muestras fueron llevados y analizados en el Laboratorio Microbiológico LAB BIOTEC de la Blga. Nora Emma Ugarte Bustinza.

B. Parámetro bacteriológico.

Tabla 08: Parámetro bacteriológico.

Parámetro	Metodología
Coliformes fecales	Método de tubos múltiples y el cálculo de ufc/100 ml.

Fuente: Norma Técnica Peruana, 2002.

4.2.2.4 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA.

A. Toma de muestra

Para determinar metales pesados, se utilizó frascos de plástico con cierre hermético, limpios de 3 litros de capacidad, los cuales estuvieron con 3.0 ml. de Ácido Nítrico 1N. Se abrió el envase y sumergió a unos 20 cm por debajo de la superficie y luego se preservó.

Las muestras fueron tomadas en 07 estaciones de muestreo representativos seleccionados durante el trabajo de campo; los cuales fueron considerados de acuerdo a su grado de importancia.

Los frascos de las muestras se rotularon y preservaron debidamente de acuerdo a los métodos estándares, hasta su traslado y procesamiento en el laboratorio correspondiente.

B. Metales Pesados.

Tabla 09: Metodología usada para los metales pesados.

Metal Pesado	Metodología
Plomo	Método Ditzona Plomo (Pb) espectrometría de absorción atómica.
Cromo	Método colorimétrico de Difenil Carbazida Cromo (Cr).

Fuente: (Walton, 1978).

Método Ditzona Plomo (Pb) espectrometría de absorción atómica

Procedimiento:

a) Con digestión de la muestra: Añádase a una muestra digerida que no contenga más de 1 ml de ácido conc. 20 ml de HNO₃ (1 + 4) y fíltrese con papel de filtro sin plomo y con un embudo filtrante directamente a un embudo de separación de 250 ml. Aclárese el vaso de digestión con 50 ml de agua y añádase al filtro. Añádase 50 ml de solución amoniacal de citrato – cianuro, mézclese y enfríese a

temperatura ambiente. Añádanse 10 ml de solución de ditizona de trabajo, sacúdase vigorosamente durante 30 segundos el embudo tapado y dejése que se separen las capas. Insértese algodón carente de plomo en el vástago del embudo de separación y saquése la capa inferior. Mídase la absorbancia del extracto a 510 nm, utilizando una solución de ditizona de trabajo según el aparato 3g, para poner el espectómetro en cero.

b) Sin digestión de la muestra: Trasbase 100 ml de muestra acidulada (pH 2), en un embudo de separación de 250 ml, 20 ml de HNO₃ 1 + 4 y 50 ml, de solución reductora de citrato – cianuro; mézclese. Añadanse 10 ml de solución de ditizona de trabajo.

c) Curva de calibración: Trácese la gráfica de la concentración de al menos cinco patrones y un blanco en función de la absorbancia. Determínese la concentración de plomo en el extracto a partir de la curva. Todas la concentración son ug Pb/10 ml de extracto final.

d) Eliminación de interferencias de excesos: Los ditizonatos de bismuto, estaño y talio difieren del ditizonato de plomo en la absorbancia máxima. Detéctese su presencia midiendo la absorbancia de la muestra a 510 nm y a 465 nm. Calcúlese la absorbancia de la muestra corregida a cada longitud de onda respetando la absorbancia del blanco a la misma longitud de onda. Calcúlese la relación de absorbancia corregida a 510 nm a absorbancia corregida a 465 nm. La relación de absorbancias corregidas para ditizonato es 2.08 y para ditizonato de bismuto es 1,07. Si la relación para la muestra indica interferencia, es decir, si es marcadamente menor que 2.08, procédase como sigue con una nueva muestra de 100 ml; si la muestra no ha sido digerida, añádanse 5 ml de solución de Na₂SO₃ para reducir el conservante de yodo. Ajustese el pH de la muestra a 2.5 utilizando un pHmetro y HNO₃ (1 + 4) o NH₄OH (1 + 9) según se necesite. Pásese la muestra a un embudo de separación de 250 ml, extraígase con un mínimo de tres porciones de 10ml de solución de ditizona especial, o hasta que la capa de CHCl₃ sea claramente verde. Extraígase con porciones

de 20 ml de CHCl_3 para eliminar la ditizona (ausencia de verde). Añádanse 20 ml de HNO_3 (1 + 4). 50 ml de solución reductora de citrato – cianura y 10 ml de solución de ditizona y mídase la absorbancia.

$$\text{Cálculos: } mg \text{ Pb/L} = \frac{\mu\delta \text{ Pb (en 10 ml a partir de la curva de calibración)}}{ml \text{ de la muestra}}$$

(Walton, 1978).

Metodo colorimétrico de Difenil Carbazida Cromo (Cr)

Procedimiento:

a) Preparación de la curva de calibración: Para compensar posibles pérdidas ligeras de cromo durante la digestión u otras operaciones analíticas trátense los patrones de cromo por el mismo procedimiento que la muestra. Para ello llévase con la pipeta volúmenes medidos de solución de cromo patrón (5ug/ml) que varían entre 2.00 y 20.0 ml, para obtener patrones de 10 a 100 ug Cr, vasos o matraces Erlenmeyer de 250 ml según el tratamiento previo empleado en el sistema, procédase con el subsiguiente tratamiento de patrones como si fueran muestras realizándose el tratamiento de cupferron de los patrones si ha sido requerido para las muestras.

Desarróllese el color como en el caso de las muestras, pasese una porción adecuada de cada solución coloreada a una célula de absorción de 1 cm y mídase la absorbancia a 540 nm. Utilícese agua destilada como referencia. Corrijanse las lecturas de absorbancia de los patrones restando la absorbancia de un blanco de reactivo que ha sido trabajado con el mismo método. Trácese una curva de calibración llevando valores de absorbancia corregidos frente a microgramos de cromo.

b) Eliminación de molibdeno, vanadio, hierro y cobre con cupferron: Llévase con la pipeta una porción de muestra digerida que contenga entre 10 y 100 ug Cr a un embudo de separación de 125 ml. Dilúyase a aproximadamente 40 ml con agua destilada y enfríese en baño de hielo. Añádanse 5 ml de solución de cupferron

enfriada con hielo, sacúdase bien y déjese reposar en el baño de hielo durante 1 minuto. Extraígate en el embudo separador con tres porciones sucesivas de 5 ml de CHCl_3 ; sacúdase cuidadosamente cada porción con la solución acuosa, déjense separar las capas y retírese y descártese el extracto de CHCl_3 pásese la solución acuosa extraída a un Erlenmeyer de 125 ml. Lavase el embudo de separación con una pequeña cantidad de agua destilada y añádase el agua del lavado al matraz. Llévase a ebullición durante aproximadamente 5 minutos para volatizar CHCl_3 , y el H_2SO_4 suficiente para que haya aproximadamente 3 ml. Hiérvase las muestras hasta la aparición de humos de SO_3 . Enfríese ligeramente añádanse cuidadosamente 5 ml de HNO_3 y llévase de nuevo a ebullición hasta el desprendimiento de humos para completar la descomposición de materia orgánica. Enfríense, lávense las paredes laterales del matraz y llévase otra vez a ebullición hasta desprendimiento de humos de SO_2 para eliminar todo el HNO_3 . Enfríese y añádanse 25 ml de agua.

c) Oxidación de cromo trivalente: Llévase con la pipeta a un Erlenmeyer de 125 ml una muestra digerida con o sin las interferencias eliminadas y que contenga entre 10 y 100 μg Cr. Empleando indicador naranja de metilo, añádase NH_4OH conc. Hasta que la solución sea justo básica al naranja de metilo. Añádase H_2SO_4 (1 + 1), gota a gota, hasta que se vuelva ácida, mas 1 ml (20 gotas) adicional. Ajustese el volumen a aproximadamente 40 ml, añádase un pedasito de plato poroso y caliéntese a ebullición. Añádanse dos gotas de solución de KMnO_4 para obtener un color rojo oscuro. Si se empalidece, añádase KMnO_4 , gota a gota, hasta mantener un exceso de aproximadamente dos gotas. Hiérvase 2 minutos más. Añádase 1 ml de solución de NaN_3 y continúese una suave ebullición. Si el color rojo no desaparece por completo después de una ebullición de aproximadamente 30 segundos. Añádase otro ml de solución de NaN_3 . Continúese la ebullición un

minuto mas después de desaparecido el color por completo, y enfríese a continuación. Añádanse 0.25 ml (5 gotas) de H₃PO₄.

d) Desarrollo del color y medidas: Utilícese H₂SO₄ 0,2 N y un pHmetro para ajustar la solución a pH (1.0 +- 0.3). Pásese la solución a un matraz volumétrico, dilúyase hasta 100 ml y mezclése. Añádanse 2.0 ml de solución de difenilcarbazida, mézclese y déjese reposar de 5 a 10 minutos para el total desarrollo de color. Pásese una porción apropiada a una célula de absorción de 1 cm y mídase su absorbancia a 540 nm. Utilícese agua destilada como referencia. Corríjase la lectura de la absorbancia restando la absorbancia de un blanco tratado con el mismo metodo. Determinense los microgramos de cromo presentes a partir de la absorbancia corregida por referencia a la curva de calibración.

Notas: Si la solución esta turbia después de dilución a 100 ml en el anterior apartado, tómese una lectura de absorbancia previa a la adición del reactivo carbazidasas y corrija la lectura de absorbancia de la solución coloreada final restando la absorbancia media previamente.

Cálculos:

$$mg \frac{Cr}{l} = \frac{\mu g Cr (en 102 ml de volumen final)}{A \times B} \times 100$$

Donde:

A: ml de muestra original

B: ml de procion de 100 ml de muestra diregida.

(Walton, 1978).

4.2.3 ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD BIÓTICA.

4.2.3.1 ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS.

METODO PARA LA CAPTURA DE MACROINVERTEBRADOS.

La colecta de las muestras se realizó de forma directa con el uso de una red surber. La recolección de los macroinvertebrados se realizó en los microhábitats observados (vegetación, sedimento y rocas sumergidas). Se realizó un arrastre con la red surber en los microhábitats identificados (Roldan, 1996). La muestra fue colocada en bandejas transparentes con agua y se recolectaron los macroinvertebrados con la ayuda de pinzas entomológicas. Estos fueron colocados en frascos rotulados con alcohol al 70%, para la identificación se utilizó un microscopio esteroscopio y claves de macroinvertebrados, la toma de fotos se realizó con un microscopio digital portátil NEO DIGITAL. Con un aumento de 40X a 800X leds.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE BIOTICO ANDINO – ABI.

Este índice se construye asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. En esta escala, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio.

Tabla 10: Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino (ABI).

ABI	Calidad de agua
> 96	Muy bueno
59 -96	Bueno
35 – 58	Regular
< 35	Malo

Fuente: Acosta *et al.* 2009.

4.2.3.2 ANÁLISIS DE FITOPLANCTON.

MÉTODO PARA LA COLECTA DE FITOPLANCTON.

El método de colecta fue de arrastre, con un balde de 5 litros lo cual se filtró el contenido a través de una red de plancton de 40 micras. El volumen filtrado fue transferido en un frasco de boca ancha y preservada en formol al 5%.

ANÁLISIS CUALITATIVO DEL FITOPLANCTON.

Después de ser colectadas y preservadas con formol, las muestras fueron centrifugadas 1000 rpm/1min, descartando el sobrenadante y de esta forma se utilizó el sedimento para la observación colocando 1ml de dicho sedimento en un porta objeto, con un microscopio CARL ZEIS - DOCUVAL con contraste interferencial, empleando los objetivos de 40x16 se procedió a la identificación, con la ayuda de claves dicotómicas y atlas de fitoplancton.

Para la toma de fotografías se adaptó una cámara web cam full HD al microscopio y a una laptop.

INDICE DE JACCARD.

Es un método cualitativo que expresa la semejanza entre dos muestras solo considerando la composición de especies.

Relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas.

Este índice se expresa de la siguiente manera:

$$ISj = \left[\frac{c}{1} \right] \frac{1}{2(A + B)100}$$

Donde:

ISj: Índice de semejanza de Jaccard.

a: Número de especies exclusivas de la comunidad A.

b: Número de especies exclusivas de la comunidad B.

c: Número de especies comunes para ambas épocas.

(kent y coker, 1992).

4.2.4 ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS, BACTERIOLÓGICO Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LOS LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE JAQUIRA.

A. Toma muestra

Para la toma de muestra de los lixiviados se usó la misma, que para los análisis físicos, químicos, bacteriológicos y metales pesados del agua del río Jaquira.

B. Parámetros evaluados de los lixiviados.

Tabla 11: Parámetros usados para los lixiviados.

PARÁMETRO	METODOLOGÍA
Temperatura	Registro directo con termómetro.
Turbidez	Método Nefelómetro.
Sólidos totales	Método gravimétrico.
Oxígeno disuelto (OD)	Método Winkler modificado.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Método Winkler modificado por Alsterbery.
pH	Método potenciométrico.
Nitratos	Método espectrométrico ultravioleta selectivo. Devarde
Fosfatos	Colorimetría molibdato de amonio (WHO).
Coliformes fecales	Método de tubos múltiples y el cálculo de ufc/100 ml.
Plomo	Método Ditzona Plomo (Pb) espectroetría de absorción atómica.
Cromo	Método colorimétrico de Difenil Carbazida Cromo (Cr).

Fuente: (APHA, AWWA Y WPCF, 2005), (Walton, 1978).

4.2.5 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) DEL RÍO JAQUIRA.

Para la interpretación del índice de calidad de agua se empleó el método propuesto por la Fundación Nacional de Sanidad (NSF) (Ott, 1981) en base a nueve parámetros (Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Temperatura, pH, Fosfatos, Nitratos, Sólidos totales, Turbidez y Coliformes fecales), cuyos resultados son transferidos a graficas que constituyen funciones de transformación a un valor determinado "Q", el cual fluctuara

entre 0 y 100%, este valor se multiplica por el factor de revisión establecido para cada parámetro. El índice de calidad de agua, es calculado efectuando una sumatoria de los valores totales de cada prueba.

$$NSF = \sum_{i=1}^9 Qi * Wi$$

Donde:

Qi: Calidad del iésimo parámetro, un número entre 0 y 100, obtenido del respectivo gráfico de calidad, en función de su concentración o medida.

Wi: Valor ponderado correspondiente al iésimo parámetro, atribuido en función de la importancia de ese parámetro para la conformación global de la calidad, un número entre 0 y 1. La sumatoria de valores wi es igual a 1, siendo i el número de parámetros que entran en el cálculo.

(Brown, 1970).

DETERMINACIÓN DEL “Wi” PARA CADA PARAMETRO.

Tabla 12: Pesos relativos para cada parámetro del ICA.

PARAMETRO	Wi
Temperatura (°C)	0.10
Turbidez (NTU)	0.08
Solidos Totales (mg/L.)	0.08
OD (% de saturación)	0.17
DBO (mg/L.)	0.10
pH	0.11
Nitratos (mg/L)	0.10
Fosfatos (mg/L.)	0.10
Coliformes fecales (UFC/100 ml.)	0.16

Fuente: Datos de la NSF 1970-1981.

DETERMINACIÓN DEL “Qi” PARA CADA PARAMETRO, CURVAS DE FUNCIÓN.

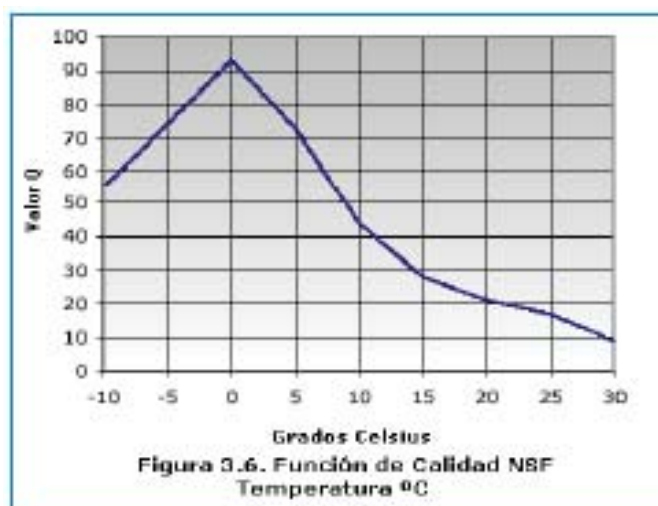
- **TEMPERATURA:**

Método Gráfico:

Para obtener el Qi de este parámetro, primero se debe calcular la diferencia entre la T° ambiente y la T° muestra. Una vez que se obtiene el

valor del diferencial de temperatura y este es mayor de 15°C el Qi es igual a 5. Si el valor obtenido es menor de 15°C, se busca el valor en el eje X y se procede a interceptar al valor en el eje de Y. El valor encontrado es el Qi de la temperatura.

Figura 11: Curva de función para la temperatura.

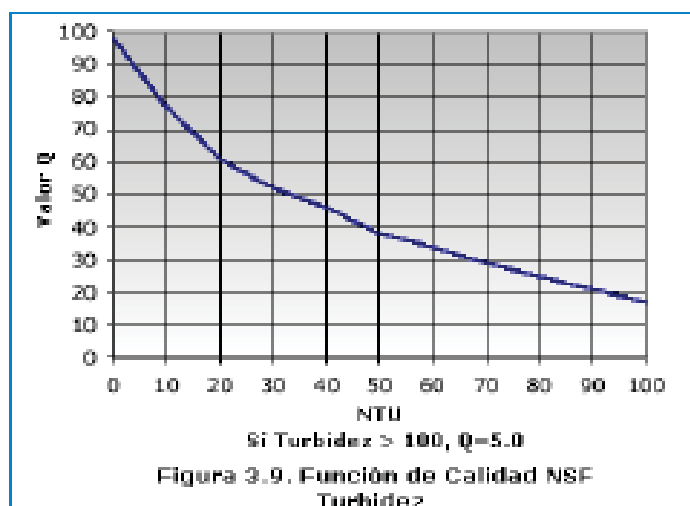


- **TURBIEDAD:**

Método Gráfico:

Si la turbidez es mayor de 100 (NTU) Unidades Nefelométrica, el Qi es igual 5. Si la turbidez es menor de 100 NTU, buscar el valor en el eje de X e interceptar en el eje Y el valor, lo obtenido es el Qi para este parámetro.

Figura 12: Curva de función para la turbidez.

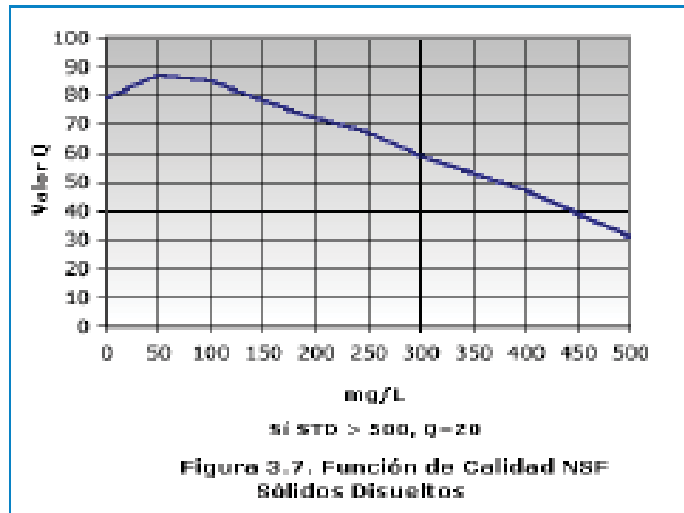


- **SÓLIDOS TOTALES:**

Método Gráfico:

Si los sólidos totales son mayores de 500 mg/L el Qi es igual a 20, si es menor, se busca el valor en el eje x e intercepta en el eje Y el valor de Qi, y este será el Qi para este parámetro.

Figura 13: Curva de función para los sólidos totales.



- **OXIGENO DISUELTO - OD:**

Método Gráfico:

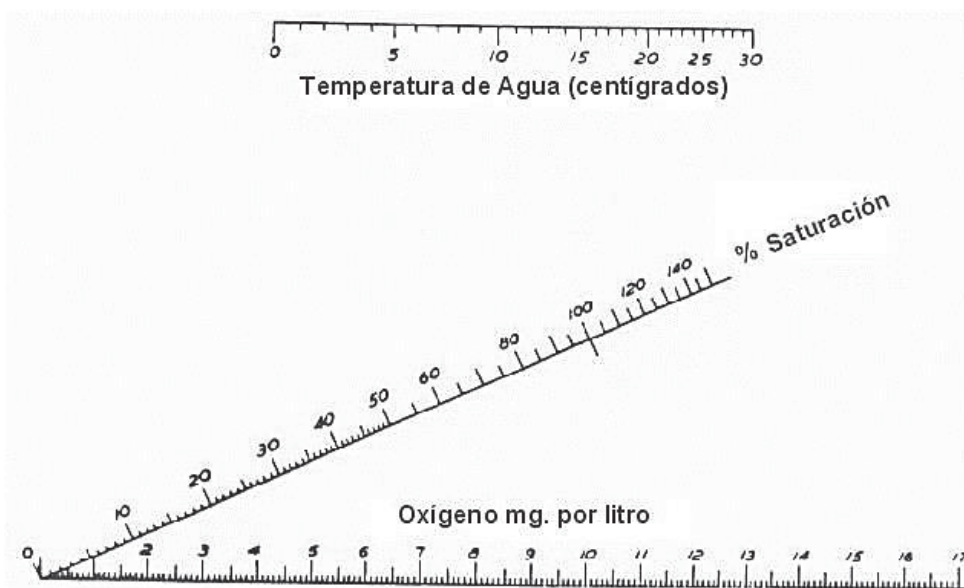
Si el % de saturación de OD es mayor de 140 % el Qi es igual a 50. Si el valor obtenido es menor de 140 % de saturación, buscar el valor en el eje de las X y se procede a interceptar al valor en el Y. El valor encontrado es el Qi para este parámetro y se procede (conforme a la fórmula), a multiplicarlo por su peso relativo asignado (w_i).

Tabla 13: Factores por los cuales hay que multiplicar los valores de oxígeno medidos de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar.

Altura m	Presión mm	Factor	Altura	Presión mm	Factor
0	760	1,00	2100	587	1,30
100	750	1,01	2200	580	1,31
200	741	1,03	2300	573	1,33
300	732	1,04	2400	565	1,34
400	723	1,05	2500	560	1,36
500	714	1,06	2600	555	1,37
600	705	1,08	2700	550	1,39
700	696	1,09	2800	545	1,41
800	687	1,11	2900	540	1,43
900	679	1,12	3000	535	1,45
1000	671	1,13	3100	530	1,46
1100	663	1,15	3200	525	1,47
1200	655	1,16	3300	520	1,51
1300	647	1,17	3400	515	1,54
1400	639	1,19	3500	510	1,56
1500	631	1,20	3600	505	1,58
1600	623	1,22	3700	500	1,61
1700	615	1,24	3800	495	1,63
1800	608	1,25	3900	490	1,65
1900	601	1,26	4000	485	1,68
2000	594	1,28	4100	480	1,71

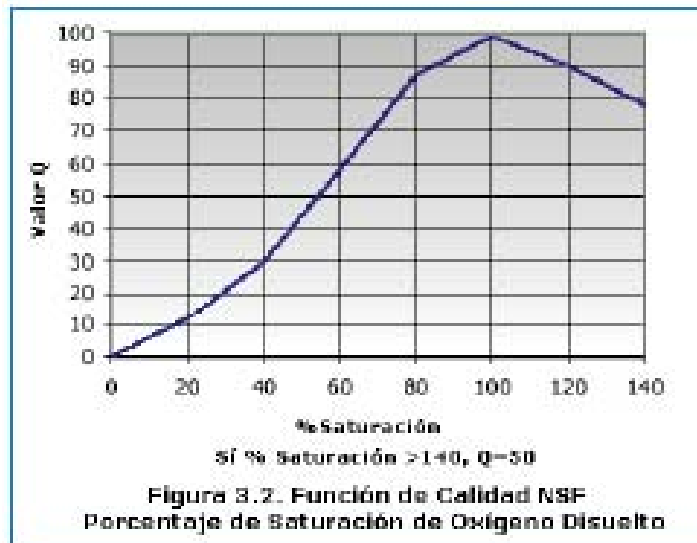
Fuente: Chevarría, 2011

Figura 14: Nivel de saturación de oxígeno disuelto.



Fuente: Mitchell, 1986.

Figura 15: Curva de función para el OD.

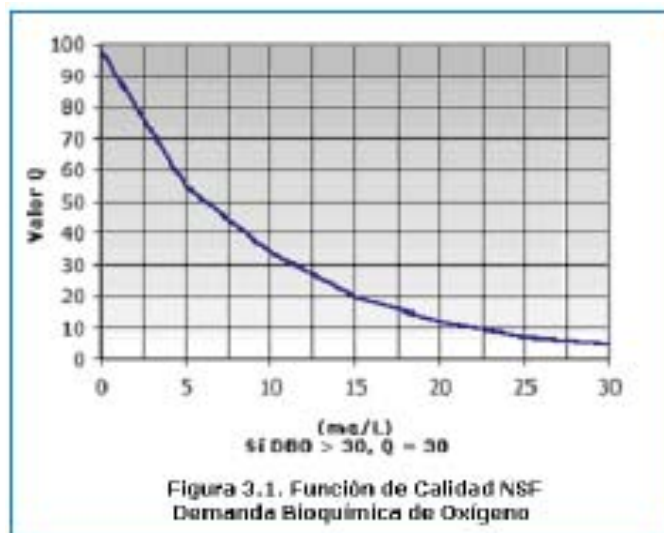


- **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO - DBO5:**

Método Gráfico:

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

Figura 16: Curva de función para DBO.

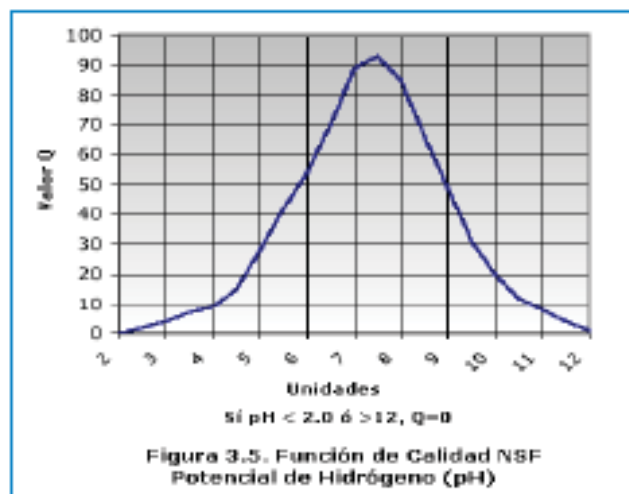


- pH:

Método Gráfico:

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

Figura 17: Curva de función para el pH.

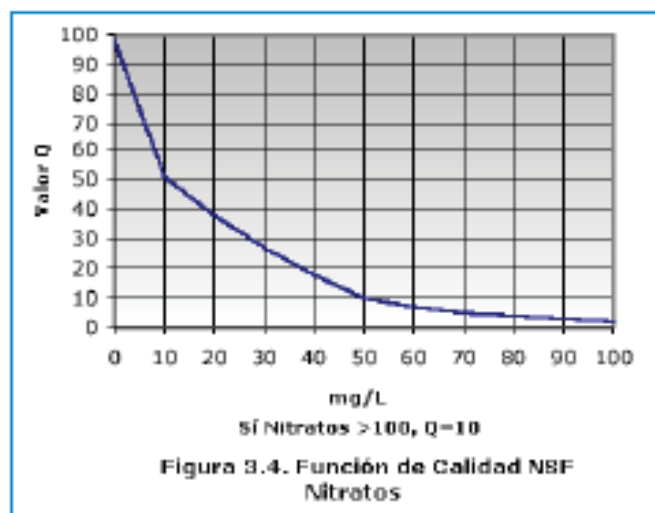


- NITRATOS:

Método Gráfico:

Si los nitratos son mayores de 100 mg/L el Qi es igual a 1. Si este no es el caso encontrar el valor en eje de X e interceptar en el eje Y el valor de Qi para este parámetro.

Figura 18: Curva de función para los nitratos.

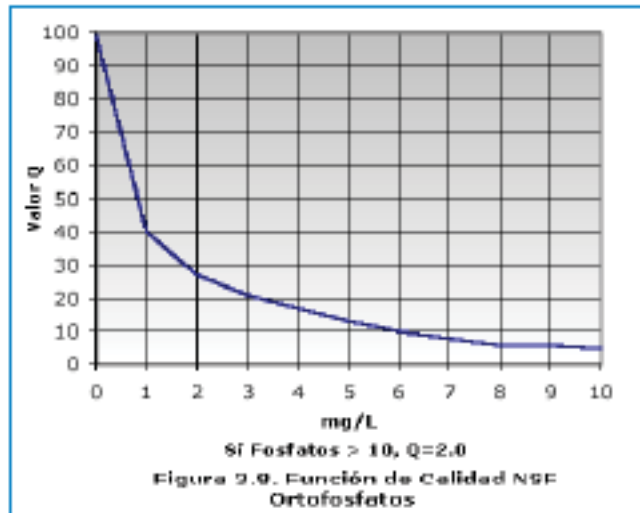


- **FOSFATOS:**

Método Gráfico:

Si los fosfatos son mayores de 10 mg/L el Qi es igual a 2. Si son menores de 10 mg/L buscar en el eje X e interceptar al valor en el eje Y. El valor encontrado es el Qi para este parámetro.

Figura 19: Curva de función para los fosfatos.



- **COLIFORMES FECALES:**

Método Gráfico:

Si los coliformes fecales son mayores de 100,000 UFC/L el Qi es igual a 3. Si el valor es menor de 100,000 UFC/L, buscar el valor en el eje X e interceptar al valor del eje Y. El valor obtenido es el Qi para este parámetro, se continúa con multiplicarlo con su valor asignado de Wi. (Anexo 2)

Figura 20: Curva de función para los coliformes fecales.

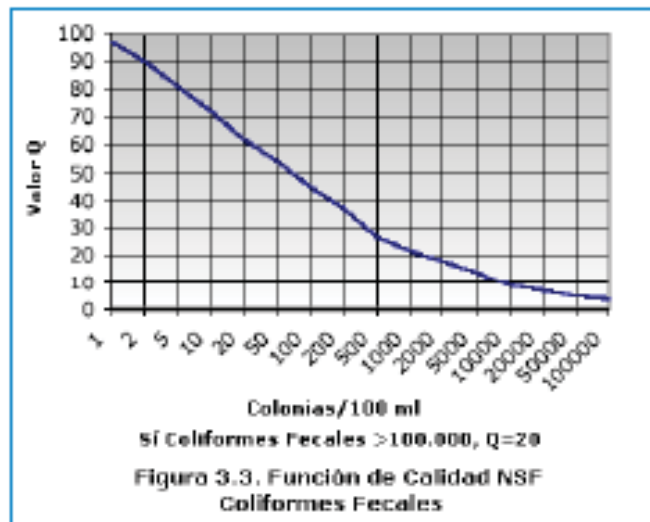


Tabla 14: Rangos de la calidad del agua.

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

Fuente: Ott WR. 1981.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.5 CARACTERISTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, BACTERIOLÓGICAS Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA.

4.5.1 CAUDAL DEL RÍO JAQUIRA.

Tabla 15: Caudal del río Jaquira en época de secas.

	PROMEDIO EPOCA DE SECAS				
	E1	E2	E3	E4	E5
CAUDAL (L/s)	9.97	11.99	12.63	24.64	32.19
PROMEDIO TOTAL	18.28 L/s				

Tabla 16: Caudal del río Jaquira en época de lluvias.

	PROMEDIO EPOCA DE LLUVIAS				
	E1	E2	E3	E4	E5
CAUDAL (L/s)	15.96	18.03	20.28	35.96	66.18
PROMEDIO TOTAL	31.28 L/s				

En general el caudal del río Jaquira, depende directamente de la época en que se realice el muestreo, es así que el caudal en época de secas dio un total de 18.28 L/s, y presenta un incremento en la época de lluvias con un valor de 31.28 L/s.

El incremento de precipitación genera remoción de los sedimentos, además de erosión de los suelos, que son la causa de mayor cantidad de sólidos totales, turbidez; este incremento disminuye la calidad de agua por consiguiente la disminución o ausencia de la biota acuática que viven en este cuerpo de agua. Esto se debe principalmente a que los sedimentos impiden el ingreso de la luz al cuerpo de agua por ende disminuye el proceso de fotosíntesis y por consiguiente la producción de oxígeno. Vargas (2013) en su trabajo realizado en el río Mayrasco sobre macroinvertebrados acuáticos menciona que el caudal varía en ambas épocas del año, por lo tanto influye mucho en la presencia de organismos acuáticos.

4.5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA.

Tabla 17: Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para la época de secas.

PARAMETRO	PROMEDIO EPOCA DE SECAS					PROMEDIO	Estación tributario	ECA (D.S N° 015 – 2015 - MINAN)			
	E1	E2	E3	E4	E5			SUB CATEGORIA D1 Riego de vegetales	SUB CATEGORIA D2 Bebida de animales	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4 conservacion del medio acuatico
TEMPERATURA ($\Delta T^{\circ}C$)	2.45	2.25	2.4	2.55	2.8	2.49	2.5	Δ 3	Δ 3	Δ 3	
TURBIDEZ (UNT)	50	>100	>100	>100	50	80	45	-	-	-	
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	450	1335	1430	1287.5	1125	1125.5	771	-	-	\leq 100	
OD (mg/L)	7.55	3.45	2.25	4.7	6.95	4.97	9	4(mg/L)	5(mg/L)	\geq 5	
DBO (mg/L)	10.5	71	41.5	44.5	16	36.7	12	15	15	10	
pH	7.55	7.55	7.4	7.55	7.55	7.52	7.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	6.5 a 9.0	
NITRATO (mg/L)	2.5	9.5	12.5	3.5	2	6	3	100	100	13	
FOSFATO (mg/L)	2	1.25	1.25	2.5	1.75	1.75	1.75	-	-	-	
COLIFORMES FECALES (ufc/ml)	3×10^2	4.0×10^5	5.0×10^3	7.3×10^4	8.1×10^4	$1,1096 \times 10^5$	8.0×10^5	-	-	-	

Tabla 18: Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para la época de lluvias.

PARAMETRO	PROMEDIO EPOCA DE LLUVIAS					PROMEDIO	Estación tributario	ECA (D.S N° 015 – 2015 - MINAN)			
	CATEGORIA 3							SUB CATEGORIA D1 Riego de vegetales	SUB CATEGORIA D1 Bebida de animales	CATEGORIA 4	
	E1	E2	E3	E4	E5					conservacion del medio acuatico	MINAN)
TEMPERATURA ($\Delta T^{\circ}C$)	2.85	2.35	2.15	2.35	2.65	2.47	2.1	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$	
TURBIDEZ (UNT)	20	60	50	>100	50	56	20	-	-	-	
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	367	1345	845	1975	1777.5	1261.9	525	-	-	≤ 100	
OD (mg/L)	4.5	3	3.25	0.5	2	2.65	4	4(mg/L)	5(mg/L)	≥ 5	
DBO (mg/L)	6	45	35	450	35	114.2	5.5	15	15	10	
pH	7.25	7.6	7.2	7.6	7.6	7.45	7.55	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	6.5 a 9.0	
NITRATO (mg/L)	0.15	4	0.5	25	0.75	6.08	0.2	100	100	13	
FOSFATO (mg/L)	0.2	2.75	1.04	2.5	0.9	1.48	0.16	-	-	-	
COLIFORMES FECALES (ufc/ml)	3.0×10^2	8.0×10^5	7.3×10^4	8.1×10^4	8.1×10^4	2.0706×10^5	5.0×10^3	-	-	-	

Tabla 19: Consolidado de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua del río Jaquira en ambas épocas del año.

PARAMETRO	PROMEDIO		ECA (D.S N° 015 – 2015 - MINAN)		
	Época de secas	Época de lluvias	CATEGORIA 3		CATEGORIA 4 conservacion del medio acuatico
			SUB CATEGORIA D1 Riego de vegetales	SUB CATEGORIA D1 Bebida de animales	
TEMPERATURA ($\Delta T^{\circ}C$)	2.49	2.47	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$
TURBIDEZ (UNT)	80	56	-	-	-
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	1125.5	1261.9	-	-	≤ 100
OD (mg/L)	4.97	2.65	4(mg/L)	5(mg/L)	≥ 5
DBO (mg/L)	36.7	114.2	15	15	10
pH	7.52	7.45	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	6.5 a 9.0
NITRATO (mg/L)	6	6.08	100	100	13
FOSFATO (mg/L)	1.75	1.48	-	-	-
COLIFORMES FECALES (ufc/ml)	$1,1096 \times 10^5$	$2,0706 \times 10^5$	-	-	-

Fuente: elaboración propia en base a los datos obtenidos de la tabla 17 y 18.

- **TEMPERATURA:**

De acuerdo a la variación de la temperatura se observa un ligero incremento para la época de secas con valor promedio de 2.49 °C a comparación de la época de lluvias con un valor promedio de 2.47 °C. Los valores promedios para ambas épocas del año se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua tanto para la categoría 3 y 4.

- **TURBIDEZ:**

Los valores máximos de turbidez registrados se presentan en las estaciones 2, 3 y 4 con valores mayores a 100 UNT y los valores mínimos de turbidez se presentan en las estaciones 1 y 5 con valores iguales a 50 UNT. Las estaciones 1 y 5 presentan los valores de turbidez más bajos esto debido a que la estación 1 corresponde a aguas libres de lixiviados debido a que esta se ubica cerca a la cabecera del río y el punto 5 corresponde a la última estación donde el río Jaquira se une con el río

Cachona, donde estas aguas se diluyen. Mientras que la estación 2 ,3 y 4 pertenecen a aguas con lixiviado, lo cual es causante de los valores altos de turbidez.

La diferencia estacional, se ve reflejada en los valores promedio obtenidos, de 80 UNT para época de secas; debido a que las muestras tomadas para esta época existía un vertido de lixiviados en cantidades abundantes y estos ingresaban por un canal al río Jaquira, mientras que en la época de lluvias registra un promedio de 56 UNT; ya que el ingreso de lixiviados disminuyó casi en su totalidad; siendo los lixiviados uno de los causantes de turbidez. Teniendo en cuenta que los procesos erosivos son altos para la época de lluvias; debido a que partículas de tierra de los alrededores son arrastrados al río en forma de lodo, provocando que el agua se ponga de color café; así mismo, durante flujos altos, las velocidades del agua se incrementan igual que los volúmenes del agua, lo cual propicia que la misma velocidad del agua revuelva las materias suspendidas en el fondo del río, causando una turbidez mayor a pesar de eso la turbidez en época de lluvias no supera a la de secas. Amanca (2016) reporta un incremento de los valores de turbidez debido a la descomposición de materia orgánica, papeles, cartones y material de naturaleza terrea (Barba 2002), presentes en el ex botadero.

Los valores referente al tributario son semejantes o incluso menores al resto de estaciones debido a que estas aguas están libres de lixiviados.

- **SOLIDOS TOTALES:**

La estación 1 y tributario presentan valores bajos para ambas épocas del año; debido a que son aguas libres de lixiviados; mientras que el resto de estaciones presentan valores altos encima de los 1000 mg/L; debido a que, son aguas que contienen lixiviados y cerca a estas estaciones se encuentran poblaciones aledañas que incrementan en cierto grado los valores de sólidos totales. A si mismo se observa que los valores promedio de sólidos totales en la época de secas (1125.5mg/L) son menores, respecto al de lluvias (1261.9 mg/L); debido a que estos provienen

básicamente del arrastre de partículas, producto de la erosión de suelos deforestados, desprovistos de vegetación, cultivos próximos del río, sólidos provenientes de compuestos químicos y/o metales pesados producto de la descomposición de la materia orgánica, papeles y cartones, material de naturaleza terrea; metales, plástico, desechos sanitarios y textiles (Barba, 2002). Cabe destacar que en el muestreo de época de lluvias se llevó a cabo cuando se presentó una tala masiva, que afectaba al río, puesto que los árboles cubrían totalmente la estación 3 y las hojas de eucalipto caían directamente a esta estación. Como citan La Torre y Luna (2014) que los valores promedio de sólidos totales en la época de secas (148.21 mg/L) son mayores, respecto al de lluvias (50.93 mg/L) debido a que el volumen de agua es menor y por ende la concentración de sólidos totales es mayor. Cáceres y Valencia (2013) encontraron valores mínimos de 77.8 mg/L y máximos de 247.1 mg/L esto para la época de secas.

Ninguna de las estaciones de muestreo se encuentra dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

- **OD:**

En la época de secas el valor mínimo registrado es de 2.25 mg/L, y el valor máximo registrado es 7.55 mg/L. En la época de lluvias el valor mínimo es de 0.5 mg/L y el valor máximo registrado es de 4.5 mg/L; además se puede observar que los valores más altos para ambos épocas del año, son en las estaciones 1 y el tributario ya que estas aguas no se unen con los lixiviados, a comparación de las estaciones 2, 3 y 4 los cuales presentan valores mínimos; la estación 5 presenta un OD moderado esto debido que el río sufre autodepuración a demás que esta estación se diluye con el río Cachona. A pesar de ello a causa de que esta estación está ubicada aguas abajo cerca a centros poblados, los cuales vierten residuos domésticos y realizan algunas actividades domésticas como lavado de ropa y autos; que por procesos de descomposición de la materia orgánica hace que las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyan.

Comparando ambas épocas del año, se aprecia que la época de secas registra mayor concentración de oxígeno disuelto con un valor promedio de 4.97 mg/L respecto al de lluvias que registra un valor promedio de 2.65 mg/L, debido a que en época de secas la temperatura y sólidos totales son menores; haciendo que los procesos de productividad primaria sean elevados y por consiguiente los valores de Oxígeno Disuelto se incrementen. La Torre y Luna (2014) reportaron diferencias significativas en la concentración de oxígeno disuelto en ambas épocas del año con un valor promedio de 7.95 mg/L para la de secas y 5.63 mg/L para la de lluvias. Caceres y Valencia (2013) obtuvieron un valor mínimo de 3.88 mg/L y un valor máximo de 7.04 mg/L, de los cuales los valores mas bajos se encuentran en la parte baja del río.

De acuerdo a los valores obtenidos de oxígeno disuelto solo las estaciones 1 y tributario se encuentran dentro de los rangos permitidos para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua de categoría 3 y 4.

- **DBO:**

Según el DBO, se observa que existe una amplia diferencia en la concentración de DBO en todas las estaciones de muestreo, con un valor promedio de 36.6 mg/L para época de secas y un valor promedio de 114.2 mg/L para época de lluvias; siendo este mas alto debido a que se produce arrastre de materia organica por acción de las lluvias; las concentraciones más elevadas de DBO se observan en las estaciones 2, 3 y 4 causados principalmente por el vertido de lixiviados. Amanca (2016) menciona que las estaciones afectadas por el botadero son aquellas que presentan DBO elevado. Además Caceres y Valencia (2013) encontraron valores de 3.71 a 8.41 mg/L siendo más bajos en comparación a los valores registrados en este trabajo.

El DBO para la estación tributaria es minima con 12 mg/L para la época de secas y 5.5 mg/L para la de lluvias; son valores menores en comparación a las demás estaciones excepto a la estación 1, esto debido a que la estación 1 y la tributaria son aguas libres de lixiviados.

Los valores de DBO en ambas épocas del año en su mayoría no se encuentran dentro de los rangos permitidos de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental; tanto para aguas de Categoría 3 y 4; a excepción de las estaciones 1 y el tributario.

- **pH:**

Los valores de pH en ambas épocas del año se mantienen estables cercanos a la neutralidad, a consecuencia de que la zona de estudio se encuentran compuestas por rocas carbonatadas, calizas, los cuales funcionan como solución buffer, haciendo que el medio se alcalinice ligeramente.

Amanca (2016) reporta valores entre 7,8 a 5.9, lo que indica que los sólidos disueltos y metales pesados tienden a acidificar el agua. Caceres y Valencia (2013) registran que en la época de secas el curso de agua es alcalino con valores que van de 8.46 a 8.80.

Los valores obtenidos de pH para ambas épocas del año se encuentran dentro del rango permitido de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua para la categoría 3 y 4.

- **NITRATOS:**

Para la época de secas se aprecia un valor mínimo de 2 mg/L y un valor máximo de 12.5 mg/. En la época de lluvias se observa un valor mínimo de 0.15 mg/L; y un valor máximo de 25 mg/L, las estaciones 2, 3 y 4 presentan un valor alto debido a que dichas estaciones se ubican en zonas cercanas a cultivos. El aumento de la concentración de Nitratos podría darse por el uso excesivo de fertilizantes los cuales son arrastrados por las lluvias. Comparando ambas épocas del año se aprecia que la época de secas registra menor concentración de Nitratos con un valor promedio de 5.5 mg/L respecto a la época de lluvias que registra un valor promedio de 6.08 mg/L, debido al incremento de las precipitaciones pluviales, además de los procesos de escorrentía que son mayores.

Amanca (2016) encontró el mismo comportamiento en la concentración de Nitratos provenientes de los fertilizantes y excretas de ganado, así como de la descomposición de la materia orgánica, material de naturaleza terrea y palos y/o maderas depositadas en el ex botadero.

Los valores de Nitratos para todas las estaciones en ambas épocas del año se encuentran dentro de los rangos permitidos de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental; tanto para aguas de Categoría 3 y 4 (a excepción de la estación 4 para la época de lluvia con un valor de 25 mg/L).

- **FOSFATOS:**

Los valores registrados para la época de secas varían de 1.25 mg/L a 2.5 mg/L. En la época de lluvias van de 0.2 mg/L a 2.75 mg/L. La época de secas presenta un valor promedio de 1.75 mg/L y en época de lluvias un valor promedio de 1.48 mg/L; en época de secas se nota un ligero incremento de los valores medidos, en comparación con la época de lluvias, los cuales no representan una diferencia significativa, este comportamiento se debe a que los fosfatos están presentes en las aguas superficiales como resultado de la meteorización y lixiviación de las rocas portadoras de fósforo procedentes de la erosión del suelo, de aguas residuales, y precipitación atmosférica. Amanca (2016) reporta que la estación 1 es la única que se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental para categoría 4; evidenciando que este hecho se debe a la presencia del ex botadero en el sector.

- **COLIFORMES FECALES:**

En la época de secas se registra un valor mínimo de 3×10^2 ufc/100ml y un valor máximo de 4.0×10^5 ufc/100ml.

Para la época de lluvias se aprecia un valor mínimo de 3.0×10^2 ufc/100ml; un valor máximo de 8.0×10^5 ufc/100ml. Se aprecia que en ambas épocas del año las estaciones con mayor concentración de coliformes fecales son 2, 3, 4 y 5 los cuales son muestras afectadas por lixiviados.

Comparando la época de secas con un valor promedio registrado de $1,1096 \times 10^5$ ufc/100ml y la época de lluvias con un valor promedio registrado de $2,0706 \times 10^5$ ufc/100ml; se aprecia que la concentración de Coliformes fecales es menor en la época de secas y mayor en la época de lluvias esto se produce a consecuencia del arrastre de las heces de los animales que se encuentran alrededor. Amanca (2016) menciona una mayor concentración en su estación 4 lo que indica contaminación fecal a consecuencia de los lixiviados del ex botadero.

4.5.3 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA.

Tabla 20: Concentración de metales pesados - Época de secas.

	PROMEDIO EPOCA DE SECAS					PROMEDIO	Estación tributario	ECA (D.S N° 015 – 2015 - MINAN)			
								CATEGORIA 3		CATEGORIA 4	
	E1	E2	E3	E4	E5			SUB CATEGORIA D1 Riego de vegetales	SUB CATEGORIA D2 Bebida de animales	conservacion del medio acuatico	
PLOMO (mg/L)	0.000	0.002	0.002	0.005	0.0015	0.0015	0.0015	0.05	0.05	0.0025	
CROMO (mg/L)	0.000	0.0015	0.0015	0.0035	0.0025	0.0018	0.0005	0.1	1	0.011	

Tabla 21: Concentración de metales pesados - Época de lluvias.

	PROMEDIO EPOCA DE LLUVIAS					PROMEDIO	Estación tributario	ECA (D.S N° 015 – 2015 - MINAN)			
								CATEGORIA 3		CATEGORIA 4	
	E1	E2	E3	E4	E5			SUB CATEGORIA D1 Riego de vegetales	SUB CATEGORIA D2 Bebida de animales	conservacion del medio acuatico	
PLOMO (mg/L)	0.000	0.0015	0.000	0.002	0.002	0.0011	0.000	0.05	0.05	0.0025	
CROMO (mg/L)	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.0012	0.000	0.1	1	0.011	

Tabla 22: Consolidado de concentración de metales pesados del agua del río Jaquira en ambas épocas del año.

PARAMETRO	PROMEDIO		ECA (D.S N° 015 – 2015 - MINAN)		
	Época de secas	Época de lluvias	CATEGORIA 3		CATEGORIA 4 conservacion del medio acuatico
			SUB CATEGORIA D1 Riego de vegetales	SUB CATEGORIA D1 Bebida de animales	
PLOMO (mg/L)	0.0021	0.0011	0.05	0.05	0.0025
CROMO (mg/L)	0.0018	0.0012	0.1	1	0.011

Fuente: elaboración propia en base a los datos de la tabla 20 y 21.

- **PLOMO:**

Se observa la presencia de este metal en 4 estaciones de muestreo, con valores que van de 0.0015 a 0.005 mg/L para la época de secas; Para la época de lluvias el valor más alto es de 0.002 mg/L. En ambas épocas la estación 1 no registra presencia de plomo. AMANCA (2016) reporta que la estación 5 correspondiente a la desembocadura del río Canchauran presenta valor de 0.105 mg/L de plomo que supera los ECAS para la categoría 4 según D.S. 015-2015 MINAM.

Por lo que se concluye que la actividad física, química y microbiológica que se genera en el botadero controlado de Jaquira produce la aparición de este metal pesado que contamina las aguas de río Jaquira y está a su vez al río Huancaro.

- **CROMO:**

Se registra la presencia de este metal en 4 estaciones de muestreo, para la época de secas el valor máximo corresponde a 0.0035 mg/L. Para la época de lluvias el valor más alto es de 0.002 mg/L.

Según los estándares de calidad de agua, ambos metales se encuentran dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental: Agua para Riego de Vegetales y bebida de animales para la categoría 3 y 4.

4.6 MACROINVERTEBRADOS Y FITOPLANCTON COMO BIOINDICADORES.

4.6.1 MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES.

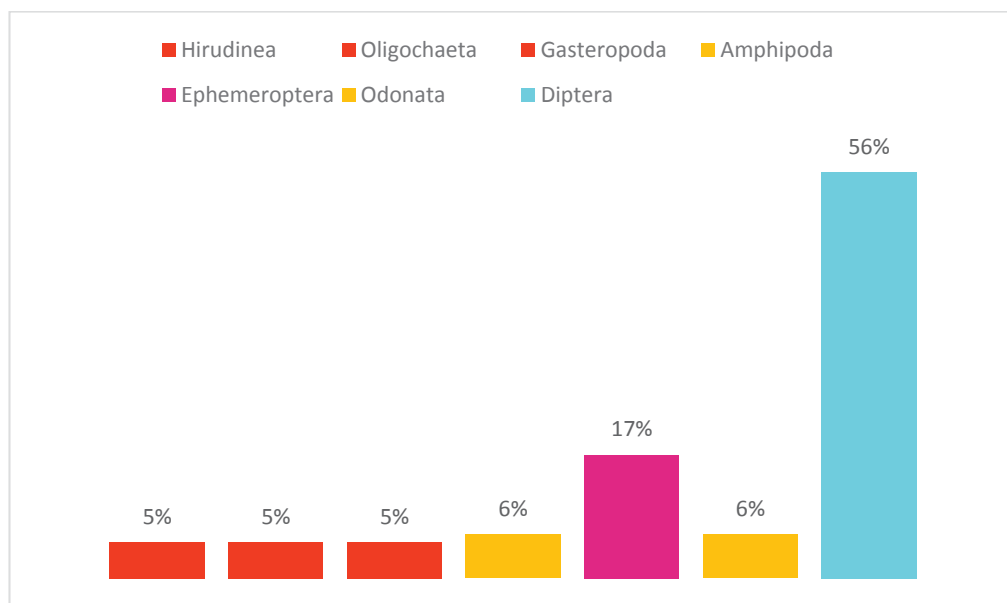
Tabla 23: Macroinvertebrados identificados en el río Jaquira, época de secas.

ORDEN	FAMILIA	PROMEDIO EPOCA DE SECAS					TOTAL DE REPORTES	FRECUENCIA	ESTACION TRIBUTARIO
		E1	E2	E3	E4	E5			
Hirudinea		X					1	0.20	X
Oligochaeta		X					1	0.20	X
Gasterópoda	Hydrobiidae	X					1	0.20	X
Amphipoda	Hyaellidae	X					1	0.20	
Ephemeroptera	Baetidae	X				X	2	0.40	X
	Leptophlebiidae	X					1	0.20	X
Odonata	Aeshnidae	X					1	0.20	X
Coleoptera	Elmidae						--	--	X
	Dytiscidae						--	--	X
	Hydrophilidae						--	--	X
Díptera	Simuliidae					X	1	0.20	X
	Psychodidae					X	1	0.20	
	Dolichopodidae					X	1	0.20	
	Chironomidae	X				X	2	0.40	X
	Muscidae					X	1	0.20	
	Ephydriidae					X	1	0.20	
	Syrphidae			X	X	X	3	0.60	
TOTAL DE TAXAS		8	0	1	1	8	--	--	11

Según la tabla 23, las estaciones 1 y 5 presentan mayor número de familias, registrándose 8, estas estaciones corresponden a la cabecera del río libre de lixiviados y la estación final que se une con el río Cachona lo cual explicaría la mayor presencia de familias; en la estación 2 no se registró ninguna familia debido a que en dicha estación la contaminación por lixiviados es elevada. Además las familias Baetidae, Chironomidae y Syrphidae se encuentran en dos y tres estaciones de muestreo

respectivamente; además presentan la mayor frecuencia; mientras el resto de familias mencionadas en la tabla solo se encuentran en una estación. Además el tributario siendo una estación comparativa, presenta mayor número de familias ya que estas aguas no son afectadas por los lixiviados, evidenciando el grado de contaminación de las estaciones que si son afectadas por los lixiviados. Encontrándose en total 8 órdenes y 17 familias.

Grafico 01: Principales ordenes de macroinvertebrados – época de secas.



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la tabla 23.

Según el grafico 01 el orden más representativo en las 6 estaciones de muestreo en la época de secas es Díptera con un 56%, siendo este orden más tolerante a la contaminación; seguido de Ephemeroptera con un 17% cuyos representantes son más sensibles a la contaminación, encontrándose solo en las estaciones 1 y en el tributario las cuales presentan aguas mas oxigenadas y limpias, y los ordenes que se presentan en menor porcentaje son Oligochaeta, Hirudinea y gasterópoda con un 5%, característicos en la estación 1 y tributario.

Tabla 24: Macroinvertebrados identificados en el río Jaquira, época de lluvias.

ORDEN	FAMILIA	PROMEDIO EPOCA DE LLUVIAS					TOTAL DE REPORTES	FRECUENCIA	ESTACION TRIBUTARIO
		E1	E2	E3	E4	E5			
Hirudinea		X					1	0.20	X
Oligochaeta		X	X				2	0.40	X
Gasterópoda	Physidae					X	1	0.20	
	Hydrobiidae	X					1	0.20	X
	Limnaeidae							-	X
Amphipoda	Hyaellidae							-	X
Ephemeroptera	Baetidae	X				X	2	0.40	X
	Leptophlebiidae					X	1	0.20	X
Odonata	Aeshnidae	X					1	0.20	X
Trichoptera	Leptoceridae						-	-	X
Lepidoptera	Pyralidae	X		X	X		3	0.60	
Coleoptera	Scirtidae						-	-	X
	Elmidae	X				X	2	0.40	X
	Gyrinidae	X					1	0.20	X
	Dytiscidae	X				X	2	0.40	X
	Hydrophilidae	X					1	0.20	X
Díptera	Simuliidae					X	1	0.20	X
	Psychodidae					X	1	0.20	
	Dolichopodidae	X					1	0.20	
	Empididae					X	1	0.20	X
	Chironomidae	X	X	X		X	4	0.80	X
	Muscidae		X			X	2	0.40	
	Syrphidae		X	X	X	X	4	0.80	
TOTAL DE TAXAS		12	4	3	2	11	--	--	15

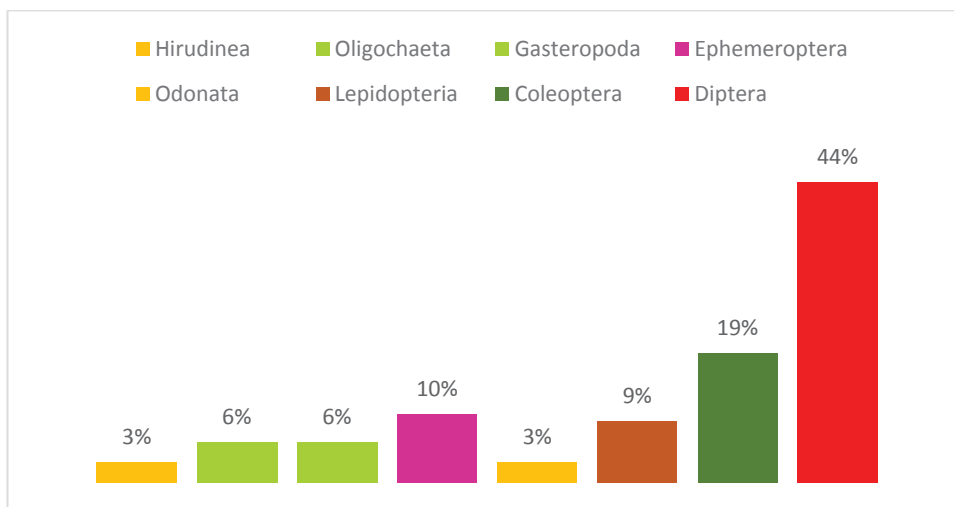
Según la tabla 24 las estaciones 1 y 5 presenta mayor número de taxas, registrándose 12 y 11 familias respectivamente, estas estaciones corresponden a aguas libres de lixiviados para la estación 1 y la estación 5 se diluye con las aguas del río Cachona, lo cual explicaría la mayor presencia de taxas; en la estación 4 se registró la menor cantidad de familias debido a que en dicha estación la contaminación por lixiviados es elevada. Además la familia Chironomidae y Syrphidae se encuentran en cuatro estaciones de muestreo siendo la familia con mayor frecuencia; mientras Pyralidae en tres estaciones, Oligochaeta, Baetidae, Elmidae,

Dytiscidae y Muscidae en dos estaciones de muestreo, el resto de familias son las que solo se encuentran en una estación.

La estación tributaria presenta mayor número de familias respecto al resto de estaciones ya que sus aguas son aquellas que no son afectadas por los lixiviados provenientes del botadero controlado de Jaquira.

Encontrándose en total 10 órdenes y 23 familias.

Grafico 02: Principales ordenes de macroinvertebrados – época lluvias.



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la tabla 24.

En el grafico 02 se muestra que el orden más representativo es Díptera con un 44% seguido de Coleoptera con un 19 % y los órdenes con menor porcentaje son Hirudinea y Odonata con un 3%.

Comparando ambas épocas del año se observa que la época de secas presenta menor número de taxas así como una menor frecuencia, el caudal registrado en esta época es mínimo y esto favorecería la mayor cantidad de taxas presentes puesto que esto no sucede, se debe a que para la toma de muestras en esta época el ingreso de los lixiviados fue abundante, perjudicando radicalmente el cuerpo de agua estudiado, lo cual genera contaminación, llevando a un número limitado de especies presentes. Mientras para la época de lluvias se incrementó el número de taxas, ya que en esta época disminuyó el ingreso de lixiviados, aminorando la contaminación del río, y favoreciendo la mayor cantidad de taxas a pesar de que el caudal es mayor en comparación a la época de secas.

INDICE BIOTICO ANDINO (ABI).

Tabla 25: Índice biótico andino en época de secas.

ORDEN	FAMILIA	EPOCA DE SECAS					ESTACIÓN TRIBUTARIO
		E1	E2	E3	E4	E5	
Hirudinea		3	-	-	-	-	3
Oligochaeta		1	-	-	-	-	1
Gasterópoda	Hydrobiidae	3	-	-	-	-	3
Amphipoda	Hyalellidae	6	-	-	-	-	-
Ephemeroptera	Baetidae	4	-	-	-	4	4
	Leptophlebiidae	10	-	-	-	-	10
Odonata	Aeshnidae	6	-	-	-	-	6
Coleoptera	Elmidae	-	-	-	-	-	5
	Dytiscidae	-	-	-	-	-	3
	Hydrophilidae	-	-	-	-	-	3
Díptera	Simuliidae	-	-	-	-	5	5
	Psychodidae	-	-	-	-	3	-
	Dolichopodidae	-	-	-	-	4	-
	Chironomidae	2	-	-	-	2	2
	Muscidae	-	-	-	-	2	-
	Ephydriidae	-	-	-	-	2	-
	Syrphidae	-	-	1	1	1	-
PUNTUACION		35	0	1	1	23	45
PROMEDIO		12					

Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos de la tabla 23.

De acuerdo a la tabla 25, la estación 1 presenta una puntuación de 35 califican como aguas de calidad media, seguida por la estación 5 con 23 puntos que representan calidad mala; a comparación de las estaciones 2, 3 y 4 las cuales presentan una puntuación mínima debido a la baja calidad de sus aguas.

El tributario presenta una puntuación de 45 registrada como la más alta, respecto al resto de las estaciones siendo aguas de calidad regular.

Tabla 26: Índice biótico andino en época de lluvias.

ORDEN	FAMILIA	EPOCA DE LLUVIAS					ESTACIÓN TRIBUTARIO
		E1	E2	E3	E4	E5	
Hirudinea		3	-	-	-	-	3
Oligochaeta		1	1	-	-	-	1
Gasterópoda	Physidae	-	-	-	-	3	-
	Hydrobiidae	3	-	-	-	-	3
	Limnaeidae	-	-	-	-	-	3
Ephemeroptera	Baetidae	4	-	-	-	4	6
	Leptophlebiidae	-	-	-	-	10	4
Odonata	Aeshnidae	6	-	-	-	-	10
Trichoptera	Leptoceridae	-	-	-	-	-	6
Lepidoptera	Pyralidae	4	-	4	4	-	8
Coleoptera	Scirtidae	-	-	-	-	-	-
	Elmidae	5	-	-	-	5	5
	Gyrinidae	3	-	-	-	-	5
	Dytiscidae	3	-	-	-	3	3
	Hydrophilidae	3	-	-	-	-	3
Diptera	Simuliidae	-	-	-	-	5	3
	Psychodidae	-	-	-	-	3	5
	Dolichopodidae	4	-	-	-	-	-
	Empididae	-	-	-	-	4	-
	Chironomidae	2	2	2	-	2	4
	Muscidae	-	2	-	-	2	2
	Syrphidae	-	1	1	1	1	-
PUNTUACIÓN		41	6	7	5	42	74
PROMEDIO		20.2					

Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos de la tabla 24.

Para la época de lluvias la puntuación más alta se registró en las estaciones 1 y 5 con 41 y 42 puntos respectivamente calificándolas como aguas de calidad de regular, en al estación 1 se encuentran familias que son mas sensibles a la contaminación; mientras en la estación 5 se encuentran taxas que son mas tolerantes a la contaminación teniendo mayores representantes del orden Diptera. Las estaciones 2, 3 y 4 presentan un número de taxas mínimo ya que estas aguas están contaminadas con lixiviados, deteriorando la calidad de estas.

La estación tributario presenta una puntuación de 74 calificando como aguas de calidad buenas teniendo a sus representantes que son sensibles a la

contaminación, corroborando que las aguas contaminadas con lixiviados deterioran la calidad de la biota acuática, y por ende disminuye la presencia de estos.

Tabla 27. Índice biótico andino en ambas épocas.

ESTACION DE MUESTREO	ÍNDICE BIÓTICO ANDINO		CALIDAD DEL AGUA	
	EPOCA DE SECAS	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA DE SECAS	EPOCA DE LLUVIAS
1	35	41	REGULAR	REGULAR
2	0	6	MALO	MALO
3	1	7	MALO	MALO
4	1	5	MALO	MALO
5	23	42	MALO	REGULAR
PROMEDIO	12	20.2	MALO	MALO
TOTAL	16.10		MALO	
Estación tributario	45	74	REGULAR	BUENO

Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos de las tablas 25 y 26.

En la época de secas la estación 1 presenta una calidad “regular”, mientras el resto son de calidad “mala” para la época de secas. Para la época de lluvias las estaciones 1 y 5 tienen una calidad “regular” y el resto son de calidad “mala”. En resumen la puntuación ABI para la época de secas es de 12 y para la época de lluvias es 20.02, considerándose como aguas de calidad “mala” para ambas épocas. Puesto que en la época de lluvias presenta un mayor caudal a comparación a la de secas; se observa que en la época de lluvias hay mayor presencia de taxas, esto se debe que en esta época los lixiviados se presentan en menor cantidad, permitiendo el desarrollo de la biota acuática.

Cáceres y Valencia (2013) utilizando el método (BMWP) reportan que la calidad de agua del río Jaquira es contaminada en la parte alta y fuertemente contaminada en la parte baja esto a consecuencia de lixiviados que disminuyen la población de macroinvertebrados. Huamán (2009) empleó el método (IBF) reportando así 12 taxas distribuidos en 11 familias determinando que la calidad de agua del río Quesermayo es de “regular” a “buena” en la mayoría de los puntos de muestreo.

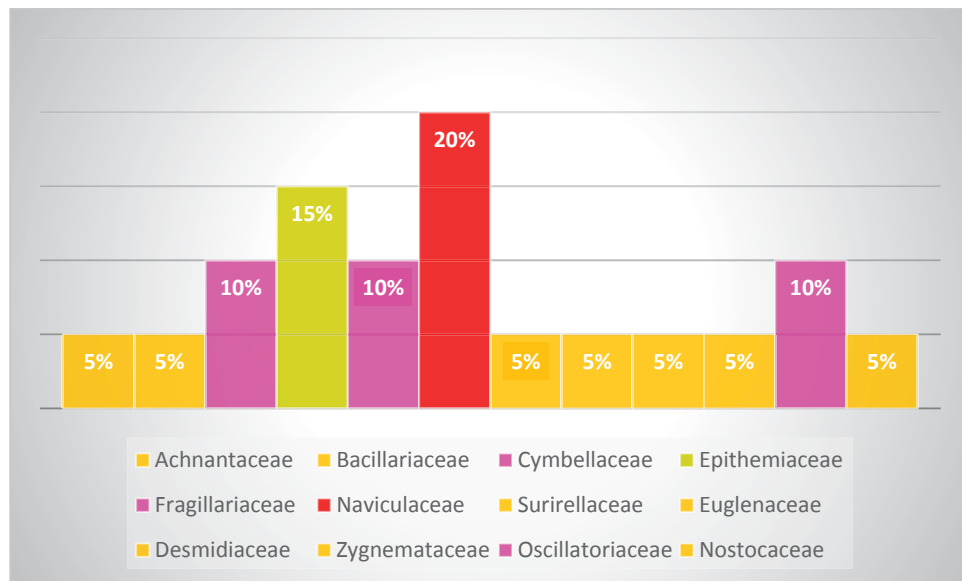
4.6.2 FITOPLANCTON COMO BIOINDICADORES.

Tabla 28: Algas identificadas en el río Jaquira - época de secas

DIVISIÓN	FAMILIA	GENERO	PROMEDIO EPOCA DE SECAS					TOTAL DE REGISTROS	FRECUENCIA	Estación tributario
			E1	E2	E3	E4	E5			
Bacillariophyta	Achnantaceae	<i>Cocconeis</i>	X					1	0.2	X
	Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i>		X				1	0.2	
	Cymbellaceae	<i>Caloneis</i>	X			X	X	3	0.6	X
		<i>Cymbella</i>	X					1	0.2	X
	Epithemiaceae	<i>Epithemia</i>	X		X		X	3	0.6	X
		<i>Rhopalodia</i>	X		X	X	X	4	0.8	X
		<i>Denticula</i>	X			X	X	3	0.6	X
	Fragillariaceae	<i>Fragillaria</i>	X				X	2	0.4	X
		<i>Synedra</i>		X				1	0.2	
	Naviculaceae	<i>Amphora</i>	X		X		X	3	0.6	X
		<i>Navicula</i>	X	X	X	X	X	5	1	X
		<i>Pinnularia</i>	X					1	0.2	X
		<i>Gomphonema</i>		X	X			2	0.4	
	Surirellaceae	<i>Surirella</i>		X		X		2	0.4	
Euglenophyta	Euglenaceae	<i>Euglena</i>			X	X		2	0.4	
Chlorophyta	Desmidiaceae	<i>Closterium</i>	X		X		X	3	0.6	X
	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>		X				1	0.2	
Cyanophyta	Oscillatoriaceae	<i>Spirulina</i>	X					1	0.2	X
		<i>Oscillatoria</i>			X	X		2	0.4	X
	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>		X	X	X		3	0.6	
TOTA DE TAXAS			12	7	9	8	8	----	----	13

En la tabla 28 se observa que la estación 1 presenta 12 taxas, seguida de la estación 3 (9) y las estaciones 2, 4 y 5 presentan menor cantidad de géneros. Además los géneros *Navicula* y *Rhopalodia* se encuentran en más estaciones de muestreo lo que indica que presentan mayor frecuencia; mientras que los géneros *Cocconeis*, *Hantzschia*, *Cymbella*, *Synedra*, *Pinnularia*, *Spirogyra*, *Spirulina*, están presentes solo en una estación de muestreo. Encontrándose en total 12 familias y 20 géneros. La estación tributario presenta mayor número de taxas con 13. Evidenciando que estas aguas no presentan un deterioro por ende estas permiten la presencia de más taxas.

Grafico 03: Número de géneros por familia porcentaje de fitoplancton – Época de secas.



Fuente: elaboración propia en base a la tabla 28.

De acuerdo al grafico 03 la familia Naviculaceae presenta mayor número de géneros con un 20%, seguida de la familia Epithemiaceae con 15% y las familias Cymbellaceae, Fragillariaceae y Oscillatoriaceae se encuentran en un 10%.

Los generos *Anabaena*, *Synedra*, *Gomphonema*, *Surirella*, *Spirogyra* y *Hantzchia* son indicadores de Eutrofización, lo que es corroborado por Andrade y Sotomayor (2011) quienes indican la presencia de 13 familias y 15 géneros, donde las familias más abundantes son Rhopadoliaceae y Bacillariaceae en todos los puntos del río Cachimayo. Los generos *Synedra*, *Nitzschia* y *Gomphonema* son indicadores de eutrofización pero se encuentran en menor frecuencia.

La estación correspondiente al tributario presenta 7 familias y 13 generos, *Cocconeis* y *Pinnularia* indican oligotrofia; mientras que *Navicula*, *Denticula*, *Closterium*, *Fragillaria*, *Caloneis*, *Euglena*, *Amphora*, *Epithemia* y *Rophalodia* son indicadores de mesotrofia.

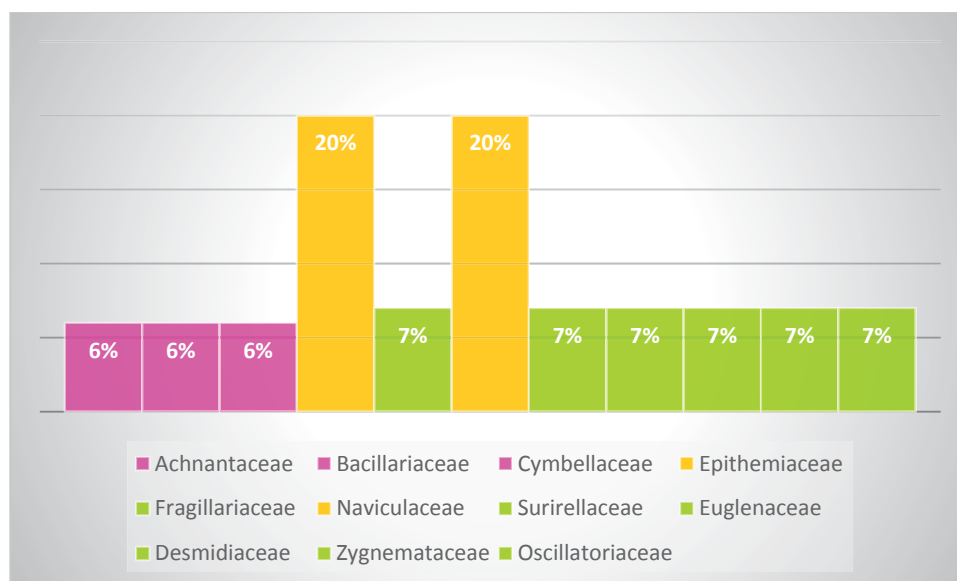
Tabla 29: Algas identificadas en el río Jaquira - época de lluvias.

DIVISIÓN	FAMILIA	GENERO	PROMEDIO EPOCA DE LLUVIAS					TOTAL DE REGISTROS	FRECUENCIA	ESTACION TRIBURATIO
			E1	E2	E3	E4	E5			
Bacillariophyta	Achnantaceae	<i>Cocconeis</i>	X					1	0.2	X
	Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i>		X				1	0.2	
	Cymbellaceae	<i>Caloneis</i>	X			X	X	3	0.6	X
		<i>Cymbella</i>						-	-	X
	Epithemiaceae	<i>Epithemia</i>	X		X	X		3	0.6	X
		<i>Rhopalodia</i>	X		X			2	0.4	
		<i>Denticula</i>	X			X	X	3	0.6	X
	Fragillariaceae	<i>Fragillaria</i>	X				X	2	0.4	
	Naviculaceae	<i>Amphora</i>	X			X	X	3	0.6	X
		<i>Navicula</i>	X		X	X	X	4	0.8	X
		<i>Gomphonema</i>		X	X			2	0.4	
<i>Pinnularia</i>							-	-	X	
Surirellaceae	<i>Surirella</i>		X				1	0.2		
Euglenophyta	Euglenaceae	<i>Euglena</i>			X		1	0.2		
Chlorophyta	Desmidiaceae	<i>Closterium</i>				X	X	2	0.4	X
	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>		X				1	0.2	
Cyanophyta	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>		X	X		X	3	0.6	
	Oscillatoriaceae	<i>Spirulina</i>						-	-	X
TOTA DE TAXAS			8	5	6	6	7	----	----	10

Para la época de lluvias las estaciones 1 y 5 presentan mayor número de taxas con 8 y 7 representantes. La estación 2 presenta menor número de taxas respecto al resto. Los generos *Navicula*, *Anabaena*, *Amphora* y *Denticula* se encuentran en casi todas las estaciones con una frecuencia de 0.8 y 0.6; *Cocconeis*, *Hantzschia*, *Surirella*, *Euglena* y *Spirogyra* están presentes en una sola estación con una frecuencia mínima de 0.17. En total se encontraron 11 familias y 15 géneros.

Los generos *Hantzschia*, *Gomphonema*, *Surirella*, *Spirogyra* y *Anabaena* son indicadores de eutrofización. Flores (2007) menciona la presencia de 25 familias y 52 géneros, siendo los géneros indicadores de eutrofización: *Euglena*, *Chroococcus*, *Anabaena*, *Spirulina*, *Oscillatoria*, *Anacystis*, *Stauroneis*, *Cyclotella*, *Surirella*, *Selesnastrum*, *Oocystis*, *Tetraedron*, *Chlorella*, *Schoederia*, *Akyra*, *Coelastrum*, *Spirogyra*, *Staurastrum* y *Ulothrix*.

**Grafico 04: Número de géneros por familia porcentaje de fitoplancton –
Época de llluvias.**



Fuente: elaboración propia en base a la tabla 29.

De acuerdo al grafico 04 las familias Epithemiaceae y Naviculaceae presentan un 20%, seguida de las familias Fragillariaceae, Surirellaceae, Euglenaceae, Desmideaceae, Zygnemataceae y Oscillatoriaceae con un 7%, mientras que las familias Achnantaceae, Bacillariaceae y Cymbellaceae se encuentran en un 6 %.

La época de secas presenta mayor número de familias en comparación a la época de llluvias, esto debido a que en época de llluvias el caudal es mayor lo cual influye en la presencia o ausencia de fitoplancton además en esta época la contaminación por lixiviados es menor.

En la estación tributario se reportan 6 familias y 10 generos que son indicadores de oligotrofia (Cocconeis, Cymbella) y los generos *Epithemia*, *Denticula* , *Amphora*, *Navicula*, *Closterium* y *Spirulina* son indicadores de mesotrofia; en esta estación se presentan géneros indicadores de oligotrofia y mesotrofia debido a que estas aguas están libres de lixiviados.

ÍNDICE DE JACCARD DEL FITOPANCTON.

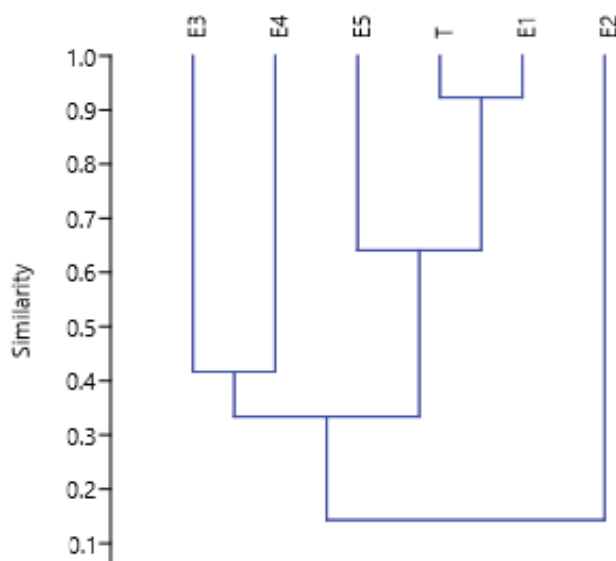
Tabla 30: Índice de Jaccard - época de secas.

	E1	E2	E3	E4	E5	T
E1	1	-	-	-	-	-
E2	0.06	1	-	-	-	-
E3	0.31	0.25	1	-	-	-
E4	0.25	0.27	0.42	1	-	-
E5	0.67	0.08	0.42	0.33	1	-
T	0.92	0.06	0.38	0.31	0.62	1

Fuente: Elaboración en base al anexo 05.

En general de acuerdo al índice de similitud de Jaccard, los géneros correspondientes a la E1- T presentan similitud de 0.92 lo cual indica que se comparten mayor número de géneros.

Grafico 05: Dendrograma por estaciones de muestreo - Época de secas.



Las estaciones más parecidas en presencia de géneros corresponden a E1 y T con 92% de similitud. Esta similitud se debe a que la E1 corresponde a la cabecera del río que está libre de lixiviados, mientras que la E5 son aguas que se diluyen con el río Cachona.

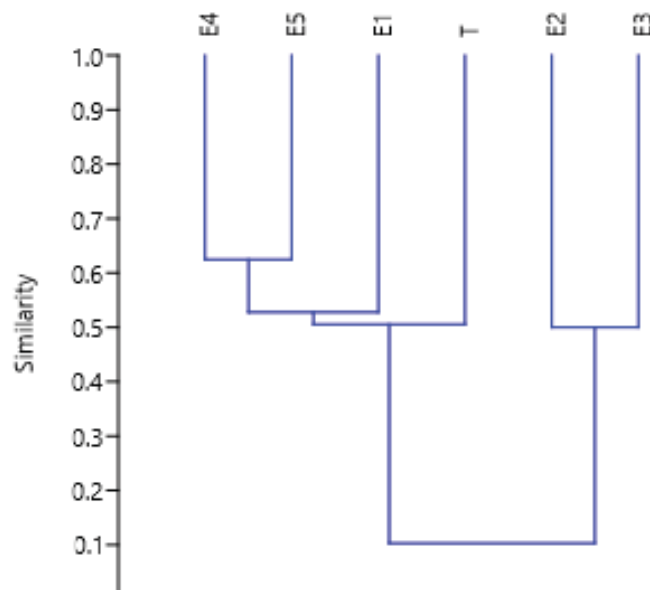
Tabla 31: Índice de Jaccard - época de lluvias.

	E1	E2	E3	E4	E5	T
E1	1	-	-	-	-	-
E2	0	1	-	-	-	-
E3	0.25	0.5	1	-	-	-
E4	0.56	0	0.18	1	-	-
E5	0.5	0.09	0.17	0.63	1	-
T	0.5	0	0.13	0.6	0.42	1

Fuente: Elaborado en base al anexo 05.

De acuerdo a la tabla 31, las estaciones E1-E4, E4-E5 presentan similitud mayor a 0.50, respecto a los géneros que comparten.

Gráfico 06: Dendrograma por estaciones de muestreo - Época de lluvias.



Como muestra el gráfico, las estaciones E1, E4 y E5 presentan similitud mayor al 50%, se observa que el resto de estaciones muestran otra agrupación donde la similitud es menor.

Comparando ambas épocas se puede observar que la E5 es parecida a la E1 y E4 ya que presentan similitud mayor al 50%. Dando a entender que las aguas afectadas por la presencia de lixiviados se recuperan a lo largo del cauce.

4.7 CARACTERISTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DE LOS LIXIVIADOS DEL BOTADERO DE JAQUIRA.

Tabla 32: Parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y metales pesados de los lixiviados del botadero de Jaquira para ambas épocas del año.

PARAMETRO	Época de secas	Época de lluvias
TEMPERATURA (°C)	13.75	15.9
TURBIDEZ (UNT)	>100	>100
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	21160	27415
OD (mg/L)	0	0
DBO (mg/L)ca	14000	230
pH	7.8	7.25
NITRATO (mg/L)	580	19
FOSFATO (mg/L)	50	8.5
COLIFORMES FECALES (ufc/ml)	3.0×10^6	4.0×10^5
PLOMO (mg/L)	0.01	0.01
CROMO (mg/L)	0.01	0.005

- La temperatura promedio de los lixiviados es 13.75 para la época de secas y para la época de lluvias es 15.09, siendo mayores al resto de las estaciones de muestreo, debido a que la temperatura de los lixiviados es mayor por los procesos de fermentación que sufre.
- La turbidez en ambas épocas del año es mayor a 100 UNT, estos valores son similares a las estación 2, 3 y 4 los cuales están siendo afectados por estos lixiviados.
- Los solidos totales son muy elevados en ambas épocas lo que indica que estos valores triplican en comparación con las estaciones de muestreo, dando a entender el alto grado de contaminación que presentan estos lixividos. Amanca (2016) menciona un valor registrado de 54567.5 mg/L, siendo este un valor muy alto comparado con el valor de los límites permisibles admitidos por el CEPIS.
- Según el OD se observa que las muestras no presentan oxígeno disuelto en ambas épocas por ende es nula la presencia de la biota acuática. Como cita Amanca (2016) indica que el valor de OD en los lixiviados muestreados está

por debajo del límite permisible o aceptable que es de 4 mg/L. Es lógico que en este tipo de agua residual la vida de organismos aerobios sea complicada y hasta imposible.

- Según el DBO se observa una diferencia significativa entre la época de secas (14000) y la época de lluvias (230), debido a que la muestra tomada en época de lluvias se presenta mas diluida a comparacion a la de secas. Amanca (2016) menciona que en comparación con los límites permisibles, estos resultados se encuentran muy por encima de lo recomendado (50 mg/L).
- El valor del pH para ambas épocas del año es alcalino cercano a la neutralidad, debido a los diferentes componentes de los residuos solidos que se descomponen además de la presencia de rocas carbonatadas características de la zona que le dan dicho valor.
- Los nitratos y fosfatos duplican hasta triplican los valores obtenidos para las estaciones de muestreo, dando referencia un alto contenido de estos, además los valores son más elevados en época de secas que en la de lluvias, por que en época de lluvias los lixiviados sufren una dilución.
- Los coliformes fecales al igual que el resto de parámetros duplica sus valores respecto al resto de las estaciones de muestreo, lo cual da a entender que en estos lixiviados existe un alto grado de contaminación por microorganismos procedentes de las excretas de organismos de sangre caliente, siendo un riesgo para la salud de los que entren en contacto con estos.
- De acuerdo a los metales pesados se observa que ambos metales se encuentran en cantidades no muy elevadas.

4.8 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) DEL RÍO JAQUIRA.

Tabla 33: Índice de calidad de agua para ambas épocas del año.

Estación	Calificación cuantitativa			Calificación cualitativa		
	Época de secas	Época de lluvias	PROMEDIO ICA	Época de secas	Época de lluvias	PROMEDIO ICA
1	55.83	62.39	59.11	Medio	Medio	Medio
2	37.99	39.78	38.89	Malo	Malo	Malo
3	33.63	45.04	39.34	Malo	Malo	Malo
4	42.43	27.74	35.09	Malo	Malo	Malo
5	50.74	41.93	46.34	Medio	Malo	Malo
PROMEDIO	44.12	43.38	43.75	Malo	Malo	Malo
Tributario	51.49	59.23	55.36	Medio	Medio	Medio

Fuente: Elaboración propia en base a las tablas 17 y 18.

Leyenda:

Calidad MUY MALA:



Calidad MALA:



Calidad MEDIA:



Calidad BUENA:



Calidad EXCELENTE:



En la tabla 33 se puede apreciar que los valores del ICA obtenidos fluctúan en valores que van de 27.74 hasta 62.39, esta para la época de lluvias; mientras que para la época de secas su valor fluctúa entre un valor de 33.63 y 55.83; además de evidenciarse que del total de las estaciones muestreadas, 30 % (3 estación) caracterizan un ICA de calificación “media”, otro 70% un ICA “malo”, para ambas épocas del año se obtuvo un ICA de calidad “malo” con promedios de 44.12 para la época de secas, y 43.38 en la época de lluvias. Las estaciones de muestreo que califican como calidad “media” son aquellas que se encuentran en la cabecera del río donde aún no se unen con los lixiviados, también correspondería a la parte baja donde el río sufre una autodepuración. Por lo tanto el principal factor que afecta la calidad del agua son los lixiviados, ya que estos son considerados como una consecuencia inevitable de la disposición de residuos y una alta amenaza de contaminación ambiental, debido a la migración del lixiviado hacia aguas subterráneas (Suthersan, 2001).

Además Quispe (2015) determino el Índice de Calidad de Agua del río Saphy, para la época de lluvias es de calidad "media". Esto se debe especialmente a la contaminación antrópica que genera la población alrededor de dicho río. Además Amanca (2016) indica que el río Canchauran presenta un ICA 53.86 calificándola con una calidad "regular" constituyéndose en aguas contaminadas a partir de la presencia del ex botadero.

La estación tributario presenta un valor de 51.49 para secas y 59.23 para lluvias calificándolo como aguas de calidad "media", evidenciando que estas aguas presentan una mejor calidad en comparación con las estaciones 2, 3 y 4.

Tabla 34: Caracterización del ICA del agua del río Jaquira en función a su uso.

ESTACIÓN DE MUESTREO	RANGO ICA	RANGO ICA	ICA Para uso en Agricultura		ICA Para uso en pesca y Vida Acuática	
	Época secas	Época lluvias	Época Secas	Época Lluvias	Época Secas	Época Lluvias
1	55.83	62.39	LC	LC	LC	A
2	37.99	39.78	C	C	FC	FC
3	33.63	45.04	C	C	FC	C
4	42.43	27.74	C	FC	C	EC
5	50.74	41.93	LC	C	LC	C
PROMEDIO	44.12	43.38	C	C	C	C

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la tabla 33.

Leyenda:

E: Excelente

A: Aceptable

LC: Levemente Contaminada

C: Contaminada

FC: Frecuentemente Contaminada

EC: Excesivamente Contaminada

La tabla 34 muestra resultados en lo que se refiere a Índice de Calidad del Agua en función a los rangos propuestos para el uso que se le dé. En cuanto al uso del agua del río Jaquira para AGRICULTURA, para ambas épocas del año el 30% de las estaciones de muestreo (3) presentan un ICA de calificación “levemente contaminada”, un 60% de las estaciones de muestreo (6) se clasifican con calidad “contaminada” y un 10% (1) “frecuentemente contaminado”.

Con relación a los estándares para PESCA y VIDA ACUÁTICA, en ambas épocas el 20% de las estaciones de muestreo (2) califican como aguas de calidad “levemente contaminada”, el 10% de las estaciones (1) son aguas de calidad “aceptable”, el 30% de las estaciones (3) califican como “frecuentemente contaminada”; 30% (3) aguas de calidad “contaminada” y 10% “escasamente contaminado”.

En general, comparando los resultados del ICA con los dos tipos de uso del agua no existe un deterioro de la calidad entre la época de lluvias y secas, debido a la influencia que ejercen los diferentes parámetros sobre el índice de calidad del agua.

Tabla 35: Análisis comparativo entre macroinvertebrados, fitoplancton e Índice de Calidad del Agua del río Jaquira– época de secas.

	EPOCA DE SECAS				
	E1	E2	E3	E4	E5
Macroinvertebrados(ABI)	35	0	1	1	23
Fitoplancton (Total taxas)	12	7	9	8	8
ICA	55.83	37.99	33.63	42.43	50.74

Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos de las tablas 25, 28 y 33.

En la tabla 35 se aprecia que las estaciones 1 y 5 presentan mayor número de géneros tanto para macroinvertebrados como para fitoplancton al igual que el valor de los ICA; mientras que las estaciones 2, 3 y 4 presentan menor número de géneros debido a la mayor presencia de lixiviados, lo cual genera que el ingreso de luz sea casi nulo, por tanto impide el proceso de fotosíntesis y producción de oxígeno siendo esto esencial para la supervivencia y presencia del fitoplancton y macroinvertebrados. Además las especies de fitoplancton presentes en la estación 2 son indicadoras de eutrofización al igual que la estación 3 y 4 que también tienen especies de mesotrofia y eutrofización.

Tabla 36: Análisis comparativo entre macroinvertebrados, fitoplancton e Índice de calidad de agua del río Jaquira - época de lluvias.

	EPOCA DE LLUVIAS				
	E1	E2	E3	E4	E5
Macroinvertebrados (ABI)	41	6	7	5	42
Fitoplancton (Total taxas)	8	5	6	6	7
ICA	62.39	39.78	45.04	27.74	41.93

Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos de las tablas 26, 29 y 33.

Se aprecia que las estaciones 1 y 5 presentan mayor número de géneros a comparación del resto, además que su ICA en estas estaciones es de calidad “regular” lo cual favorece la existencia de mayor número de géneros. Las

estaciones 2, 3 y 4 presentan un ICA de calidad “mala” habiendo en estas estaciones menor número de taxas que en su mayoría son indicadores de una calidad regular a mala.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los análisis del agua del río Jaquira los valores promedio en la época de secas registran una variación de temperatura de 2.49°C, turbidez de 80 UNT, sólidos totales de 1125.5 mg/L, OD 4.99 mg/L, DBO 36.6 mg/L, pH 7.56, nitratos 5.5 mg/L, fosfatos 1.75 mg/L y coliformes fecales $1,1096 \times 10^5$ ufc/ml. Los valores promedio en la época de lluvias registran una variación de temperatura 2.47°C, turbidez de 56 mg/L, sólidos totales 1261.9 mg/L, OD 2.65 mg/L, DBO 114.2 mg/L, pH 7.45, nitratos 6.08 mg/L, fosfatos 1.48 mg/L y coliformes fecales de $2,0706 \times 10^5$ ufc/ml. El DBO y sólidos totales superan los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para la categoría 3 y 4. En la época de secas la concentración promedio del plomo presenta un valor de 0.0021 mg/L y para la época de lluvias el valor promedio es 0.0011 mg/L. El valor promedio del cromo para la época de secas es de 0.0018 mg/L y para la época de lluvias es 0.0012 mg/L. Ambos metales se encuentran dentro de la Categoría 3 y 4 de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental.
2. El Índice Biótico Andino (ABI) del río Jaquira para ambas épocas del año caracteriza al río con una calidad “mala” por la presencia de lixiviados. Se registraron 8 órdenes y 17 familias para la época de secas y 10 órdenes y 23 familias para la época de lluvias. Respecto al fitoplancton en la época de secas se registraron 12 familias y 20 géneros y para la época de lluvias 11 familias y 15 géneros, presentándose en mayor porcentaje la familia Naviculaceae para ambas épocas.
3. Las características físicas, químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados de los lixiviados generados por el botadero controlado de Jaquira presenta valores que corresponden al doble de lo reportado en el resto de las estaciones de muestreo aguas abajo.
4. El índice de calidad de agua del río Jaquira reporta una calidad “mala” para ambas épocas del año con un valor promedio de 43.67.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el monitoreo permanente, por parte de las autoridades competentes, para evaluar los cambios de la calidad del agua espacial y temporalmente, con énfasis en los parámetros vinculados a las filtraciones de lixiviados.
2. Optimizar el tratamiento y manejo del sistema de pozos de lixiviados para evitar infiltraciones hacia el río Jaquira.
3. Recurrir al monitoreo biológico con fines de control de la contaminación en distintas estaciones control del río Jaquira.
4. Establecer alianzas estratégicas con Municipalidades Distritales y Provinciales y Organizaciones interesadas en conocer el estado ecológico de sus ríos.
5. Implementar la aplicación de metodologías bióticas en los demás ríos de la región, para enriquecer el listado de familias y géneros, y así conocer mejor los valores de tolerancia y sensibilidad a diferentes niveles de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acleto , O. C., & Zuñiga, A. R. (1998). *Introducción a las algas* . Lima, Perú: Escuela nueva S.A.
- Alba Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. En D. d. Ecología, *Simposio del agua en Andalucía*. Granada: Almeira.
- Alba Tercedor, J., Jáimez Cuellar, P., Alvarez , M., Avilés , J., Bonada, N., Casas, J., Zamora Muñoz, C. (2004). Caracterización del estado ecologico de ríos mediterraneos ibericos mediante el índice IBMWP antes (BMWP). *Limnetica*, 175-182.
- Amanca, F. (2016). *Impacto ambiental y plan de cierre del ex botadero de Canchauran del Distrito de Urcos - Quispicanchi*. Tesis de Biologo, UNSAAC, Cusco, Perú.
- Andrade, V., & Sotomayor, A. (2011). *Índice de Calidad de Agua y análisis cualitativo de fitoplancton del río Cachimayo - Cusco*. Seminario Curricular, UNSAAC, Cusco.
- APHA-AWWA-WPCF. (1989). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. México: Ediciones Díaz de Santos.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). (1988). Toxicological profile for Chromium . *Syracuse Research Corporation for U.S.*, 135.
- Auge, M. (2007). *Agua fuente de vida*. La plata.
- Avudainayagam, S., Megharaj, M., Owens , G., Kookana , R. S., Chittleborough, D., & Naidu, R. (2003). Chemistry of chromium in soils with emphasis on tannery waste sites. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 180:1-10.
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros Físico-Químicos de la Calidad de las Aguas. Madrid.
- Badillo, G. J. (1985). *Capitulo Diez plomo, Capitulo doce Cadmio*.

- Beltrani, C. (2001). La contaminación: El equilibrio en peligro. *Longseller*, 70-74.
- Bernstein, J. (1992). *Planteamientos alternos para el control de la contaminación y el manejo de desechos*. PGU-BIRF.
- Bourelly, P. (1968). *Les algues d'eau douce Initiation á la systematique*. Paris: Boubée.
- Bourelly, P. (1972). *Les algues d'eau douce Tome I: Les algues vertes*. Paris: Boubée.
- Cáceres, A. A., & Valencia, M. G. (2013). *Efecto de los lixiviados sobre la biota acuatica en el río de Haqaira - Cusco*. Seminario de Investigación, UNSAAC, Cusco, Perú.
- Cairo, D. R. (2013). *Saneamiento ambiental básico en el Distrito de Ccorca - Cusco*. Tesis de Biologo, UNSAAC, Cusco,Perú.
- Canazas, N. R. (2013). *Distribución horizontal de Clorophytas en la laguna de Huacarpay, Provincia de Quispicanchi - Cusco*. Seminario de Investigación, UNSAAC, Cusco.
- Cante, L. (1999). *Manual de evaluación de impacto ambiental tecnicas para la elaboración de estudios de impacto*. España: McGraw-Hill de ingeniería y ciencia.
- Canter, L. W. (1996). *Enviromental impact assessment*. USA: McGraw-Hill.
- Carbajal, Á., & Gonzales, M. (2012). *Propiedades y funciones biologicas del agua*. Madrid: CSIC.
- Centro Guamán Poma de Ayala. (2008). *Salvemos el Huatanay una prioridad para la vida enel valle del Cusco*. Cusco: Tarea asociación gráfica educativa.
- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (1995). *Metodología para el análisis microbiológico de aguas residuales y productos agricolas*. Lima.

- Chatellenaz, M., Dichtiar, M., & Obregón, S. (1994). *Efecto de las perturbaciones sobre la estructura y estabilidad de las comunidades. Cátedra de ecología animal y zoogeografía.*
- Chipa, V., & Tairo, R. (2010). *Evaluación de la contaminación del río Vilcanota y sus efectos sobre la trucha arco iris (Oncorhynchus mikiss) tramo Huambutio - Ollantaytambo. Cusco.*
- Contreras, K., Contreras, J., Corti, M., De Sousa, J., Durán, M., & Escalante, M. (2008). *El agua un recurso para preservar. Mérida.*
- De la Lanza, G., Hernandez, S., & Carbajal, J. L. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). México: Plaza y Valdés.
- Diario El Peruano. (Miércoles de Marzo de 2010). Decreto Supremo N°003-2010-MINAM. *Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.*
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2007). *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales.* Lima.
- Dominguez, E., & Fernandez, H. R. (2008). Intermountain basins use in subtropical regions and their influences on benthic fauna. *River res*, 1-14.
- Espinoza, A. S., & Gonzales, A. (2001). La acumulación de basuras como material geotécnico II: comportamiento de las basuras. *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogota, Colombia.*
- Estrada, G., & Sánchez, M. (2003). *Calidad biótica de las aguas del río Chocco.* Seminario de Investigación, UNSAAC, Cusco, Perú.
- Fernandez Baca, M. (1999). *Índice de Calidad de Agua del río Lucre.* Tesis de Biólogo, UNSAAC, Cusco, Perú.
- Flores, S. (2007). *Algas de Humedal Lucre - Huacarpay.* Seminario de Investigación, UNSAAC, Cusco, Perú.

- Fochetti, R. & Tierno de Figueroa, J. M. (2008). Global diversity of stoneflies (Plecoptera; insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*. 595:365-377.
- Forster, V. K. (1969). *Limnología et ecología regionalis systemae flumines Amazonas*.
- García, M. (2005). *Evaluación de lixiviados en la planta de tratamiento de residuos sólidos proyecto retama Andahuaylillas - Cusco*. Seminario de Investigación, UNSAAC, Cusco, Perú.6u7
- Grimaldi, D. & Engel, M. S. (2005). *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, New York.
- Hahn von Hessberg, C., Ricardo Toro, D., Grajales Quintero, A., Duque Quintero, G., & Serna Uribe, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. *Boletín científico Museo de Historia Natural*, 89-105.
- Huaman, K. (2009). *Invertebrados reofilos indicadores de la calidad de las aguas del río Quesermayo - Calca*. Seminario de Investigación, UNSAAC, Cusco, Perú.
- Huamantínco, A. A. (2015). *Guía rápida macroinvertebrados bentónicos*. Lima.
- Israde, I., & Garduño, V. (2001). *Generación de residuos peligrosos en el entorno del lago de Pátzcuaro*.
- Jiménez, C. B. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Limusa.
- Jiménez, C. B. (2001). *La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Limusa.
- Jimeno, E. (1998). *Análisis de aguas y desagües, Universidad Nacional de Ingeniería UNI*. Lima.
- Kiely, G. (1999). *Ingeniería ambiental: Fundamentos, entornos y sistemas de gestión*. Madrid: Mc. Graw Hill.

- La Torre, L. R., & Luna, K. (2014). *Índice de calidad de agua y nivel de metales pesados del río Araza, Quispicanchi - Cusco*. Tesis de Biologo, UNSAAC, Cusco, Perú.
- Lenntech. (2006). *Agua residual y purificación del aire Holding B. V.* Holanda: Rotterdamseweg.
- León, L. (2003). *Índices de Calidad del Agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma - Chapala*. México: Instituto Mexicano de tecnología del Agua.
- Ley N° 27314. (2001). *Ley General de residuos solidos del Perú*.
- LGEEPA (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente). (2001). *Colección de Porrúa*. México: Porrúa.
- Luján de Fabricius, A. (2000). *Las algas indicadores de la calidad del agua*. Interciencia.
- Malina, F. (1996). *Water Quality in Mays*, Water Resources Handbook. Estados Unidos: McGraw Hill.
- Malpartida, L. M., & Quispe, R. (2003). *Índice de Calidad de Agua de los principales medios loticos en el Santuario Historico de Machupicchu*. Cusco.
- Marchese, M., Gagneten, A. M., Parma, M. J., & Pavé, P. J. (2008). *Acumulation and elimination of chromium by freshwater species exposed to spiked sediments. Archives of enviromental contamination andtoxicology, 55:603-609.*
- McCutcheon, C., León, M., & Barnwel, I. (1992). *Water Quality in Maidment, Handbookof Hydrology*. New York: Mc Granw Hill.
- Mendoza, M. (1996). *Impacto de la tierra, en la calidad del agua de la microcuenca río Sábalos. Cuenca del río San Juan*. Turrialba.
- Ministerio del Ambiente - Minam y agencia de los estados unidos para el desarrollo internacional- USAID/Perú. (2008). *Guía para la identificación,*

formulación y evaluación social de proyectos de residuos sólidos municipales a nivel de perfil.

Mitchell, M., Stapp, W., & Bixby, K. (1991). *Manual de campo de proyecto del río: Una guía para monitorear la Calidad del Agua en el río Bravo.* México.

Nemerow, N. L., & Dasgupta, A. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos.* Ediciones Díaz de santos.

Nriagu, J. O. (1990). Global Metal Pollution: Poisoning the Biosphere. *Enviroment*, 32:7-33.

OMS (Organización Mundial de la Salud). (1979). *Criterios de salud ambiental 3 Plomo.* Organización Panamericana de la Salud y OMS.

Ongley, E. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos.* Italia.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). *El abc de la fiscalización ambiental.* Lima.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). *La Fiscalización ambiental en residuos solidos.* Lima.

Organización Mundial para la Salud (OPS). (1999). *Consideraciones sobre el programa medio ambiente y salud en el Itsmo Centroamericano.* San Jose.

Ott, W. R. (1981). *Enviromental índices: Theory and practice.* Michigan, USA: Ann arbor Sciense publishers INC.

Ott, W. R. (1981). *Enviromental índices: Theory and practice.* Michigan, USA: Ann arbor science publishers.

Pacheco, E. A. (2013). *Evaluación de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentonicos del río Lucre y sus afluentes, Quispicanchi - Cusco.* Seminario de Investigación, UNSAAC, Cusco, Perú.

- Peña, E. J., Palacios, M. L., & Ospina, N. (2005). Algas como indicadores de contaminación. Cali-Colombia: Univalle.
- Peña, G., & Huamán, Y. (2013). *Índice de Calidad del Agua (ICA) y análisis cualitativo de fitoplancton del río Mariño, Abancay - Apurímac*. Seminario de Investigación, UNSAAC, Apurímac, Perú.
- Pereira, M. (2013). *Toxicidad del cromo divalente sobre el alga verde dictyosphaerium chlorelloides y su adaptación a ambientes acuáticos altamente contaminados con este estado de oxidación del metal pesado*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España.
- Pinto, M. (2009). *Régimen jurídico y ambiental de los residuos sólidos. Colombia: Universidad externado de Colombia*. Colombia.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como inidcadores de calidad de las aguas. En *Macroinvertebrados bentonicos sudamericanos, Sistemática y biología* (págs. 631-654). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Puerto Rico Environmental Quality Board - PREQB. (2004). Puerto Rico Water Quality Inventory and List of impared Waters. Puerto Rico: Final Report.
- Quispe, R. D. (2015). *Macroinvertebrados y calidad de agua del río Saphy - Cusco*. Cusco.
- Ramirez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana aportes a su conocimiento y estadística de análisis*. Bogotá: Fundación universida de Bogotá.
- Ramos, L., Ferrary, M., & Mungía, G. (1994). *Determinación de trazas de plomo y cobre en peces del lago de Yojoa, Honduras. Centro de estudios y control de contaminantes, COSUDE, EPIL, OPS/ECO*. Honduras.
- Randulovich, R. (1997). Sostenibilidad en el uso del agua en America Latina. *Revista Forestal Centroamericana*, 15-20.

- Rincón, Z. (2009). Riesgo de contaminar el agua del lago con plomo por resuspensión de sedimentos. Tesis Magistral en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rojas, R. (2002). *Control de calidad del agua SUNASS*.
- Roldan, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. *Colciencias*, 234.
- Romero, J. A. (2009). *Calidad del agua*. Colombia: Alfaomega Grupo editor.
- Sabater, S., & Elozegi, A. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. España: Fundación BBVA.
- Saenz, F. (1995). Identificación de áreas críticas para el manejo de la cuenca del río Pacuare, Costa Rica. Costa Rica: Turrialba.
- Senior, W., & Marquez, A. (1994). *Estudio del comportamiento de los metales en el material en suspensión de las aguas superficiales del río Manzanares, Venezuela*. Venezuela.
- Shen, T. T. (1999). Industrial pollution prevention. 2nd Edition. *Springer*, 40.
- Subsecretaria de Gestión para la Protección Ambiental (SEMARNAT). (2001). *Guía para la gestión ambiental de los residuos sólidos municipales*. México.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. España: McGraw-Hill/Interamericana.
- Tebbutt, T. (1994). *Fundamentos de control de la calidad de agua*. México: Limusa.
- Toro, J. J., Schuster, J., Kurosawa, E., & Araya, M. (2003). *Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores río Maipo*. Santiago: Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.
- Torres, F. (2009). *Desarrollo y aplicación en un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico*. Puerto Rico.

- Vargas, G. (2013). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca del río Mayrasco, Santiago - Cusco*. Seminario de Investigación, Cusco, Perú.
- Vargas, J. R., & Salazar, F. (2007). *Diatomeas Bentónicas en dos lagunas altoandinas del Cusco*. Cusco.
- Vasquez, E. (2001). *Cuantificación y efectos de la producción de lixiviados en el relleno sanitario de Salinas Victoria, N. I.* Nuevo León, Tesis Magistral en Ciencias, Universidad Autónoma de Nuevo Leon, México.
- Walton, H. (1978). *Análisis químico e instrumental moderno*. España: Reverté S.A.
- Wetzel, R. (1989). *Limnology*. New York: 2da Edición Saunders College Publishing.
- Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona, España: Omega.
- Zwick, P. (2004). *Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage*. *Limnologica*, 315-348.

ANEXOS

ANEXO 01: BASE DE DATOS
VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA Y VARIACIÓN DE LA MISMA DEL
AGUA DEL RÍO JAQUIRA.

ESTACIÓN	ÉPOCA DE SECAS				ÉPOCA DE LLUVIAS			
	PRIMER MUERTO		SEGUNDO MUESTREO		PRIMER MUESTREO		SEGUNDO MUESTREO	
	T° AGUA	T° AMBIENTE	T° AGUA	T° AMBIENTE	T° AGUA	T° AMBIENTE	T° AGUA	T° AMBIENTE
Lixiviado	14	14.5	13.5	15	15.3	17	16.5	17.3
Tributario	12	14	11.2	14.2	13.5	16	14.8	16.5
1	12	14.5	12.1	14.5	14.3	16.8	14.4	17.6
2	12.2	14.5	12.5	14.7	14.8	16.7	14.9	17.7
3	12.3	14.8	12.6	14.9	15.5	17.4	15.7	18.1
4	12.5	14.9	12.8	15.5	15.8	18	15.9	18.4
5	12.7	15.4	13	15.9	15.9	18.1	16	19.1
Promedio	12.53	14.66	12.52	14.96	15.01	17.14	15.46	17.81

Estación	Época de secas		Época de lluvias		Época de secas	Época de lluvias
	T°. agua	T°. ambiente	T°. agua	T°. ambiente	ΔT°	ΔT°
Lixiviado	13.75	14.75	15.9	17.15	1	1.25
tributario	11.6	14.1	14.15	16.25	2.5	2.1
1	12.05	14.5	14.35	17.2	2.45	2.85
2	12.35	14.6	14.85	17.2	2.25	2.35
3	12.45	14.85	15.6	17.75	2.4	2.15
4	12.65	15.2	15.85	18.2	2.55	2.35
5	12.85	15.65	15.95	18.6	2.8	2.65
PROMEDIO	12.53	14.81	15.24	17.48	2.28	2.24

OXÍGENO DISUELTO Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN

ESTACIÓN	ÉPOCA DE SECAS		PROMEDIO ÉPOCA DE SECAS	ÉPOCA DE LLUVIAS		PROMEDIO ÉPOCA DE LLUVIAS
	1° MUESTREO	2° MUESTREO		3° MUESTREO	4° MUESTREO	
	Lixiviado	0		0	0	
tributario	8.4	9.6	9	4	4	4
1	6.7	8.4	7.55	5	4	4.5
2	3.3	3.6	3.45	4	2	3
3	2.1	2.4	2.25	3.5	3	3.25
4	4.6	4.8	4.7	0.5	0.5	0.5
5	6.7	7.2	6.95	2	2	2

ESTACIÓN	ÉPOCA DE SECAS						ÉPOCA DE LLUVIAS					
	T° AGUA	OD	Factor de corrección	Altitud	OD x F. corrección	% SAT.	T° AGUA	OD	Factor de corrección	Altitud	OD x F. corrección	% SAT.
Lixiviado	13.75	0	1.65	3949	0	0	15.9	0	1.65	3949	0	0
Tributario	11.6	9	1.61	3757	14.49	130	14.15	4	1.61	3757	6.44	62
1	12.05	7.55	1.63	3842	12.3	114	14.35	4.5	1.63	3842	7.33	71
2	12.35	3.45	1.61	3792	5.55	52	14.85	3	1.61	3792	4.83	46
3	12.45	2.25	1.61	3754	3.62	34	15.6	3.25	1.61	3754	5.23	52
4	12.65	4.7	1.56	3561	7.33	67	15.85	0.5	1.56	3561	0.78	7
5	12.85	6.95	1.54	3446	10.7	99	15.95	2	1.54	3446	3.08	39

PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y COLIFORMES FECALES DEL AGUA DEL RÍO JAQUIRA, POR MUESTREO,

PARÁMETRO	ÉPOCA DE SECAS									
	ESTACIONES DE MUESTREO									
	PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
TEMPERATURA (Δ°C)	2.5	2.3	2.5	2.4	2.7	2.4	2.2	2.3	2.7	2.9
TURBIDEZ (UNT)	50	>100	>100	>100	50	50	>100	>100	>100	50
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	460	1350	1400	1290	1130	440	1320	1460	1285	1120
OD (mg/L)	6.7	3.3	2.1	4.6	6.7	8.4	3.6	2.4	4.8	7.2
DBO (mg/L)	15	102	58	63	22	6	40	25	26	10
pH	7.5	7.5	7.4	7.5	7.6	7.6	7.6	7.4	7.6	7.5
NITRATO (mg/L)	3	9	13	4	2	2	10	12	3	2
FOSFATO (mg/L)	2	1.5	1.5	3	2	2	1	1	2	1.5
COLIFORMES FECALES (ufc/ml)	3×10^2	4.0×10^5	5.0×10^3	7.3×10^4	8.1×10^4	3×10^2	4.0×10^5	5.0×10^3	7.3×10^4	8.1×10^4

PARÁMETRO	ÉPOCA DE LLUVIAS									
	ESTACIONES DE MUESTREO									
	PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
TEMPERATURA (Δ°C)	2.5	1.9	1.9	2.2	2.2	3.2	2.8	2.4	2.5	3.1
TURBIDEZ (UNT)	20	60	50	>100	50	20	60	50	>100	50
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	384	1060	870	2000	1830	350	1630	820	1950	1725
OD (mg/L)	5	4	3.5	0.5	2	4	2	3	0.5	2
DBO (mg/L)	6	40	30	400	30	6	50	40	500	40
pH	7.3	7.6	7.2	7.6	7.6	7.2	7.6	7.2	7.6	7.6
NITRATO (mg/L)	0.2	4	0.5	20	1	0.1	4	0.5	30	0.5
FOSFATO (mg/L)	0.2	4	1.1	2.5	1.1	0.2	1.5	0.98	2.5	0.7
7.3×10^4	3.0×10^2	8.0×10^5	7.3×10^4	8.1×10^4	8.1×10^4	3.0×10^2	8.0×10^5	7.3×10^4	8.1×10^4	8.1×10^4

Estación tributaria:

PARÁMETRO	Época de secas		Promedio época de secas	Época de lluvias		Promedio época de lluvias
	1° muestreo	2° muestreo		1° muestreo	2° muestreo	
TEMPERATURA (Δ°C)	2	3	2.5	2.5	1.7	2.1
TURBIDEZ (UNT)	40	50	45	20	20	20
SOLIDOS TOTALES (mg/L)	760	782	771	540	510	525
OD (mg/L)	8.4	9.6	9	4	4	4
DBO (mg/L)	17	7	12	6	5	5.5
pH	7.6	7.4	7.5	7.5	7.6	7.55
NITRATO (mg/L)	3	3	3	0.3	0.1	0.2
FOSFATO (mg/L)	2	1.5	1.75	0.2	0.12	0.16
COLIFORMES FECALES (ufc/ml)	8.0×10^5	8.0×10^5	8.0×10^5	5.0×10^3	5.0×10^3	5.0×10^3

MEDICIÓN DEL CAUDAL POR MUESTREO

	ÉPOCA DE SECAS									
	PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
CAUDAL (L/S)	9.92	11.97	12.30	24.28	32.03	10.01	12.00	12.95	25.00	32.35

	ÉPOCA DE LLUVIAS									
	PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
	E2	E3	E5	E6	E7	E2	E3	E5	E6	E7
CAUDAL (L/S)	14.37	16.46	16.80	32.31	37.67	17.55	19.60	23.75	39.60	94.69

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS

	ÉPOCA DE SECAS									
	PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
PLOMO (MG/L)	0.000	0.002	0.002	0.005	0.002	0.000	0.002	0.002	0.005	0.001
CROMO (MG/L)	0.000	0.002	0.001	0.004	0.003	0.000	0.001	0.002	0.003	0.002

	ÉPOCA DE LLUVIAS									
	PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
PLOMO (MG/L)	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002
CROMO (MG/L)	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002

Estación tributaria:

	ÉPOCA DE SECAS		ÉPOCA DE LLUVIAS	
	1° MUESTREO	2° MUESTREO	1° MUESTREO	2° MUESTREO
PLOMO (MG/L)	0.002	0.001	0.000	0.000
CROMO (MG/L)	0.001	0.00	0.000	0.000

**ANEXO 02: BASE DE DATOS DE LA BIOTA ACUÁTICA
MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL RÍO JAQUIRA, POR
MUESTREO.**

ORDEN	FAMILIA	ÉPOCA DE SECAS									
		PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
Hirudinea		X					X				
Oligochaeta		X					X				
Gasterópoda	Hydrobiidae	X					X				
Amphipoda	Hyalellidae						X				
Ephemeroptera	Baetidae	X					X				X
	Leptophlebiidae						X				
Odonata	Aeshnidae	X					X				
Díptera	Simuliidae										X
	Psychodidae										X
	Dolichopodidae										X
	Chironomidae	X					X	X			X
	Muscidae										X
	Ephydriidae										X
	Syrphidae				X	X			X	X	

Estación tributario:

ORDEN	FAMILIA	ÉPOCA DE SECAS	
		1° MUESTREO	2° MUESTREO
Hirudinea		X	X
Oligochaeta		X	X
Gasterópoda	Hydrobiidae	X	X
Amphipoda	Hyalellidae		
Ephemeroptera	Baetidae	X	X
	Leptophlebiidae	X	X
Odonata	Aeshnidae	X	X
Coleoptera	Elmidae	X	X
	Dytiscidae	X	
	Hydrophilidae	X	
Díptera	Simuliidae		X
	Psychodidae		
	Dolichopodidae		
	Chironomidae	X	X
	Muscidae		
	Ephydriidae		
	Syrphidae		

ORDEN	FAMILIA	ÉPOCA DE LLUVIAS									
		PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
Hirudinea							X				
Oligochaeta		X	X				X				
Gasterópoda	Physidae										X
	Hydrobiidae	X					X				
	Limnaeidae										
Amphipoda	Hyalellidae										
Ephemeroptera	Baetidae	X					X				X
	Leptophlebiidae										X
Odonata	Aeshnidae						X				
Trichoptera	Leptoceridae										
Lepidoptera	Pyrilidae						X		X	X	
Coleoptera	Scirtidae										
	Elmidae	X				X					X
	Gyrinidae						X				
	Dytiscidae	X				X	X				
	Hydrophilidae						X				
Diptera	Simuliidae										X
	Psychodidae		X								X
	Dolichopodidae						X				
	Empididae					X					X
	Chironomidae	X	X	X		X	X				X
	Muscidae		X			X					X
	Syrphidae		X	X	X	X				X	X

Estación tributario:

ORDEN	FAMILIA	ÉPOCA DE LLUVIAS	
		1° MUESTREO	2° MUESTREO
Hirudinea		X	X
Oligochaeta		X	X
Gasterópoda	Physidae		
	Hydrobiidae		X
	Limnaeidae	X	
Amphipoda	Hyalellidae	X	X
Ephemeroptera	Baetidae	X	X
	Leptophlebiidae	X	X
Odonata	Aeshnidae	X	X
Trichoptera	Leptoceridae		X
Lepidoptera	Pyrilidae		
Coleoptera	Scirtidae		X
	Elmidae	X	X
	Gyrinidae	X	
	Dytiscidae		X
	Hydrophilidae		X
Diptera	Simuliidae		X
	Psychodidae		
	Dolichopodidae		
	Empididae	X	
	Chironomidae	X	X
	Muscidae		
	Syrphidae		

FITOPLANCTON IDENTIFICADO EN EL RÍO JAQUIRA PARA AMBAS ÉPOCAS DEL AÑO POR MUESTREO.

DIVISIÓN	FAMILIA	GENERO	ÉPOCA DE SECAS											
			PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO						
			E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5		
BACILLARIOPHYTA	Achnantaceae	<i>Cocconeis</i>	X						X					
	Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i>		X										
	Cymbellaceae	<i>Caloneis</i>	X			X	X					X	X	
		<i>Cymbella</i>	X											
	Epithemiaceae	<i>Epithemia</i>	X		X		X	X						
		<i>Rhopalodia</i>			X	X	X	X		X				
		<i>Denticula</i>				X	X	X			X	X		
	Fragillariaceae	<i>Fragillaria</i>	X				X							
		<i>Synedra</i>		X						X				
	Naviculaceae	<i>Amphora</i>	X		X		X	X		X		X		
		<i>Navicula</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
<i>Pinnularia</i>		X						X						
<i>Gomphonema</i>			X	X						X				
Surirellaceae	<i>Surirella</i>		X		X				X				X	
EUGLENOPHYTA	Euglenaceae	<i>Euglena</i>				X				X	X			
CHLOROPHYTA	Desmidiaceae	<i>Closterium</i>	X		X		X	X			X	X		
	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>		X					X					
CYANOPHYTA	Oscillatoriaceae	<i>Spirulina</i>	X						X					
		<i>Oscillatoria</i>		X	X	X				X				

DIVISIÓN	FAMILIA	GENERO	ÉPOCA DE LLUVIAS										
			PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO					
			E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5	
BACILLARIOPHYTA	Achnantaceae	<i>Cocconeis</i>							X				
	Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i>		X						X			
	Cymbellaceae	<i>Caloneis</i>	X				X	X			X	X	
	Epithemiaceae	<i>Epithemia</i>	X			X		X		X	X		
		<i>Rhopalodia</i>			X			X		X			
		<i>Denticula</i>	X			X	X	X			X	X	
	Fragillariaceae	<i>Fragillaria</i>	X										X
	Naviculaceae	<i>Amphora</i>				X		X			X	X	
		<i>Navicula</i>	X		X	X	X	X		X	X		
		<i>Gomphonema</i>		X				X	X	X			
	Surirellaceae	<i>Surirella</i>						X	X				
EUGLENOPHYTA	Euglenaceae	<i>Euglena</i>			X					X	X		
CHLOROPHYTA	Desmidiaceae	<i>Closterium</i>				X	X						
	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>						X					
CYANOPHYTA	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>		X	X		X	X	X	X	X	X	

ANEXO 03: PRESENCIA AUSENCIA DE FITOPLANCTON.

ÉPOCA DE SECAS

GENERO	E1	E2	E3	E4	E5	T
<i>Cocconeis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Hantzschia</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Caloneis</i>	1	0	0	1	1	1
<i>Cymbella</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Epithemia</i>	1	0	1	0	1	1
<i>Rhopalodia</i>	1	0	1	1	1	1
<i>Denticula</i>	1	0	0	1	1	1
<i>Fragillaria</i>	1	0	0	0	1	1
<i>Synedra</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Amphora</i>	1	0	1	0	1	1
<i>Navicula</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Pinnularia</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Gomphonema</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Surirella</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Euglena</i>	0	0	1	1	0	0
<i>Closterium</i>	1	0	1	0	1	1
<i>Spirogyra</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Spirulina</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Anabaena</i>	0	1	1	1	0	0
<i>Oscillatoria</i>	0	0	1	1	0	1

ÉPOCA DE LLUVIAS

GENERO	E1	E2	E3	E4	E5	T
<i>Cocconeis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Hantzschia</i>		1	0	0	0	0
<i>Caloneis</i>	1	0	0	1	1	1
<i>Cymbella</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Epithemia</i>	1	0	1	1	0	1
<i>Rhopalodia</i>	1	0	1	0	0	0
<i>Denticula</i>	1	0	0	1	1	1
<i>Fragillaria</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Synedra</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i>	1	0	0	1	1	1
<i>Navicula</i>	1	0	1	1	1	1
<i>Pinnularia</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Gomphonema</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Surirella</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Euglena</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Closterium</i>	0	0	0	1	1	1
<i>Spirogyra</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Spirulina</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Anabaena</i>	0	1	1	0	1	0
<i>Oscillatoria</i>	0	0	0	0	0	0

ANEXO 04: PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA.

CATEGORÍA 1 – A

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

FÍSICOS – QUÍMICOS

Aceites y grasas	mg/L	0.5	1.7	1.7
Cianuro total	mg/L	0.07	0.2	0.2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de color verdadero escala Pt/Co	15	100(a)	**
Conductividad	(uS/cm)	1500	1600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0.003	**	**
Fluoruros	mg/L	1.5	**	**
Fosforo total	mg/L	0.1	0.15	0.15
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻)	mg/L	3	3	**
Amoníaco-N	mg/L	1.5	1.5	**
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0.9	5	5
Antimonio	mg/L	0.02	0.02	**
Arsénico	mg/L	0.01	0.01	0.15
Bario	mg/L	0.7	1	**
Berilio	mg/L	0.012	0.04	0.1
Boro	mg/L	2.4	2.4	2.4
Cadmio	mg/L	0.003	0.005	0.01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo total	mg/L	0.05	0.05	0.05
Hierro	mg/L	0.3	1	5
Manganeso	mg/L	0.4	0.4	0.5
Mercurio	mg/L	0.001	0.002	0.002
Molibdeno	mg/L	0.07	**	**
Níquel	mg/L	0.07	**	**
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.04	0.04	0.05
Uranio	mg/L	0.02	0.02	0.02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 – C28 y mayores a C28)	mg/L	0.01	0.2	1.0
Trihalometanos	(c)	1.0	1.0	1.0
Bromoformo	mg/L	0.1	**	**

Cloroformo	mg/L	0.3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0.1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0.06	**	**
<u>Compuestos Orgánicos Volátiles</u>				
1,1,1,-Tricloroetano	mg/L	0.2	0.2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0.03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0.03	0.03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0.0006	0.0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0.04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0.004	0.004	**
Tricloroetano	mg/L	0.07	0.07	**
<u>BITEX</u>				
Benceno	mg/L	0.01	0.01	**
Etilbenceno	mg/L	0.3	0.3	**
Tolueno	mg/L	0.7	0.7	**
Xilenos	mg/L	0.5	0.5	**
<u>Hidrocarburo Aromáticos</u>				
Benzo (a) pireno	mg/L	0.0007	0.0007	**
Pentaclorofenol	mg/L	0.009	0.009	**
<u>Organofosforados:</u>				
Malatión	mg/L	0.19	0.0001	**
<u>Organoclorados</u>				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0.00003	0.00003	**
Clordano	mg/L	0.0002	0.0002	**
DDT	mg/L	0.001	0.001	**
Eldrin	mg/L	0.0006	0.0006	**
Hepatocloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0.00003	0.00003	Retirado
Lindano	mg/L	0.002	0.002	**
<u>Carbamatos:</u>				
Aldicarb	mg/L	0.01	0.01	**
<u>Policloruros Bifenilos Totales</u>				
PCB's	mg/L	0.0005	0.0005	**
<u>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</u>				
Coliformes totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5000	50000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	20	2000	20000
Formas parasitarias	N° Organismos/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	0	**	**
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0.001	0.001	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (d)	N° Organismos/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

Fuente D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015.

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) Después de la filtración simple

(c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{Cloroformo}{ECAcloroformo} + \frac{Cdibromoclorometano}{ECAdibromoclorometano} + \frac{Cbromodiclorometano}{ECAbromodiclorometano} + \frac{Cbromoformo}{ECAbromoformo} \leq 1$$

Dónde:

C = Concentración en mg/L y

ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano)

(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

CATEGORÍA 1 – B

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS Y QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro libre	mg/L	0.022	0.022
Cianuro Wad	mg/L	0.08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	Ausencia de espuma persistente
Materiales flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO_3^-)	mg/L	10	**
Nitritos (NO_2^-)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25°C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥4
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.0 a 9.0	**
Sulfuros	mg/L	0.05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0.2	**
Antimonio	mg/L	0.006	**
Arsénico	mg/L	0.01	**
Bario	mg/L	0.7	**
Berilio	mg/L	0.04	**
Boro	mg/L	0.5	**
Cadmio	mg/L	0.01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0.05	**
Cromo VI	mg/L	0.05	**
Hierro	mg/L	0.3	**
Manganeso	mg/L	0.1	**
Mercurio	mg/L	0.001	**
Niquel	mg/L	0.02	**
Plata	mg/L	0.01	0.05
Plomo	mg/L	0.01	**
Selenio	mg/L	0.01	**
Uranio	mg/L	0.02	0.02
Vanadio	mg/L	0.1	0.1
Zinc	mg/L	3	**

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes totales (35-37°C)	NMP/100ml	1000	4000
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	200	1000
<i>Escherichia coli</i>	E. coli/100ml	Ausencia	Presencia
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Presencia
<i>Enterococos intestinalis</i>	NMP/100ml	200	**
<i>Salmonella sp</i>	Presencia/100ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia

Fuente D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015.

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml
- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

CATEGORÍA 2

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub categoría 1 (C1)	Sub categoría 2 (C1)	Sub categoría 3 (C3)	Sub categoría 4 (C4)
		Extracción y cultivo de moluscos	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas	Otras actividades	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
FÍSICOS – QUÍMICOS					
Aceites y grasas	mg/L	1.0	1.0	2.0	1.0
Cianuro wad	mg/L	0.004	0.004	**	100(a)
Color (después de filtración simple) (b)	Unidad de color verdadero escala Pt/Co	100(a)	100(a)	**	100(a)
Materiales flotantes de origen antropogenico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	**	10	10	10
Fosforo total	mg/L	0.062	0.062	**	0.025
Nitratos (NO_3^-)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2.5	≥ 5
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	7 - 8.5	6.8 - 8.5	6.8 – 8.5	6.0 – 9.0
Solidos suspendidos totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$
INORGÁNICOS					
Amoniaco	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0.64	0.64	0.64	**
Arsénico	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.1
Boro	mg/L	5	5	**	0.75
Cadmio	mg/L	0.01	0.01	**	0.01
Cobre	mg/L	0.0031	0.05	0.05	0.2
Cromo VI	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.10
Mercurio	mg/L	0.00094	0.0001	0.0018	0.00077
Niquel	mg/L	0.0082	0.1	0.074	0.052
Plomo	mg/L	0.0081	0.0081	0.03	0.0025
Selenio	mg/L	0.071	0.071	**	0.005
Talio	mg/L	**	**	**	0.0008
Zinc	mg/L	0.081	0.081	0.12	1.0
ORGÁNICO					

Hidrocarburos de petróleo totales (fracción aromática)	mg/L	0.007	0.007	0.01	**
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES					
(PCB's)	mg/L	0.00003	0.00003	0.00003	0.000014
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100	≤14 (área aprobada) (c)	≤30	1000	200
	NMP/100	*≤88 (área restringida) (c)			

Fuente D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015.

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) Área Aprobada: Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

(1) Nitrógeno amoniacal para aguas dulce:

Estándar de calidad de concentración del nitrógeno amoniacal en diferente pH y temperatura para la protección de la vida acuática (mg/L de NH₃).

		pH							
		6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0
Temperatura (°C)	0	231	73.0	23.1	2.33	2.33	0.749	0.25	0.042
	5	153	48.3	15.3	1.54	1.54	0.502	0.172	0.034
	10	102	32.4	10.3	1.04	1.04	0.343	0.121	0.029
	15	69.7	22.0	6.98	0.715	0.715	0.239	0.089	0.026
	20	48.0	15.2	4.82	0.499	0.499	0.171	0.067	0.024
	25	33.5	10.6	3.37	0.354	0.354	0.125	0.053	0.022
	30	23.7	7.50	2.39	0.256	0.256	0.094	0.043	0.021

Fuente D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015.

Nota: Las mediciones de amoníaco total en el medio ambiente acuático a menudo se expresan en mg / L de amoníaco total -N. Los actuales valores de referencia (mg / L de NH₃) se pueden convertir a mg/L de amoníaco total - N multiplicando el valor de referencia correspondiente por 0.8224. No recomendado pauta para las aguas marinas

CATEGORÍA 3

CATEGORÍAS		ECA AGUA: CATEGORÍA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDA DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS – QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro wad	mg/L	0.1	0.1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2	0.5
Fenoles	mg/L	0.002	0.01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos y Nitritos	mg/L	100	100
Nitritos($NO_2^- - N$)	mg/L	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial del Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ3	Δ3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0.1	0.2
Bario	mg/L	0.7	**
Berilio	mg/L	0.1	0.1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0.01	0.05
Cobre	mg/L	0.2	0.5
Cobalto	mg/L	0.05	1
Cromo Total	mg/L	0.1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	0.001	0.01
Niquel	mg/L	0.2	1
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.02	0.05
Zinc	mg/L	2	24
PLAGUICIDAS			

Parathión	ug/L	35	35
ORGANOCOLORADOS			
Aldrin	ug/L	0.004	0,7
Clordano	ug/L	0.006	7
DDT	ug/L	0.001	30
Dieldrin	ug/L	0.5	0.5
Endosulfan	ug/L	0.01	0.01
Endrin	ug/L	0.004	0.2
Heptacloro y heptano epóxido	ug/L	0.01	0.03
Lindano	ug/L	4	4
CARBAMATO:			
Aldicarb	ug/L	1	11
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES			
Policloruros Bifenilos totales (PCB's)	ug/L	0.04	0.045
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes totales (35 – 37°C)	NMP/100ml	1000	5000
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	1000	1000
<i>Enterococos intestinales</i>	NMP/100ml	20	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	<1	<1

Fuente D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015.

(a) para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de Filtración Simple.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

CATEGORÍA 4

		CATEGORÍA 4				
PARAMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS – QUÍMICOS						
Aceites y grasa(MEH)	mg/L	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Cianuro total	mg/L	0.0052	0.0052	0.0052	0.001	0.001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0.008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1000	1000	1000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2.56	2.56	2.56	5.8	5.8
Fosforo total	mg/L	0.035	0.05	0.05	0.124	0.062
Nitratos (NO_3^-)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1.9	1.9	1.9	0.4	0.55
Nitrógeno total	mg/L	0.315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0	6.8 – 8.5	6.8 – 8.5
Solidos suspendidos totales	mg/L	≤25	≤100	≤400	≤100	30
Sulfuros	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ2	Δ2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0.61	1.6	0.61	**	**
Arsénico	mg/L	0.15	0.15	0.15	0.036	0.036
Bario	mg/L	0.7	0.7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0.00025	0.00025	0.00025	0.0088	0.0088
Cobre	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
Cromo VI	mg/L	0.011	0.011	0.011	0.05	0.05
Mercurio	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Niquel	mg/L	0.052	0.052	0.052	0.0082	0.0082
Plomo	mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	0.0081	0.0081
Selenio	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.071	0.071
Talio	mg/L	0.0008	0.0008	0.0008	**	**
Zinc	mg/L	0.12	0.12	0.12	0.081	0.081
ORGÁNICOS						
I. Compuestos Orgánicos volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTTP	mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Hexaclorobutadieno	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
BITEX						
Benceno	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<u>Hidrocarburos Aromáticos</u>						
Benzo(a)pireno	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Antraceno	mg/L	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
Fluoranteno	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
PLAGUICIDAS						
<u>Organofosforados:</u>						
Malatión	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Parathión	mg/L	0.000013	0.000013	0.000013	**	**
<u>ORGANOCOLORADOS</u>						
Aldrin	mg/L	0.000004	0.000004	0.000004	**	**
Clordano	mg/L	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000004	0.000004
DDT (suma de 4,4DDD Y 4,4 DDF)	mg/L	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
Dieldrin	mg/L	0.000056	0.000056	0.000056	0.0000019	0.0000019
Endosulfan	mg/L	0.000056	0.000056	0.000056	0.0000087	0.0000087
Endrin	mg/L	0.000036	0.000036	0.000036	0.0000023	0.0000023
Heptacloro	mg/L	0.0000038	0.0000038	0.0000038	0.0000036	0.0000036
Heptacloro epóxido	mg/L	0.0000038	0.0000038	0.0000038	0.0000036	0.0000036
Lindano	mg/L	0.00095	0.00095	0.00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
CARBAMATO						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0.00015	0.00015	0.00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB´s)	mg/L	0.000014	0.000014	0.000014	0.00003	0.00003
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	1000	2000	2000	2000	2000

Fuente D. S. N° 015-2015-MINAM, 2015.

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) Después de la filtración simple

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

NOTA GENERAL:

- Todos los parámetros que se norman para las diferentes categorías se encuentran en concentraciones totales, salvo se indique lo contrario

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerándola media histórica de la información disponible en los

últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los límites de cuantificación y el límite de detección.

ANEXO 05: GALERÍA FOTOGRÁFICA.

MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS DEL RÍO JAQUIRA

ORDEN AMPHIPODA



Familia Hyalellidae

ORDEN EPHEMEROPTERA



Familia Baetidae

ORDEN EPHEMEROPTERA



Familia Leptophlebiidae

ORDEN ODONATA



Familia Aeshnidae

ORDEN TRICHOPTERA



Familia Hydroptilidae

ORDEN LEPIDOPTERA



Familia Pyralidae

ORDEN COLEOPTERA



Familia Elmidae (adulto)

ORDEN COLEOPTERA

ORDEN COLEOPTERA



Familia Elmidae (larva)

ORDEN COLEOPTERA



Familia Scirtidae

ORDEN COLEOPTERA



Familia Gyrinidae(adulto)

ORDEN COLEOPTERA



Familia Gyrinidae (larva)



Familia Dytiscidae (adulto)

ORDEN COLEOPTERA



Familia Dytiscidae (larva)

ORDEN DIPTERA



Familia Chironomidae

ORDEN DIPTERA



Familia Empididae

ORDEN DIPTERA



Familia Simuliidae

ORDEN DIPTERA



Familia Psychodidae

ORDEN DIPTERA



Familia Ephydriidae

ORDEN DIPTERA



Familia Syrphidae

ORDEN DIPTERA



Familia Ceratopogonidae (pupa)

CLASE GASTEROPODA



Familia Physidae



Familia Limnaeidae

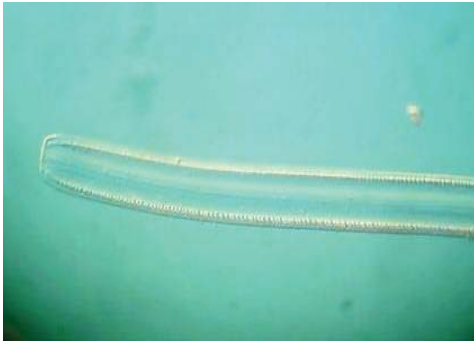
CLASE HIRUDINEA



CLASE OLIGOCHAETA

FITOPLANCTON IDENTIFICADO DEL RÍO JAQUIRA

FAMILIA BACILLARIACEAE



Nitzschia

FAMILIA BACILLARIACEAE



Bacillaria

FAMILIA BACILLARIACEAE



Hantzschia

FAMILIA CYMBELLACEAE



Caloneis

FAMILIA CYMBELLACEAE



Cymbella

FAMILIA EPITHEMIACEAE



Epithemia

FAMILIA EPITHEMIACEAE



Rhopalodia

FAMILIA EPITHEMIACEAE



Denticula

FAMILIA FRAGILLARIACEAE



Fragillaria

FAMILIA FRAGILLARIACEAE



Synedra

FAMILIA NAVICULACEAE



Amphora

FAMILIA NAVICULACEAE



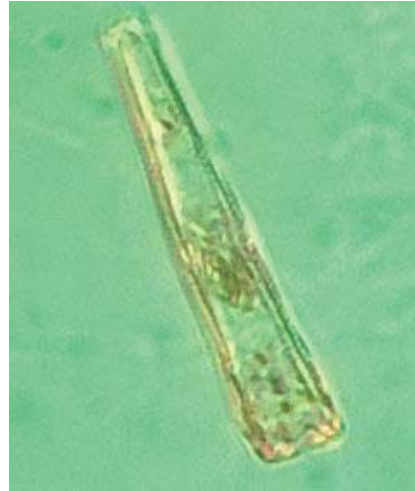
Navicula

FAMILIA NAVICULACEAE



Pinnularia

FAMILIA NAVICULACEAE



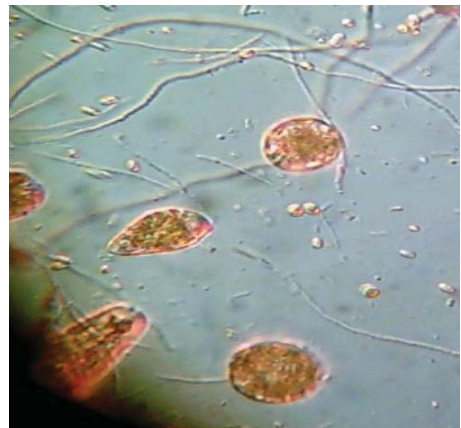
Gomphonema

FAMILIA SURIRELLACEAE



Surirella

FAMILIA EUGLENACEAE



Euglena

FAMILIA DESMIDIACEAE



Closterium

FAMILIA ZYGNEMATACEAE



Spirogyra

FAMILIA OSCILLATORIACEAE



Oscillatoria

FAMILIA OSCILLATORIACEAE



Spirulina

FAMILIA NOSTOCACEAE



Anabaena

FOTOS DE ÁREA DE ESTUDIO, METODOLOGÍA, Y USOS REFERENTES AL QUE SE LE DA AL RÍO JAQUIRA



Zonas por donde circula los lixiviados, teñidos por estos.



Zonas de cultivo cerca al río en estudio.



Zonas de cultivo cerca al río en estudio.



Zonas de cultivo cerca al río en estudio.



Zonas de cultivo cerca al río en estudio.



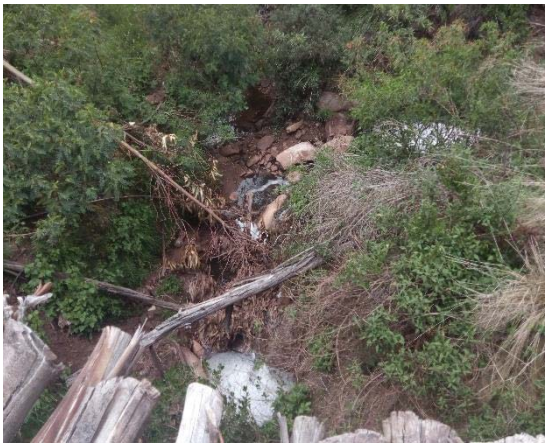
Primera estación de muestreo.



Primera estación de muestreo.



Suelos contaminados por lixiviados.



Estación tributaria.



Estación tributaria.



Estación tres del río Jaquira, cerca de esta cultivos de papa.



Estación cinco del río Jaquira.



Estación cinco del río Jaquira, donde se realiza lavado de ropa.



Estación cinco del río Jaquira, donde se realiza el lavado de carne de res.



Ladera afectada por los lixiviados.



Segundo poso de lixiviados.



Ladera afectada por los lixiviados. Se aprecia el color oscuro, a causa de los lixiviados.



Ladera afectada por los lixiviados.



Cabecera del río Jaquirá.



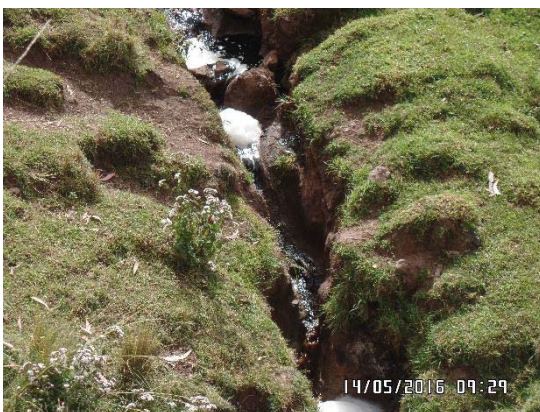
Cabecera del río Jaquirá. Afectado por desechos sólidos.



Río Jaquirá fuente importante de humedad de los suelos.



Aguas del río Jaquirá uniéndose con los lixiviados.



Canal de lixiviados que llega al río Jaquirá.



Canal de lixiviados que llega al río Jaquirá. Cerca a esto cultivos de cebada.



Aguas del río Jaquira uniéndose con los
lixiviados.



Aguas del río Jaquira uniéndose con los
lixiviados.



Contaminación del río Jaquira por
desechos sólidos.



Contaminación del río Jaquira, estación
cinco, por lavado de autos.



Estación cinco, uso del agua del río
Jaquira como bebida de animales.



Pastoreo de ganado muy cerca al río
Jaquira.



Recolección de macroinvertebrados.



Lectura de la temperatura.



Filtrado de agua para el fitoplancton.



Trabajo en campo.



Toma de muestras.



Macroinvertebrados recolectados.



Toma de la temperatura in situ.



Toma de muestras.



Filtrado del agua y su recolección.



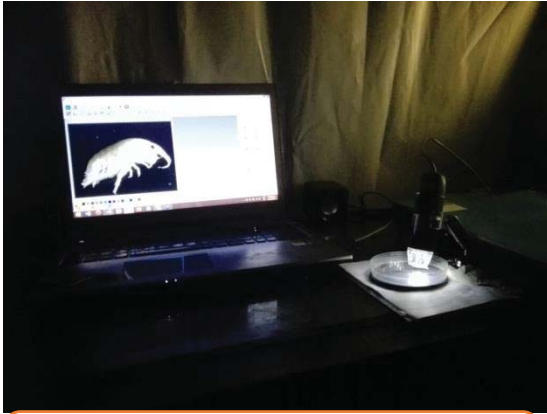
Toma de muestras bacteriológicas.



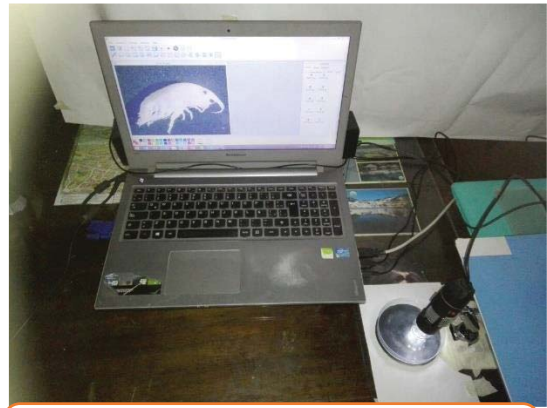
Captura de macroinvertebrados por arrastre.



Muestras llevadas a laboratorio correspondiente.



Cámara digital NEO LED adaptado a una laptop.



Cámara digital NEO LED adaptado a una laptop.



Medición del caudal.



Medición del caudal.



Captura de macroinvertebrados.



Captura de macroinvertebrados.



Rotulado y toma de datos.



Rotulado y toma de datos.



Fijación para el OD.



Fijación para el OD.



Fijación para el OD.



Traslado de las muestras.