

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La problemática de la contaminación en el medio ambiente nos muestra un gran impacto negativo a nuestro entorno ecológico y a la sociedad, exponiendo a las zonas más susceptibles como, es el medio acuático, que por la actividad agrícola y antrópica se provoca la muerte de los distintos organismos acuáticos.

Los ecosistemas acuáticos continentales, más que ningún otro ecosistema, son los que han sufrido con mayor intensidad los impactos ocasionados por la actividad humana en los últimos años, los desechos industriales y domésticos de la población que crece día a día tienen como destino final los ríos, por ello la fauna ha disminuido sustancialmente, la biología y hábitats han sido alterados por estos motivos. (Jonsson et al 2001).

La modificación progresiva de la naturaleza por la contaminación se torna con frecuencia en tóxica a corto o largo plazo, han contribuido a hacer de la determinación de la calidad biológica de las aguas una de las tareas cotidianas de los organismos de aplicación y una de las principales preocupaciones de la investigación hidrobiológica (Verneaux en Rodier, 1989).

Asimismo, los cambios en el uso del suelo hacen que los recursos hídricos sufran degradación de la calidad a través de la contaminación agroquímica, incremento de la carga orgánica y aumento de la sedimentación (Hayward 2005, Coutinho et al. 2009).

La importancia de los ecosistemas acuáticos son definidos en función de su rol ecológico fundamental como regulador de procesos hídricos, ya que ellos constituyen hábitats de especies animales y vegetales, porque desde un punto de vista socioeconómico prestan importantes servicios a las sociedades humanas. A pesar de su aparente abundancia, el agua dulce es uno de los recursos naturales más limitados y críticos para una humanidad en constante crecimiento. (ASB-ICRAF 2008).

Esto no escapa a la realidad de la ciudad de Tarija, debido a que posee un clima de tipo semiárido, por lo tanto los ríos y las aguas subterráneas constituyen recursos muy valiosos tanto para el consumo humano como para el riego, el desarrollo de las actividades humanas en el Valle Central, ocasiona deterioro de la calidad de estos recursos hídricos. Las causas de contaminación de las aguas superficiales en la región del Valle Central son esencialmente de origen agrícola y doméstico (ZONISIG, 2001; Brandt, 2006).

De esta forma, la contaminación de las aguas es un asunto de gran relevancia actual y por lo tanto debe ser objeto de observación y manejo inmediato, contando con monitoreo y evaluaciones periódicas en cuanto a la calidad del agua, de lo contrario las consecuencias podrían llegar a ser irreparables dada la magnitud de los daños ambientales que trae consigo.

A pesar de su destacada importancia, los ecosistemas dulceacuícolas vienen sufriendo grandes impactos por factores antropogénicos, como el represamiento y remoción de la vegetación ribereña, que ocasionan cambios drásticos en el flujo natural de la materia y la energía y modificaciones en el ciclo de nutrientes, especialmente del nitrógeno y fósforo, y en la disponibilidad de sustratos orgánicos (Jorcin & Nogueira 2008). Asimismo, los cambios en el uso del suelo hacen que los recursos hídricos sufran degradación de la calidad a través de la contaminación agroquímica, incremento de la carga orgánica y aumento de la sedimentación (Hayward 2005, Coutinho et al. 2009).

Por consiguiente, hay una necesidad evidente de herramientas apropiadas para la evaluación de la calidad ecológica de las aguas con fines de implementar medidas eficaces de monitoreo y rehabilitación de los ecosistemas acuáticos (Fossati et al., 2006).

El uso de Macroinvertebrados acuáticos constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad del agua, siendo necesario para un adecuado control y conservación de un ecosistema (Roldán, 1996).

JUSTIFICACIÓN.

La Cuenca de Tolomosa es la principal fuente de agua para el área rural, las aguas del río San Andrés, desembocan al río Tolomosa que alimentan al embalse San Jacinto.

La comunidad de San Andrés, se encuentra en el cantón Lazareto, provincia Cercado, presenta un enorme potencial hídrico, también considerado un lugar turístico importante para la ciudad de Tarija.

Sin embargo, estas fuentes de agua están sujetas a diversas presiones y alteraciones provocadas por la acción del hombre como ser: la reducción paulatina de la cobertura vegetal por la deforestación, el sobre pastoreo y los incendios forestales que amenazan continuamente con deteriorar las fuentes de agua, lo que está poniendo en serio riesgo la continuidad del servicio ambiental para los habitantes de la zona. Las actividades agrícolas, con el uso no controlado de agroquímicos, plaguicidas y el deficiente saneamiento básico de la zona también suponen un deterioro permanente de la calidad hídrica del río San Andrés.

A esto se suma la falta de seguimientos, monitoreos y evaluaciones de la calidad del agua en los cursos de los ríos del departamento de Tarija. Actualmente no se cuenta con la información suficiente que permitan diseñar o realizar planes de manejo integral de cuencas o el aprovechamiento hídrico.

Es importante señalar que el río de la comunidad de San Andrés, no cuenta con datos de evaluación de su calidad y grado de polución, que permitan un mejor aprovechamiento socioeconómico y ambiental de estas aguas.

De esta manera lo que se pretende con este trabajo, es establecer el grado de calidad de las aguas del río de San Andrés, para que en lo posterior, se puedan diseñar y aplicar políticas, planes, programas y proyectos orientados a un mejor manejo integral de cuencas y recursos hídricos. Además permitirán realizar una gestión adecuada de las aguas del río San Andrés.

OBJETIVOS

1.1. Objetivo General.

- Determinar el grado de polución del agua del río San Andrés, mediante el método de Índice Biótico basado en la captura e identificación de macro- invertebrados, para evaluar la calidad del agua de la cuenca de Tolomosa.

1.2. Objetivos Específicos.

- Identificar taxonómicamente a nivel de familia los macro-invertebrados acuáticos en el río San Andrés.
- Evaluar mediante análisis biológico el grado de calidad y polución del agua mediante la determinación del Índice Biótico
- Determinar la calidad del agua del río San Andrés mediante el Índice BMWP.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Manejo de cuencas hidrográficas

El Manejo de Cuencas Hidrográficas es el proceso por el cual se coordinan actividades de conservación, manejo y uso del agua, suelos y recursos relacionados, entre diferentes sectores de una cuenca hidrográfica, con el objetivo de maximizar los beneficios sociales y económicos derivados de los recursos acuíferos de una forma equitativa, al mismo tiempo que se preservan y restauran ecosistemas de agua dulce(http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica)

2.2. Cuenca hidrográfica

La Cuenca Hidrográfica se define como la unidad territorial natural que capta la precipitación, y es por donde transita el escurrimiento hasta un punto de salida en el cauce principal o sea es un área delimitada por una divisoria topográfica denominada parte-agua que drena a un cauce común.

La cuenca hidrográfica es un territorio definido por la línea divisoria de las aguas en la cual se desarrolla un sistema hídrico superficial, formando una red de cursos de agua que concentran caudales hasta formar un río principal que lleva sus aguas a un lago o mar, todo punto de la tierra está dentro de una cuenca (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica)

2.3. Protección-Regulación de inundaciones

En condiciones naturales los ríos sirven como acumuladores temporales de agua, protegiendo las poblaciones ribereñas de los daños de las crecidas. Esta acumulación de agua ayuda a reducir la velocidad de la corriente y disminuye la altura del agua, lo que reduce el potencial erosivo. El agua acumulada se desagua lentamente, de forma sincronizada, regulando los caudales. Sin embargo, cuando existe remoción de materiales, como ocurre en el Guadalquivir (arena y cascajo para construcciones),

existe un mayor peligro que las poblaciones aguas abajo sufran de inundaciones provocadas por este tipo de perturbación (Cammaerts D. 1996).

La modificación progresiva de la naturaleza de las contaminaciones que se tornan con frecuencia en tóxicas a corto o largo plazo, han contribuido a hacer de la determinación de la calidad biológica de las aguas una de las tareas cotidianas de los organismos de aplicación y una de las principales preocupaciones de la investigación hidrobioecológica (VERNEAUX EN RODIER, 1989 citado por Roldan 1999).

2.4. Ecosistema lótico

Un ecosistema lótico es el ecosistema de un río, arroyo o manantial. Incluido en el medio ambiente están las interacciones bióticas (entre plantas, animales y microorganismos) así como las interacciones abióticas (físicas y químicas).

El adjetivo Lótico se refiere al agua fluvial, del Latín lotus, participio pasado de lavere, lavar. Los ecosistemas lóticos pueden contrastarse con los ecosistemas lénticos, término que abarca las aguas terrestres relativamente estancadas tales como lagos y estanques. Juntos, estos dos ecosistemas forman el campo de estudio general de la limnología, que puede contrastarse a la oceanografía.

Las aguas lóticas pueden tener diversas formas, del venero con unos cuantos centímetros a los grandes ríos con un cauce de varios kilómetros de ancho. A pesar de tales diferencias, las siguientes características comunes hacen de la ecología de las corrientes de agua un hábitat único, distinto de otros hábitats acuáticos.

- El flujo es unidireccional.
- Presenta un estado de cambio físico continuo.
- Hay muchos grados de heterogeneidad espacial y temporal, a todas las escalas (micro-hábitats).
- Gran diversidad de ecosistemas lóticos.
- El biota está especializado para vivir en condiciones fluviales.

- Aguas detenidas como lagos, lagunas, etc.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Ecosistema_l%C3%B3tico)

2.5. Ecosistema léntico

Los ambientes lénticos son cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir, como los lagos, las lagunas, los esteros o los pantanos. Comprenden todas las aguas interiores que no presentan corriente continua; es decir, aguas estancadas sin ningún flujo de corriente.

Estos ambientes cambian con el tiempo, disminuyendo su profundidad y aumentando su vegetación hasta la desaparición total del cuerpo de agua. Por lo general tienen poca profundidad y menor variación de la temperatura. En estos ambientes se distinguen zonas bien definidas: la litoral, la limnética y la profunda.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Ecosistema_len%C3%B3tico)

2.6. Contaminación hídrica

La contaminación hídrica o contaminación del agua se produce cuando se le agrega o deposita algún material o sustancia tóxica, y eso afecta a su comportamiento habitual. La contaminación de las aguas puede provenir de algunas fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante sin duda es la provocada por el hombre.

El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transportes fluviales, que en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen antropogénico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana. Por otra parte una fuente superficial puede restaurarse más rápidamente que una fuente subterránea a través de ciclos de escorrentía estacionales. Los efectos sobre la calidad serán distintos para lagos y embalses que para ríos, y diferentes para acuíferos de roca o de arena y grava (Cammaerts D. 1996).

2.7. Evaluación biológica de la calidad de las aguas

Los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan estas adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así frente a una determinada alteración se encuentran organismos “sensibles” que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como “intolerantes”, mientras que otros, que son “tolerantes” no se ven afectados. Si la perturbación llega a un nivel letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar es ocupado por comunidades de organismos tolerantes. Del mismo modo, aun cuando la perturbación no sobrepase el umbral letal, los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, con lo cual dejan espacio libre que puede ser colonizado por organismos tolerantes. De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación. (Alba -Tercedor 1996).

2.8. Monitoreo de la calidad del agua

La determinación de la calidad del agua en el campo incluye muchos niveles de esfuerzo -exámenes, vigilancia, monitoreo o investigación- sin embargo, para cualquier forma de trabajo que se quiera iniciar se deben definir los objetivos a ser alcanzados, según MASON, 1992 existen tres objetivos primarios que se pueden considerar cuando se desea emprender un trabajo de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua. (cammaerts 1996)

- 1.** Vigilancia ambiental donde el objetivo es el de detectar y medir los cambios y los efectos de polutantes intermitentes o desconocidos, o las pruebas de las condiciones que continúan luego que un polutante ha sido removido.
- 2.** Establecimiento de criterios de calidad de agua. En los que se establecen relaciones casuales entre cambios en los parámetros ecológicos y fisicoquímicos.

3. Valoración de los recursos. Que puede incluir un examen a gran escala hasta una evaluación general de la calidad del agua.

2.9. Factores bióticos

Proviene de la palabra Bio: Vida, es decir son todos los factores que poseen vida, por ejemplo vegetales, animales, hombre, bacterias, protozoos, hongos.

Los factores bióticos son los seres vivos de un ecosistema que sobreviven. Pueden referirse a la flora, la fauna, los humanos de un lugar y sus interacciones. Los individuos deben tener comportamiento y características fisiológicas específicas que permitan su supervivencia y su reproducción en un ambiente definido. La condición de compartir un ambiente engendra una competencia entre las especies, dada por el alimento, el espacio, etc.

Una población es un conjunto de organismos de una especie que están en una misma zona. Se refiere a organismos vivos, sean unicelulares o pluricelulares ([http://es.wikipedia.org/wiki/Ecosistema_% Biotico](http://es.wikipedia.org/wiki/Ecosistema_%20Biotico)).

2.10. Factores abióticos

Significa ABIO: Sin vida, es decir son todos los factores que no poseen vida, por ejemplo: suelo, aire, tierra, luz, gravedad, temperatura, etc.

Son aquellos componentes de un ecosistema que no requieren de la acción de los seres vivos, o que no poseen vida, es decir, no realizan funciones vitales dentro de sus estructuras orgánicas ([http://es.wikipedia.org/wiki/L% C3% A9ntico](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9ntico)). Los factores abióticos se clasifican en:

Factores abióticos químicos	Factores abióticos físicos
ph	lluvias
composición del suelo, agua o aire	intensidad de la luz solar
sustancias químicas	temperatura

2.11. Índices de diversidad

Con el advenimiento de nuevos puntos de vista en la teoría ecológica, como fueron las hipótesis que intentaron relacionar dos atributos de la comunidad como la diversidad y la estabilidad (Washington 1984), los estudios enfocan su atención en los cambios de los patrones de riqueza y abundancia de especies como una manera de evaluar el impacto de los diferentes tipos de perturbaciones ambientales sobre las comunidades lólicas. La premisa ecológica que soporta el uso de la diversidad para cuantificar el grado de deterioro de los ríos establece que la estabilidad de una comunidad incrementa con su complejidad (Lampert y Sommer 1987 citado por Cammaerts D. 1996). Así con la entrada de los años 60 se inicia una nueva etapa en la historia de los macroinvertebrados como bioindicadores.

Según Meza-S. Et al. 2012. Durante ésta década se solidifica el uso de los índices de diversidad, como medida de las perturbaciones ambientales (Washington 1984). La popularidad de los índices de diversidad se debió en parte a que se hizo innecesaria la identificación de los taxa, sólo se requería su separación (Norris y Georges 1993) y podían ser aplicados por personal no entrenado o sin conocimientos biológicos (Cairns y Pratt 1963).

El uso de los índices de diversidad como método de bioindicación comenzó a perder importancia, debido en parte al progresivo debilitamiento de las hipótesis que pretendían establecer una relación directa de causa-efecto entre la diversidad y la estabilidad de los ecosistemas (Washington 1984). Igualmente, las propiedades de las medidas de diversidad, especialmente las del popular índice de Shannon (H'), comenzaron a ser cuestionadas (Hughes 1978). Pero posiblemente, el factor más importante que contribuyó a restringir el uso de los índices de diversidad fue su incapacidad para diferenciar las interacciones biológicas y taxonómicas que existen entre las especies de la comunidad (Alba-Tercedor 1996, Roldán 2003).

La mayoría de las medidas de diversidad están calculadas en función de la riqueza de especies y/o la distribución de abundancia de las mismas, sin tomar en cuenta el tipo de organismos presentes y la capacidad de los mismos de adaptarse a los cambios del medio ambiente.

2.12. Índices bióticos

Los índices bióticos sustituyen progresivamente a las medidas de diversidad y con ellos se renueva el uso de las técnicas cualitativas en la bioindicación. En estos índices se integran los conceptos de saporidad y el de diversidad, pero con la ventaja añadida de tomar en cuenta la composición y adaptabilidad de los taxa. Estos dos últimos aspectos son considerados al determinar la tolerancia de los diferentes grupos de organismos a los factores de perturbación. La presencia o ausencia de un taxón y/o su abundancia se pondera de acuerdo a la sensibilidad que presenta al factor de perturbación que se quiera valorar. (Alba- Tercedor 1996)

Es una herramienta que mide la calidad del agua en función de los organismos indicadores que viven en ellas. Dependiendo de la sensibilidad que cada organismo tiene a la contaminación, el índice biológico le asigna un valor y la suma de los valores de la comunidad da un número que indica el estado del medio en este punto o tramo.

Los índices biológicos complementan pero no sustituyen a los parámetros físico-químicos.

Así mismo dan una visión más completa en el espacio y el tiempo, ya que vive gran parte de su ciclo biológico en el agua. La presencia de un determinado organismo indicador asegura una mínima calidad del agua durante todo su ciclo vital:

- Integran todos los procesos que se dan en el río.
- Permiten conocer realmente el estado de salud del sistema acuático.

2.13. Especies indicadoras

Según Cammaerts, 1996 los primeros intentos para usar los organismos vivos para medir el grado de deterioro de los cuerpos de agua corriente estuvieron dirigidos a detectar la contaminación orgánica de las aguas, que fue durante mucho tiempo el principal factor de perturbación. Así comenzaron a desarrollarse listas de especies presentes en sitios con diferente grado de alteración. Debido a lo engorroso y difícil que resultaba hacer comparaciones con estas listas generales de especies, las mismas se sustituyeron por listas de especies indicadoras, es decir por especies que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares. Con esta lista se construyeron diversos esquemas que agruparon las especies por categorías y estas se asociaron a condiciones con distintos grados de contaminación orgánica.

El primero de estos esquemas fue el desarrollado por Kolwitz y Marson (1908), quienes introdujeron la idea de la saprobidad como una medida del grado de contaminación orgánica de un cuerpo de agua. Donde hay poca contaminación orgánica el nivel de saprobidad es bajo, y será alto donde existe una gran contaminación. La asociación del concepto de saprobidad y el de especies indicadoras permitió evaluar el grado de contaminación orgánica y la recuperación progresiva de diferentes sitios determinando la presencia de ciertos tipos de organismos. El esquema sapróbico divide el curso de un río en varias zonas:

- a) cataróbica de aguas muy limpias;
- b) oligosapróbica de aguas poco contaminadas;
- c) mesosapróbica de aguas medianamente contaminadas;
- d) mesosapróbica de aguas muy contaminadas
- e) polisapróbica de aguas fuertemente contaminadas

(Roldán 2003)

El uso del Sistema Sapróbico, ha logrado mantenerse vigente desde su formulación, aunque ha sido objeto de constantes revisiones y modificaciones. Actualmente es muy utilizado en algunos países de la Europa central y oriental, hasta el punto que en países como Dinamarca la clasificación de las aguas basado en el sistema sapróbico está especificado en la Ley de Protección Ambiental promulgada en 1973 (Cairns y Pratt 1993).

Un método alternativo fue el de utilizar la densidad de las poblaciones de especies indicadoras como medida del grado de contaminación. Debido a la gran variabilidad natural tanto espacial como temporal de éste parámetro, se desarrollaron diferentes diseños de muestreo. En los protocolos más sencillos de muestreo se recurrió a determinar la abundancia de las especies indicadoras en sitios perturbados y compararla con la abundancia de sitios poco impactados. Una variante de esta metodología fue la de medir la abundancia de las especies antes y después de las fuentes de perturbación. No obstante la fortaleza metodológica de estos diseños, su utilidad se vio limitada por la gran variabilidad de la densidad poblacional que dificulta la distinción entre los cambios de densidad determinados por un factor particular de los producidos por la variación natural (Karr y Chu 1997).

El concepto de especies indicadoras siempre ha sido controversial por varias razones:

- I. Muchas especies con el *status* de indicadoras tienen áreas de distribución geográfica muy limitada, lo cual restringe su utilidad fuera de esas áreas.

- II. El punto de vista del investigador y el tipo de perturbación influyen sobre la calificación de una especie como indicadora.
- III. Las especies indicadoras pierden su validez cuando los problemas de contaminación se deben a otras causas diferentes al enriquecimiento orgánico.

Esta desconfianza en los sistemas de evaluación de aguas basados en especies indicadoras determinó que su uso quedara restringido a algunos países europeos (Cairns y Pratt 1993 citado por Cammerts).

2.14. Macroinvertebrados

Según Alba Tercedor 1996 el término macro invertebrados se utiliza comúnmente para referirse a animales invertebrados tales como insectos, moluscos y anélidos entre otros, los cuales habitan principalmente sistemas acuáticos. El tamaño puede llegar a 500 μ m (0.5 mm). Los macro invertebrados pueden pertenecer al necton cuando nadan; o al bentos si se encuentran fijos, temporal o permanentemente en plantas, detrito, y cualquier otro substrato, como sedimentos, grava, y arena de ecosistemas lóticos y lénticos.

Los instrumentos empleados para capturar macroinvertebrados son muy variados. La elección de un instrumento depende de los objetivos perseguidos y las características del sistema acuático en el que se esté realizando el estudio. Para estudios de monitoreo de ambientes acuáticos, en sistemas lóticos, la EPA recomienda la red de Surber, la red de Hess, la red en D, la red rectangular y la red de pateo Para los sistemas lénticos, el instrumento más utilizado es la draga de Ekman.

Los macroinvertebrados, especialmente los insectos, han sido utilizados en biomonitoreo, como indicadores de la calidad de ambiente; debido a su abundancia y la relativa movilidad que presentan, además de ser organismos relativamente fáciles de recolectar, observar y exhibir un amplio rango de respuestas al estrés ambiental.^[1]

Existe una amplia diversidad de métodos que utilizan a la comunidad de macroinvertebrados para evaluar la calidad del ambiente. Algunos ejemplos de métodos en los que se utiliza a la comunidad son los Índices de Integridad Biótica

(IBI), en el que se contabiliza la riqueza de taxa en una comunidad considerando que la riqueza disminuye con la calidad del agua; otro método utilizado es la riqueza de los grupos ephemeroptera, plecoptera y trichoptera (EPT), cuyos organismos son sensibles a la contaminación del agua. Otro método para evaluar la calidad de un ambiente acuático es el de abundancia relativa de EPT con abundancia de Chironomidae, que parte de la idea de que cierto estrés disminuye o incrementa el número de individuos, y por último los índices de diversidad que utilizan la riqueza y abundancia de taxones; cuando los valores son altos indican una comunidad estable y equilibrada.([Http://prof\inter\MacroinvertebradoWikipedia, la enciclopedia libre.mht](http://prof\inter\MacroinvertebradoWikipedia, la enciclopedia libre.mht))

2.15. Métodos en biomonitoreo acuático

Según Roldan En el biomonitoreo en ambientes acuáticos se han desarrollado métodos que utilizan diferentes poblaciones o comunidades de macroinvertebrados. Los índices bióticos utilizan poblaciones de un determinado taxón con tolerancia o sensibilidad a ciertos contaminantes para clasificar el grado de contaminación en el ambiente; un ejemplo de ello es la abundancia de tubificidos, los cuales tienen una alta tolerancia a condiciones anaeróbicas en el ambiente y por ello pueden ser abundantes en ambientes con alta contaminación orgánica. Algunos organismos, como los del orden plecoptera, son muy sensibles a la contaminación, mientras que la mayoría de familias del orden diptera, son tolerantes a ella, sin embargo algunas familias, como Simuliidae, habitan en aguas con alto porcentaje de oxígeno y en general poco contaminadas.

Existe una amplia diversidad de métodos que utilizan a la comunidad de macroinvertebrados para evaluar la calidad del ambiente. Algunos ejemplos de métodos en los que se utiliza a la comunidad son los Índices de Integridad Biótica (IBI), en el que se contabiliza la riqueza de taxa en una comunidad considerando que la riqueza disminuye con la calidad del agua; otro método utilizado es la riqueza de los grupos ephemeroptera, plecoptera y trichoptera (EPT), cuyos organismos son sensibles a la contaminación del agua. Otro método para evaluar la calidad de un ambiente acuático es el de abundancia relativa de EPT con abundancia de

Chironomidae, que parte de la idea de que cierto estrés disminuye o incrementa el número de individuos, y por último los índices de diversidad que utilizan la riqueza y abundancia de taxones; cuando los valores son altos indican una comunidad estable y equilibrada. (Alba-Tercedor, J. 1996)

2.16. Calidad biológica

El término “calidad”, referido a las aguas continentales no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario es un concepto relativo que depende del destino final del recurso. De modo que, y título de ejemplo, mientras que las aguas fecales en ningún caso podríamos considerarlas de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Sin embargo por su alto contenido de materia orgánica podrían resultar excelentes para riego de plantas ornamentales, o de plantaciones forestales. Del mismo modo aguas de alta montaña, que intuitivamente podríamos asociar con pureza y buena calidad, podrían resultar poco apropiadas para la bebida al calmar escasamente la sed (por su bajo contenido en sales) y o por su bajo pH que les confiere un carácter corrosivo del esmalte dental.

Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de las comunidades de organismos surge del término *calidad biológica*. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias. (Alba-Tercedor, J. 1996)

2.17. Bioindicacion

Independientemente que se trate de un ecosistema lótico o uno léntico, el tipo de organismos y comunidades presentes en ellos, así como sus adaptaciones al medio, están definidos por las características abióticas y en especial por los factores limitantes existentes en esos ecosistemas. De tal forma que podemos también diagnosticar las características abióticas de un determinado ecosistema, con base en las características y al tipo de organismos y comunidades que presente el ecosistema; utilizándolos en este caso como bioindicadores. En este sentido la bioindicación no es

otra cosa que la utilización de los organismos y comunidades como indicadores de las características abióticas de un determinado ecosistema (Guevara A. 2008).

2.18. Evaluación biológica

Es la determinación cualitativa o cuantitativa del estado actual, es decir, el grado o nivel de alteración o no, en relación con las características en condiciones naturales o normales de un cuerpo de agua, utilizando como parámetros de medición y análisis, las características y propiedades de los organismos y comunidades para el cálculo de índices o el manejo de matrices (Alba Tercedor J. 1996)..

2.19. Calidad del agua

El termino calidad en general, se refiere al conjunto de características, cualidades, rasgos distintivos, nivel de excelencia, etc. Que presentan los seres o cosas, las cuales permiten de alguna forma evaluarlos por eso cuando nos referimos al agua, evaluamos entonces sus características físicas, químicas y biológicas, estas últimas incluyen fauna y flora ambas en sus componentes macro y micro. Sin embargo, en este caso el concepto se torna complejo y relativo, en el sentido que debe aclararse al hablar de una buena o mala calidad del agua, el objetivo de la evaluación o la utilización final del recurso. Así por ejemplo, el agua de un rio con un alto contenido de materia orgánica puede ser de muy buena calidad para regadío de cultivos, de regular calidad para el lavado y otros usos domésticos y de muy mala calidad para consumo humano (Alba Tercedor J. 1996).

2.20. Variables biológicas

Se entiende por variable a todo aquello que puede asumir diferentes valores, desde el punto de vista cuantitativo o cualitativo. De acuerdo con el tipo de dato que se trabaje los valores que toma la variable pueden ser mensurables o cuantitativos (continuos o discontinuos), variables ordinales y variables cualitativas (atributos) (Sokal y Rohlf, 1979 citado por Brandt, J. 2006.).

A las primeras se las denomina así porque todos los estados que toman las variables se pueden expresar con un número. Las variables continuas son las que pueden

alcanzar un infinito número de valores entre dos puntos fijos y las discontinuas o discretas son las que no pueden hacerlo. Algunas variables no pueden ser medidas pero pueden ser ordenadas o clasificadas, por ejemplo por el momento de eclosión de los huevos de una puesta. Es común encontrarse con este tipo de variables cuando se realizan experiencias de laboratorio.

Los atributos también llamados caracteres cualitativos, son aquellos que no son susceptibles de medición y se expresan mediante palabras.

A menudo se encuentra a estas variables combinadas con datos de frecuencia, por ejemplo cinco (5) hembras y diez (10) machos. En biología muchas veces estos atributos cualitativos se transforman en cuantitativos para poder realizar análisis estadísticos (Brandt, **J.** 2006).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación geográfica

La comunidad de San Andrés se encuentra ubicada al sub.-Oeste de la ciudad de Tarija a una distancia de 15 Km, geográficamente a 21°37'24" Latitud Sub., 64°48'54" Longitud Oeste. Pertenece al área dispersa de la provincia Cercado del departamento de Tarija (mapa 1).

3.1.2. Población actual

La Población actual de la comunidad de San Andrés cuenta con 746 hombres y 758 mujeres haciendo un total de 1504 habitantes con un promedio por familia de 4 miembros, con un total de 376 familias y un crecimiento del 24,9 % de población de acuerdo a las proyecciones y datos de las organizaciones comunales.(INE 2001).

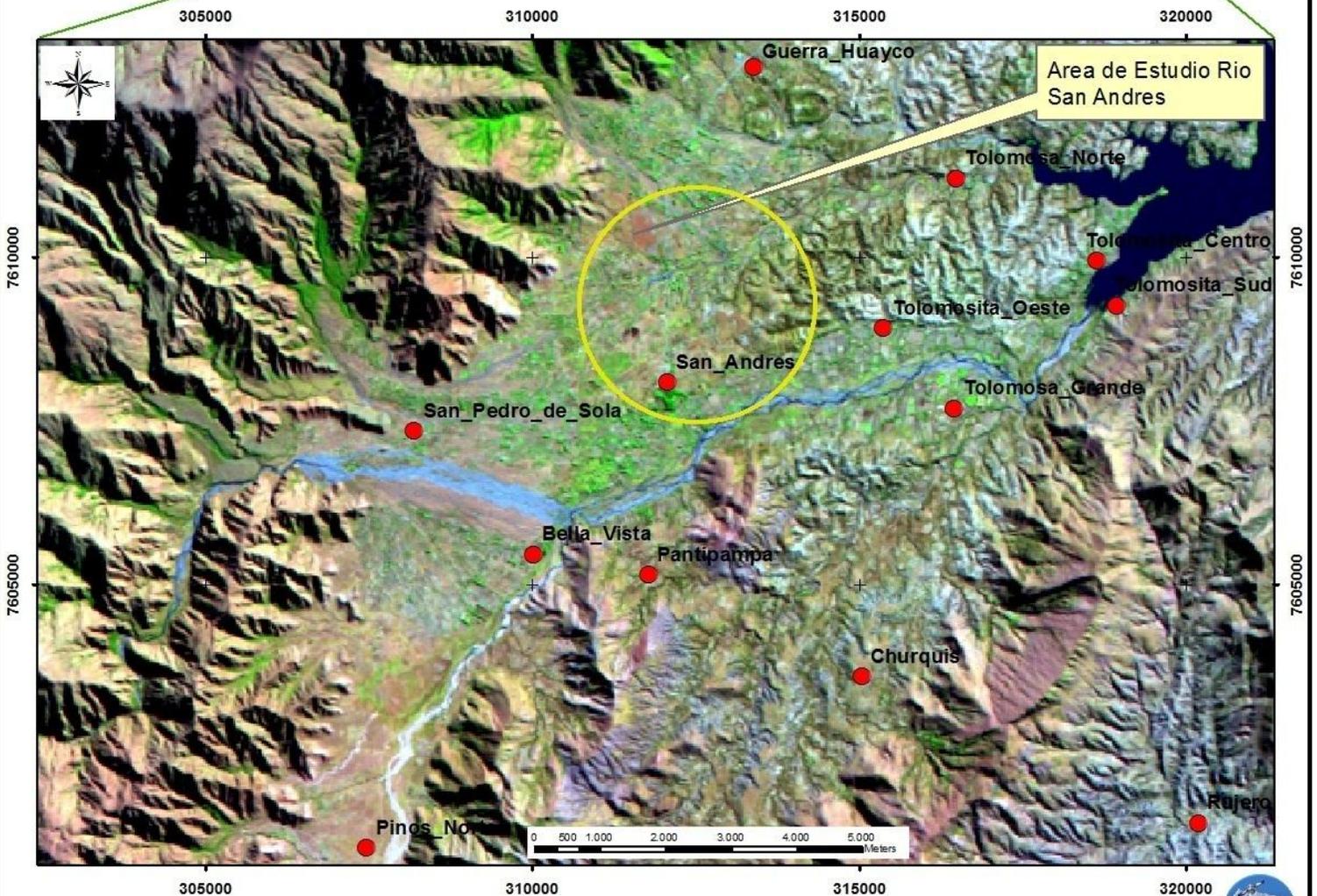
3.1.3. Vías de acceso

San Andrés es una de las comunidades que cuenta con camino asfaltado desde la ciudad de Tarija, además el transporte de carga y de servicio público según los propios pobladores es bueno todo el año tanto de carga como de pasajeros con líneas de trufi y taxi el tiempo que tardan el llegar es de 20 minutos.

3.1.4. Salud

En el área de salud la comunidad de San Andrés es la más beneficiada ya que cuenta con un hospital de tercer nivel, en el que se atiende medicina general y diversas especialidades médicas odontología, pediatría, ginecología, sala de partos, sala de internación: sala de mujeres y sala de varones, farmacia, oficina administrativa, baños, depósito y ambientes para vivienda de residentes y cuenta con una ambulancia

Mapa 1 Ubicacion del area de estudio



Fuente:elaboracion propia(datos Hiza E. gabinete de SIG-U.A.J.M.S. 2013)



La principal causa de mortalidad entre las poblaciones de la zona son: las infecciones respiratorias agudas los cólicos intestinales en los mayores y desnutrición en los niños, que por causa de la debilidad contraen cualquier otro tipo de enfermedad. (Hospital San Andrés informe anual 2008)

3.1.5. Educación

En la “Unidad Educativa San Andrés” de acuerdo a los registros 2008 se cuenta con 455 Alumnos cuenta con tres ciclos, inicial, primario y secundario, teniendo la posibilidad los estudiantes de esta comunidad y alrededores de ser bachilleres en el centro educativo de la comunidad. (Unidad Educativa San Andrés Resumen gestión 2008).

3.1.6. Migración

La comunidad de San Andrés presenta el 48 % migración, del cual el 44 % es temporal siendo un miembro por familia y 4% de definitiva, teniéndose entre las causas principales el poco trabajo en la comunidad, por estudios superiores, por búsqueda de mejores ingresos, turismo y otros motivos, el 52 % de la población no migra.(Proyecto PROSOL. 2008).

3.1.7. Vivienda

La vivienda en la comunidad de San Andrés y con el apoyo de los familiares que migraron aportan al mejoramiento de vivienda y la calidad de la obra y principalmente a ser patrimonio de la familia de esta manera se tiene: el 77 % es propia, el 13 % es heredado generalmente de padres a hijos, el 3 % es alquilada, y el 1% cedida por servicios (cuidadores).

Los materiales de construcción se consideran para la pared, el piso y el techo. Las paredes de las viviendas son en el 54 % de adobe, el 44 % de ladrillo y el 2 % de otros materiales. (Plan de Desarrollo departamental económico y social 2005 – 2009).

3.1.8. Agua

En la actualidad toda la población se abastece de la red de agua potable existente en la comunidad, la misma que es un sistema por gravedad, captadas de vertientes próximas que no es potabilizada para el consumo humano (Sub Alcaldía de la provincia Cercado. 2007)

3.1.9. Luz

El 100% de la población cuenta con este servicio eléctrico durante las 24 horas del día que es utilizado básicamente para el consumo doméstico. La comunidad cuenta con energía eléctrica, que es parte de la red rural esta prestación de distribución es realizado por la empresa el Servicio de Energía Eléctrica de Tarija (SETAR).

3.1.10. Alcantarillado

La comunidad de San Andrés paradójicamente tiene instalada la tubería para el servicio de alcantarillado pero nadie cuenta con un sistema de eliminación de excretas, por lo que, se realiza a campo abierto, con las consiguientes consecuencias de contaminación del medio ambiente y los riesgos para la salud de los pobladores.

Solamente se cuenta con letrina, pozos ciegos que es el 36 % de algunos domicilios, la escuela y hospital contaminando las aguas subterráneas de la zona. (Plan de Desarrollo departamental económico y social 2005 – 2009)

3.2. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS.

En base a la documentación consultada y las observaciones realizadas en los reconocimientos de campo efectuados se hace una descripción de las características biofísicas de la Comunidad de San Andrés, que tienen mayor relevancia en la evolución de sus características torrenciales, degradación de los recursos naturales, depredación de la fauna silvestre principalmente la piscícola que es la más afectada de acuerdo a las versiones de los pobladores de esta comunidad.

3.2.1. Geología.

La zona geológicamente corresponde al ordovícico, silúrico y devónico (areniscas, conglomerados, limolitas y lutitas), con un paisaje de pequeños valles, formados predominantemente por llanuras aluviales y abanicos de origen fluvial, llanuras aluviales y de pie de monte, compuestas por limos arcillas, arenas y gravas del cuaternario.

La comunidad de San Andrés se encuentra a alturas entre 1800 y 2000 msnm, comprende principalmente las estribaciones de la Cordillera de Sama, la cual presenta un complejo de serranías y laderas, surcadas con profundas quebradas y con la presencia de terrazas o mesetas, de origen fluvio lacustre, aluviales y abanicos de origen fluvial.

3.2.2. Fisiografía

La comunidad de San Andrés, se caracteriza por estar situadas en las estribaciones más pequeñas de la Reserva Biológica Cordillera de Sama, corresponde al ordovícico, silúrico y devónico (areniscas, conglomerados, limonitas y lutitas).

La zona presenta un paisaje de pequeños valles, formados predominantemente por llanuras aluviales y abanicos de origen fluvial, llanuras aluviales y de pie de monte, compuestas por limos arcillas, arenas y gravas del cuaternario la cual presenta un complejo de serranías y laderas, surcadas con profundas quebradas y con la presencia de terrazas o mesetas, de origen fluvio lacustre, aluviales y abanicos de origen fluvial.

3.2.3. Suelos.

Esta zona se caracteriza por presentar suelos formados a partir de terrazas aluviales, coluviales y coluvio aluviales depositados durante el periodo terciario y cuaternario respectivamente, con diferentes niveles de terrazas, como consecuencia de la acumulación y posterior entallamiento y profundización de los ríos. Los suelos son del tipo Cambisoles, Lixisoles.

Cuadro N°3.1. Uso del suelo.

CLASE DE SUELO	CARACTERÍSTICAS DE SUELOS
I	Tierras muy buenas sin limitaciones
II	Tierras aptas para uso agrícola con moderadas limitaciones
III	Tierras agrícolas, con severas limitaciones
IV	Tierras con muy severas limitaciones, aptas para uso agrícola
V	Tierras sujetas a pequeñas o ninguna erosión, con limitaciones, aptas sin restricciones para el pastoreo
VI	Tierras con ligeras limitaciones, para pastoreo, aptas para reforestación
VII	Suelos con muy severas limitaciones, inadecuadas para cultivos, su uso se limita a la reforestación y vida silvestre
VIII	Sólo deben ser usadas para recreación y vida silvestre y abastecimiento de agua

Fuente: ZONISIG (2000).

3.2.4. Vegetación.

La vegetación natural es muy variada, pues la zona tiene relativamente fuentes de agua superficiales. Entre la vegetación natural hay la presencia de gramíneas, arbustos y árboles, formando estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos, a lo largo de

las quebradas, ríos, torrentes y algunas laderas. Las especies predominantes son las siguientes:

Cuadro 3.2. Vegetación natural.

Nº	Nombre Vulgar	Nombre Botánico
1	Churqui	<i>Acacia caven</i>
2	Algarrobo blanco	<i>Prosopis alba</i>
3	Algarrobo negro	<i>Prosopis nigra</i>
4	Molle	<i>Schinus molle</i>
5	Sauces	<i>Salís humboldtiana Willd</i>
6	Jarca	<i>Acacia visco</i>
7	Aliso	<i>Alnus sp.</i>
8	Chilca	<i>Bacharis sp.</i>
9	Tusca	<i>Acacia Oromo</i>
10	Tola	<i>Paratrephia lepidophylla</i>

Fuente: Fuentes (2008).

En las quebradas y orillas del río se observa la presencia de helechos y abundante vegetación herbácea. También se tiene algunas especies implantadas como el Eucaliptos sp, el Pinous sp, Cupresus sp. y alamo alnus sp., provenientes de viveros forestales de la ciudad de Tarija, plantaciones que datan de varios años

Estas especies se encuentran sometidas a una fuerte presión para la obtención de leña y en muchos casos al ramoneo de ganado, en algunos casos como el del molle,

especie de gran interés por sus características de sobriedad y protectoras, a plagas como la rupa rupa, lepidóptero que hace su puesta en las ramas.

3.2.5. Fauna y vida silvestre.

Entre las especies más importantes y predominantes se tienen las siguientes:

Cuadro 3.3. Fauna silvestre.

Nº	Nombre Vulgar	Nombre Científico
1.	Comadreja	<i>Didelphys albiventris</i>
2.	Murciélago	<i>Desmodus rotundus</i>
3.	Zorrillo	<i>Conepatus chinga</i>
4.	Liebre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>
5.	Vizcacha	<i>Lagidium viscaccia</i>
7	Patos de las torrenteras	<i>Merganetta armata</i>
9.	Doradito	<i>Acestrorhamphus bolivianus</i>
10.	Chujruma	<i>Plecostomus borelli</i>
11.	Llausa	<i>Heptopterus mustelinus</i>
12.	Misquincho	<i>Pigidium borelli</i>

Fuente: Fuentes (2008).

3.2.6. Hidrología.

La sub cuenca del río Tolomosa, cuenta con varios ríos como son los ríos Pinos y Sola que forman el río Tolomosa Grande, junto a los ríos Tolomosita, Mena, San Andrés y otras quebradas que se constituyen en uno de los principales afluentes de la cuenca del río Guadalquivir, desembocando sus aguas en la parte baja del Valle

Central de Tarija. Siendo el caudal de los ríos considerables, en la época de lluvia y disminuye considerablemente en la época de estiaje, llegando incluso a secarse en años de sequía (Prefectura Departamento de Tarija 2009).

3.2.7. Clima.

3.2.7.1 Temperatura.

La temperatura media es de 17,7° C con oscilaciones anuales entre 14,1° C a 20° C, las temperaturas máximas extremas que llegan a los 39° C y mínimas extremas en los meses de invierno el termómetro baja hasta los -8° C, con fríos que limitan en general la producción agrícola. Los meses más cálidos son noviembre, diciembre, enero y febrero; mientras que los más fríos son junio y julio.

Cuadro 3. 4. Resumen de temperaturas anuales.

Índice	Unidad	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY	JUN.	JUL	AGO.	SEP	OCT.	NOV.	DIC	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	26.0	25.9	25.0	25.2	24.8	25.0	25.3	26.8	27.3	26.9	26.5	25.9	25.9
Temp. Min. Media	°C	13.9	13.6	13.4	10.7	6.3	3.2	3.2	5.7	7.4	10.9	12.3	13.3	9.5
Temp. Media	°C	20.0	19.7	19.2	18.0	15.6	14.1	14.3	16.3	17.4	18.9	19.4	19.6	17.7
Temp. Max. Extr.	°C	36.0	33.0	36.0	39.0	36.0	37.0	35.5	38.0	39.0	38.0	37.0	36.0	39.0
Temp. Min. Extr.	°C	8.0	7.0	5.0	1.0	-1.0	-8.0	-6.0	-4.0	-5.0	0.0	2.0	5.0	-8.0
Días con Helada		0	0	0	0	1	6	7	2	1	0	0	0	17

Fuente: Datos climáticos del SENAMHI 2007.

3.2.7.2. Precipitación.

Las precipitaciones tienen características propias en cada época del año, en la época seca o de mínima precipitación que comprende los meses de mayo a agosto, las precipitaciones moderadas en septiembre a octubre, concentrándose en los meses de noviembre a marzo, que son los meses más lluviosos. El inicio de las precipitaciones marca el inicio de la siembra, es decir que es fundamental la época de lluvias en la agricultura, principalmente la que es a secano o temporal. La precipitación media anual en la zona alcanza a 1072,60 mm, en las zonas de mayor precipitación el Valle Central de Tarija.

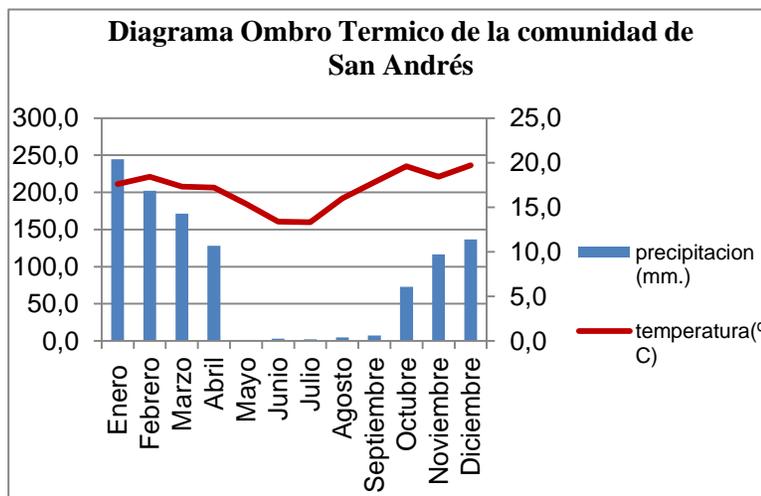
Cuadro 3.5. Resumen de datos de precipitación.

Índice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Precipitación	mm	206.5	193.9	179.2	44.0	9.1	2.0	2.5	7.4	16.3	82.8	130.0	196.8	1070.3
Pp. Max. 24 hrs.	mm	88.0	108.5	98.0	43.0	19.5	11.5	10.6	25.0	21.0	150.3	81.0	106.5	150.3
Días con Lluvia		15	15	14	6	2	1	1	2	3	8	11	14	92

Fuente: Datos climáticos del SENAMHI 2007.

3.2.7.3. Riesgos climáticos.

En la zona, los meses de mayor frecuencia de heladas severas van desde junio y julio, época en que ningún cultivo puede desarrollarse; son las heladas tardías entre agosto y septiembre las que más afectan a los cultivos de papa, arveja y frutales.



Igualmente con las lluvias que se producen con un gran enfriamiento atmosférico, dan lugar a granizadas que resultan perjudiciales no sólo para la agricultura sino también para la ganadería, con la muerte del ganado menor en muchos casos.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida este clima es característico del bioclima bosque seco templado que presenta temperaturas críticamente bajas o escarchas durante algún tiempo del año. (SENAMHI 2007)

MATERIALES Y MÉTODOS

3.3. MATERIALES

3.3.1. Material de campo

- GPS
- Malla metálica de 1 mm de diámetro.
- Tamices de 1-4 mm
- Tachos plásticos de 10 lts.
- Frascos de 50-100 ml
- Formol diluido al 5% , alcohol al 70% o Lugol
- Botas de caucho
- Cámara fotográfica
- Planillas para levantamiento de datos

3.3.2. Material de laboratorio

- Bañeras blancas
- Frascos para la separación de los organismos
- Microscopio
- Caja Petri

- Porta objetos
- Pinzas
- Lupa binocular
- Clave

3.3.3. Material de gabinete

- Computadora
- Material de escritorio

3.4. METODOLOGÍA

La determinación de la calidad de agua se realizará por el método del Índice Biótico BMWP, que se iniciará mediante la captura e identificación de los macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua poco profundos, razón por la cual se seleccionó el río de San Andrés de Tarija.

Para la toma de muestras se realizará un reconocimiento previo de toda el área de estudio observando las posibles estaciones de muestreo y la debida preparación de las planillas y equipo para la recolección de los datos necesarios para el estudio.

3.4.2.1. Técnica de colecta de organismos

La técnica de colecta de organismos acuáticos, consiste en colocar la malla milimétrica sobre el fondo de los arroyos, la entrada frente a la corriente de agua. La operación consiste en realizar un movimiento de sedimentos en suspensión, arena y piedras.

La colecta será efectuada, sobre la longitud de los arroyos variando entre 100 m. La idea de este método es obtener una diversidad de la fauna acuática la más representativa posible del ecosistema estudiado.

La estandarización de los índices Bióticos, se limita a la recolección de una muestra representativa de la comunidad de macro invertebrados acuáticos en todos los hábitats presentes en el sitio ubicado. Se muestrea luego en cada sitio las piedras de

diferentes tamaños, los ripios, arenas, lodos, briófitas, heliofitas y espermatofitas sumergidas, tanto en medio Lótico (> 30 cm/s) y léntico (<30 cm/s).

Alrededor de 2 m^2 del lecho son muestreados tanto en medio lotico como lentic. La parte sumergida de las heliófitas, las raíces y los fondos blandos donde la corriente es lenta son muestreados luego recorriéndolos con la malla. Se recolecta también los invertebrados que nadan o caminan en la superficie del agua. La muestra está lavada en el sitio, separando los invertebrados vivos de los sustratos, minerales y vegetales. Los invertebrados son conservados en alcohol con una concentración del 70 % o formol al 5% para ser examinados en laboratorio con lupa binocular y microscopio.

Las coordenadas geográficas y la altura del sitio son medidas por medio de GPS y se registran en el lugar diversos parámetros medio ambientales. Con el fin de normalizar el esfuerzo de muestreo en la medida de lo posible, la recolección y el lavado de la muestra en campo son limitados a dos horas por persona.

3.4.2.2. Tratamiento de los organismos acuáticos

La fauna recolectada de las estaciones de muestreo son fijada en formol al 5% o en alcohol al 70%, o se trasladara vivos en vegetación acuática al laboratorio.

Por razones de facilidad se utilizará dos tamices de 1-4 mm para fraccionar la colecta de organismos acuáticos y conservados en frascos para su posterior reconocimiento.

3.4.3. Fase de gabinete

3.4.3.1. Identificación de los organismos acuáticos

La identificación se realizará con la ayuda de diferentes claves como ser la de J. G. Needham y P. R. Needham, como la de Merritt and Cummins, etc.

Por las determinaciones sistemáticas, se utilizará un microscopio o lupa binocular, donde los organismos acuáticos serán depositados sobre una caja Petri con agua y también en porta objetos para su observación

Una vez reconocidos se pasara a clasificar a los macroinvertebrados y aplicar a la puntuación que pertenece en el índice del método BMWP y así determinar la presencia de calidad de agua que presenta el río a estudiar.

3.4.3.2. Método de índice biótico: Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Se basa en la asignación a las familias de macroinvertebrados acuáticos valores de tolerancia a la contaminación comprendidos entre 1 (familias muy tolerantes) y 10 (familias intolerantes). La suma de los valores obtenidos para cada familia detectada en un punto nos dará el grado de contaminación del punto estudiado.

Se consideran macroinvertebrados bentónicos a aquellos organismos invertebrados que desarrollan alguna fase de su ciclo vital en el medio acuático y cuyo tamaño es superior a los 2 mm. Abarca insectos, moluscos, crustáceos, turbelarios y anélidos principalmente. Matcalfe (1989) enumera las principales razones para su uso como indicadores biológicos:

- Sensibilidad y rapidez en la reacción ante distintos contaminantes con una amplia gradación en la respuesta frente a un variado espectro de clases y grados de estrés.
- Ubicuidad, abundancia y facilidad de muestreo. Tamaño adecuado para su determinación en laboratorio.
- Carácter relativamente sedentario, reflejando las condiciones locales de un tramo fluvial.
- Fases del ciclo de vida suficientemente largas como para ofrecer un registro de la calidad medioambiental.
- Gran diversidad de grupos faunísticos con numerosas especies, entre las cuales siempre habrá alguna que reaccione ante un cambio ambiental.

Existen multitud de adaptaciones mundiales de este índice creado en primer lugar por Hellowell (1978) pa los ríos de Gran Bretaña. Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega (1988) crearon la adaptación para la Península Ibérica que se denota por BMWP. Una

de las últimas adaptaciones para la Península Ibérica es la Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP), de Alba-Tercedor et al. (2002), creada tras acuerdo obtenido en el III Congreso Ibérico de Limnología debido a actualizaciones taxonómicas y modificación de alguna de las puntuaciones de las familias de macroinvertebrados.

Las puntuaciones asignadas a cada familia de macroinvertebrados según el BMWP' se resumen en la siguiente tabla:

Cuadro 3.6(a).Tabla de puntajes para el BMWP

<i>Ponderación de los taxones de macroinvertebrados acuáticos del Valle Central de Tarija para los índices BMWP</i>	
Taxones	Puntaje
Gripopterygidae, fam. Cf Corduliidae*, Blephariceridae (*: determinación provisoria)	10
Perlidae, Hydrobiosidae, Sericostomatidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Hydraenidae	9
Odontoceridae, Glossosomatidae, Leptophlebiidae, Psephenidae, Megapodagrionidae, Athrecidae, Dixidae	8

Cuadro 3.6 (b).Tabla de puntajes para el BMWP

<i>Ponderación de los taxones de macroinvertebrados acuáticos del Valle Central de Tarija para los índices BMWP</i>	
Taxones	Puntaje
Helicopsychidae, Calamoceridae, Polycentropodidae, Hydroptilidae, Leptohyphidae, Scirtidae, Lutrochidae, Polythoridae, Tipulidae, Muscidae, Empididae, Naucoridae, Gerridae, Sphaeriidae	7
Philopotamidae, Elmidae, Dryopidae, Hydrochidae, Corydalidae, Ptychopteridae, Ceratopogonidae, Psychodidae (Maruina), Notonectidae, Mesoveliidae, Hebridae, Ostracoda, Acarina	6
Hydropsychidae, Pyralidae, Caenidae, Noteridae, Calopterygidae, Aeshnidae, Libellulidae, Simuliidae, Sciomyzidae, Ancyliidae, Lymnaeidae, Planorbiidae, Dugesiiidae	5
Baetidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Heteroceridae, Coenagrionidae, Dolichopodidae, Hyalellidae, Aeglidae, Glossiphoniidae	4
Hydrophilidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Chironomidae (otros que Chironomus), Corixidae, Veliidae, Belostomatidae, Physidae	3
Chironomidae (Chironomus), Culicidae, Ephydriidae, Limoniidae, Cyclopdellidae	2
Psychodidae (habitus de Psychoda y Clognia), Syrphidae, Oligochaeta	1

Fuente: Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos (Cammaerts et al.2008).

Finalmente, tras la suma de los valores correspondientes a cada una de las familias presentes en la zona de estudio, se obtiene la calidad del agua, que se puede encuadrar en una de las 5 categorías que se presenta en el cuadro 3.7.

Cuadro 3.7. Tabla de calidades para el BMWP

CLASES Y CALIDADES DEL AGUA				
CLASE	CALIDAD	VALOR DEL BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>101	Aguas muy limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable.	Celeste
II	Aceptable	61-100	Aguas con algún signo evidente de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas claramente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos (Cammaerts et al.2008).

3.4.2.3. Interpretación y evaluación del grado de calidad y polución del agua

Por lo tanto el valor del índice varía entre 0 (ausencia de invertebrados indicadores) y un máximo indeterminado, aunque no es normal que supere los 250 puntos.

Finalmente, tras la suma de los valores correspondientes a cada una de las familias presentes en la zona de estudio, se obtiene la calidad del agua, que se puede

encuadrar en una de las cinco clases de calidades de agua (de I a V de mayor a menor calidad), permitiendo en función del valor obtenido del índice, asignar una muestra de agua a una de las calidades establecidas, o bien visualizarla cartográficamente, ya que cada una de las clases se corresponden con un código de colores para su representación cartográfica.

Es decir, los resultados desde un punto de vista cartográfico, los 10 índices serán reagrupados en 5 clases de calidad (polución muy elevada, elevada, media, mala y muy mala). Para luego realizar una valoración del estado ecológico del ecosistema acuático del río San Andrés.

3.4.2.4. Análisis Físico –Químico

El análisis físico-químico de base se realizara mediante la toma de datos como la Temperatura, PH, Color y Olor. Además se realizara una descripción de cada punto de muestreo.

Los parámetros que han sido analizados para los cuerpos de agua en estudio son los siguientes: Físico- químico, Metales Pesados y Bacteriológicos, de acuerdo al Cuadro 3.8.

Cuadro 3.8. Parametros fisicoquímicos

ITEM	PARAMETROS	ITEM	PARÁMETROS
	FISICO-QUÍMICOS	19	DQO
1	Salinidad	20	Sólidos Totales Disueltos
2	Fosfatos	21	Sólidos totales
3	Temperatura	22	Sólidos Sedimentados
4	Oxígeno Disuelto	23	Cromo Hexavalente
5	PH	24	Turbiedad
6	Conductividad		METALES PESADOS
7	Alcalinidad	25	Sodio
8	Calcio	26	Potasio
9	Carbonatos	27	Cobre
10	Bicarbonatos	28	Hierro
11	Cloruros	29	Manganeso
12	Dureza	30	Zinc
13	Magnesio	31	Plomo
14	Amonio de nitrógeno	32	Mercurio
15	Nitritos		BACTERIOLOGICO
16	Sulfatos	33	Coliformes fecales
17	Nitratos	34	Coliformes Totales
18	DBO5		

Fuente: Monitoreo del agua de los ríos del departamento de Tarija 2007.

3.4.2.5. Índices de diversidad

Índice de Berger-Parker (B)

Mide la dominancia de la especie o taxón más abundante, siendo su expresión matemática la siguiente

$$B = \text{Nro. máx.} / N$$

En donde:

- $N_{\text{máx}}$: número de individuos del taxón más abundante.
- N : número total de individuos de la muestra.

Este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y 1 (0 % y 100 %). Es indicador de los mismos impactos que el índice de Simpson-Gini: polución orgánica, degradación en la morfología del río y degradación general.

CAPÍTULO IV

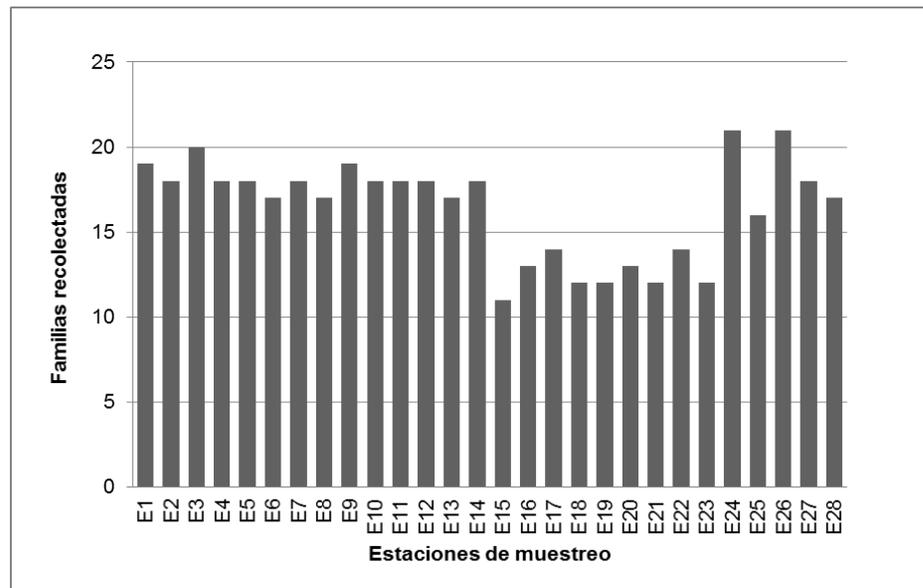
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Macroinvertebrados acuáticos recolectados en cada estación

La evaluación biológica de macroinvertebrados de agua es un proceso para establecer el nivel de calidad de agua de un río que corresponde a una determinada población específica de animales o plantas acuáticas que habita en un lugar, llamándose así comunidad biótica.

Los organismos de esta comunidad biótica presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, cada organismo en su fuente de vida se desarrolla de acuerdo a su necesidad para poder sobrevivir a diferentes situaciones que ocurren en su sistema de vida, cada organismo vivo tiene un sistema diferente de vida por lo tanto cuando se suman y estudian los numerosos parámetros ambientales se rescatan diferentes resultados, de acuerdo al estudio que se realiza en este caso indicando un cierto grado de contaminación existente en una zona determinada.

Para conocer el grado de contaminación en el río de San Andrés se procedió a la recolección de los macroinvertebrados, en la zona de San Andrés extrayendo del lugar un total de 28 estaciones de muestreo las cuales fueron aproximadamente cada 100 metros donde se tomaron sus respectivas coordenadas geográficas, así realizar la recolección de las muestras (ver anexos planillas), las muestras fueron tomadas (ver anexos II) en los meses de agosto, septiembre y octubre, y posteriormente ser trasladados al laboratorio para su reconocimiento y su clasificación.

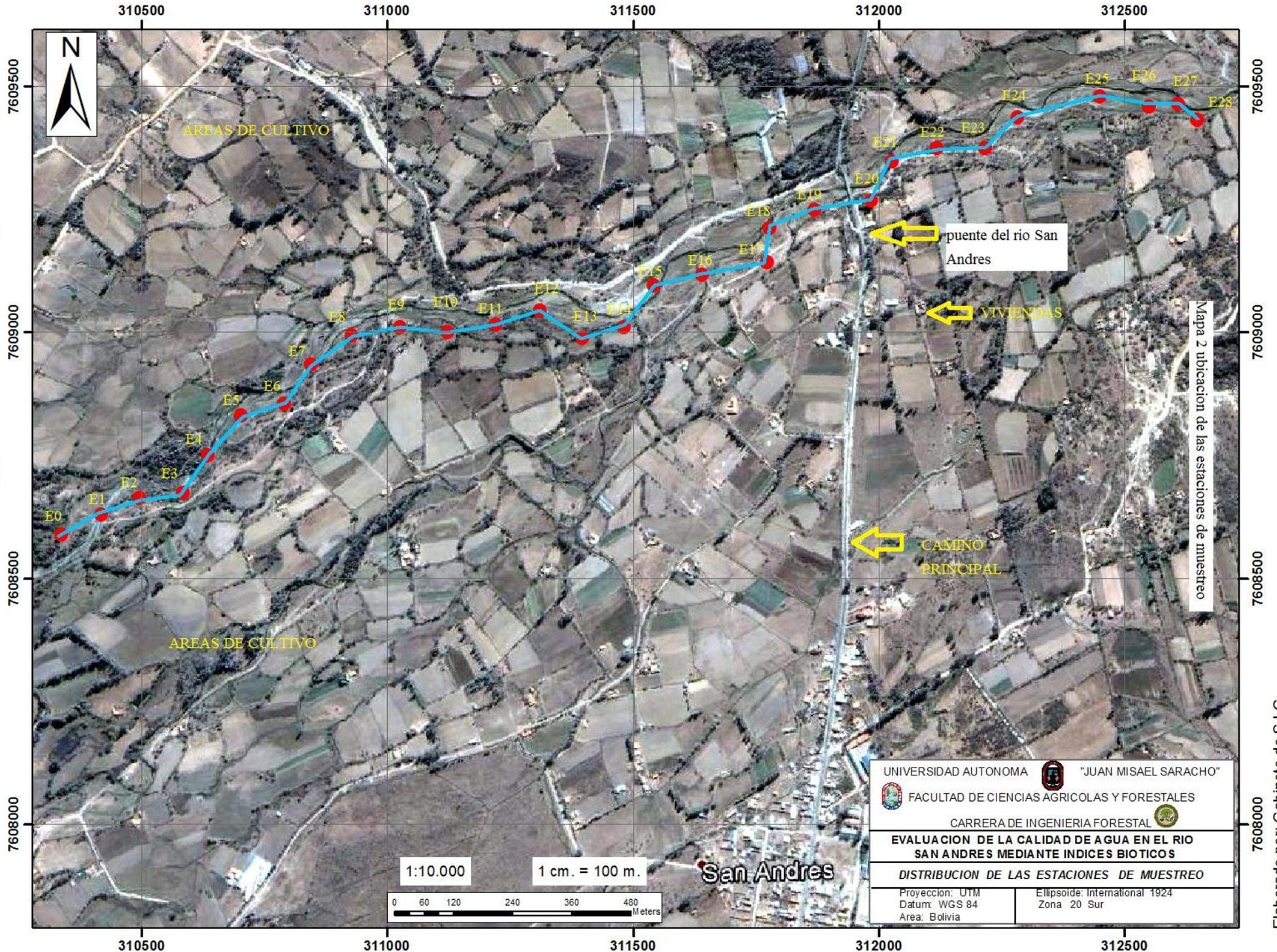


Grafica 4.1. Macroinvertebrados recolectados en la estación de muestreo del río de San Andrés.

Debido a que el índice BMWP (biological monitoring working party score sistema) se basa en la presencia de comunidades de macroinvertebrados que actúa como sensor ambiental, se ha de asegurar un muestreo representativo de la misma que incluya a representantes de las familias que habitan en un punto a estudiar.

En la gráfica 4.1 se observa la cantidad de familias de macroinvertebrados recolectados en cada estación de muestreo siguiendo el curso de agua, notando que en las estaciones 25 y 26 se hallaron la mayor concentración de familias siendo un máximo de 21 familias y en las estaciones desde la 15 hasta la 23 se observó una presencia menor de las familias contando con 11 familias.

Las especies encontradas e identificadas son presentadas en las Planilla 2.a-b (anexos I) que muestran gran variedad de organismos que presenta el río de San Andrés.



4.2. Puntaje de los taxones identificados para el río San Andrés

Luego del seguimiento y esfuerzos realizados, las aguas del río de San Andrés presenta una comunidad natural que se caracteriza por tener una alta diversidad de individuos por familia. Pero en una comunidad bajo presión, provocada por la contaminación se tiene un bajo número de familias. Provocado por las condiciones naturales extremas a la que se exponen las diferentes comunidades bióticas, la diversidad de la comunidad se toma como un referente de medida para la calidad del agua del río.

Cuadro 4.1: taxones de macroinvertebrados Identificados para el río de San Andrés según el índice BMWP.

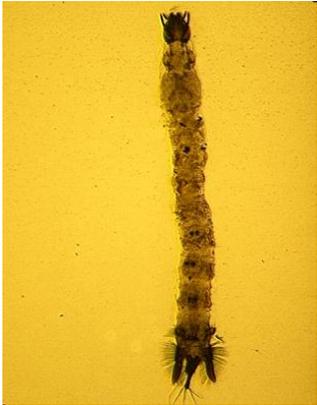
<i>TAXONES</i>	<i>PUNTAJE</i>
Blepharoceridae, Psephenidae, Corduliidae	10
Leptoceridae, Hydrobiosidae, Limnephilidae, Perlidae	9
Dixidae, Leptophlebiidae	8
Empididae, Helicopsychidae, Polycentropodidae, Naucoridae, Gerridae	7
Elmidae, Ostracoda, Corydalidae, Acarina	6
Calopterygidae, Libellulidae, Caenidae	5
Curculionidae, Coenagrionidae, Epheremellidae, Aeglidae	4
Hydrophilidae, Veliidae	3
Culicidae	2
Psychodidae, Oligochetes	1

La identificación de los macroinvertebrados fue estudiada y reconocidos en laboratorio con la ayuda de diferentes claves, y clasificándolas a nivel de familias para así designarlo a la puntuación del índice biológico del BMWP y clasificar la calidad del agua que presenta en la zona de estudio (ver anexos planillas).

Para cualquier estudio biológico debemos tener en cuenta las particularidades ecológicas y faunísticas del lugar de estudio en este caso del río de San Andrés, hemos fijado valores que son indicadores de las familias en función a la aparición de la misma en una serie creciente de calidades de las aguas.

El cuadro anterior (Cuadro 4.2) presenta el puntaje de sensibilidad a la contaminación atribuido a los taxones observados en el río de San Andrés, también se observa a las familias que fueron recolectadas en el transecto de la zona de estudio, adaptando a cada familia a su respectivo puntaje basado en estudios y experiencias realizadas en el valle central de Tarija por Cammaerts.

Macroinvertebrados recolectados e identificados en el area de estudio.

	<p style="text-align: center;">Familia Dixidae</p> <p>Orden: Diptera</p> <p>Familia: Dixidae</p> <p>Habitan en todo tipo de hábitats dulceacuícolas. Filtradores.</p> <p>Larvas eucéfalas. Con pseudópodos en los segmentos abdominales I y II. Extremo caudal con un sifón quitinizado y 2 placas con sedas</p>
---	---

	<p style="text-align: center;">Familia Empididae</p> <p>Orden: Diptera</p> <p>Familia: <i>Empididae</i></p> <p>Hay mucha variación pero en general son de tamaño mediano a chico, de 1 a 20 mm. Son más bien oscuros de colores no metálicos y bastante peludos. Suelen ser delgados, de largas patas, de cuello definido y con una joroba en el tórax. Algunos tienen una larga probóscide. Los machos suelen tener ojos más grandes que las hembras y éstas tienen un abdomen más grueso.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Culicidae</p> <p>Orden: Diptera</p> <p>Familia: Culicidae</p> <p>Son una familia de dípteros nematóceros conocidos vulgarmente como mosquitos. Son insectos voladores, que poseen un cuerpo delgado y patas alargadas; el tamaño de los adultos varía según las especies, pero rara vez superan los 15 mm. Las larvas y pupas se desarrollan en el agua.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Psychodidae</p> <p>Orden: Diptera</p> <p>Familia: Psychodidae</p> <p>Son una familia de dípteros nematóceros conocidos vulgarmente como mosquitas paskens, moscas de la humedad, moscas palomilla, moscas del baño o moscas del drenaje.</p> <p>Las larvas son acuáticas o terrestres especialmente en suelos húmedos donde abunda la hojarasca; éstos son los sitios preferidos por sicódidos para la oviposición.</p>

	<p style="text-align: center;">Familia Hydropsychidae</p> <p>Orden: Trichoptera Familia: Hidropsychidae</p> <p>Generalmente miden entre 10-16mm cuando maduran, pudiendo alcanzar hasta 30 mm. Presentan propodios anales con ganchos. Estos propodios generalmente tienen un “manejo”de largos pelos. Es una de las familias dominantes en aguas corrientes, tanto por su número como por su diversidad.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Limnephilidae</p> <p>Orden: trichopteros Familia: limnephilidae</p> <p>Dentro del orden Tricopera la familia Limnephilide constituye como los organismos más grandes en tamaño de este orden (15mm) Limnephilidae es una familia que se encuentra ampliamente representada en la región de América del sur.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Helicopsychidae</p> <p>Orden: Trichoptera Familia: Helicopsychidae</p> <p>Las larvas construyen casas con forma de caracol. Son de pequeño tamaño, y pueden ser encontrados en una amplia variedad de hábitats, desde aguas frías, ríos de velocidades muy elevadas a zonas litorales cálidas de los lagos.</p>

	<p style="text-align: center;">Familia Polycentropodidae</p> <p>Orden: Trichoptera</p> <p>Familia: Polycentropodidae</p> <p>Las larvas poseen el pronoto esclerotizado, pero tienen un meso y metanoto membranosos. Carecen de branquias abdominales, pero tienen una hilera de setas finas a lo largo de los lados del abdomen.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Leptoceridae</p> <p>Orden: Trichoptera</p> <p>Familia: Leptoceridae</p> <p>La cabeza raramente tiene antenas cortas. La familia Leptoceridae tiene patas muy largas, especialmente las posteriores, fémures divididos, tibia y/o tarso a veces dividido, abdomen con branquias simples, construyen casas cónicas con materiales diversos.</p> <p>Las larvas de esta familia miden generalmente entre 7-15 mm cuando maduran. El hábitat de esta familia incluye pozones, orillas de lagos y generalmente sectores con bajas velocidad de la corriente.</p>

	<p style="text-align: center;">Familia Psephenidae</p> <p>Orden: Coleoptera Familia: Psephenidae</p> <p>Los Psephenidae son coleópteros generalmente aplanados, ovalados, pubescentes, que pueden ser de cuerpo suave y organizado no muy compactamente. Los Psephenidae en estado larval se aferran de las rocas en corrientes rápidas de agua y se alimentan de las algas. Debido a su figura plana y en forma de disco se les llama "moneditas de agua".</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Elmidae</p> <p>Orden: Coleoptera Familia: Elmidae</p> <p>Las larvas son de cuerpo elongado o cilíndrico, miden de 3-14 mm. Los adultos son de cuerpo endurecido, de forma oval-elongados. Miden entre 2,5-7,0 mm. Antenas largas y filiformes. Sin margen de tomento y coxas posteriores transversales. Los machos de algunas especies poseen una cresta espinosa sobre el margen interno de la tibia media.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Hydrophilidae</p> <p>Orden: Coleoptera Familia Hydrophilidae</p> <p>Las larvas presentan un cuerpo de forma alargada. Miden de 4-8 mm.</p> <p>Los adultos son de cuerpo endurecido y de forma oval-elongada, miden de 9–14 mm. Antenas cortas y con los últimos 3 segmentos más grandes y redondeados que los anteriores. Patas medias y posteriores con pelos natatorios.</p>

	<p style="text-align: center;">Familia Curculionidae</p> <p>Orden: Coleoptera</p> <p>Familia: Curculionidae</p> <p>Conocidos como gorgojos y picudos, son una familia de coleópteros polífagos, la más importante y diversa de la superfamilia Curculionoidea.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Naucoridae</p> <p>Orden: Hemiptera:</p> <p>Familia: Naucoridae</p> <p>Familia Naucoridae: cuerpo ovalado, la cabeza esta incrustada con el pronoto, no presenta venas en el área membranosa de los hemielitros, las patas anteriores están engrosadas y son raptorias. Sin embargo, la mayoría de las especies son lóticos, que se producen en los arroyos, ríos, e incluso algunas de las cascadas.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Gerridae</p> <p>Orden: Hemiptera</p> <p>Familia: Gerridae</p> <p>Las patas medias y posteriores son muy alargadas, se originan del mismo punto, poseen tarsos de dos segmentos hidrófobos.</p>

	<p style="text-align: center;">Familia Veliidae</p> <p>Orden: Hemiptera Familia: Veliidae</p> <p>Mide de 2 a 8 mm. Las patas medias y posteriores son cortas y equidistantes. Las patas posteriores son con femures ensanchados y en el medio de las uñas poseen unas estructuras en forma de pluma con características hidrofobas, el torax se encuentra ensanchado.</p> <p>De tamaño pequeño (3-5 mm), los veliidae presentan un cuerpo poco alargado, con patas finas pero no muy largas; De coloración oscura, el cuerpo puede ser negro o gris oscuro. La cabeza presenta ojos pero no ocelos.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Perlidae</p> <p>Orden: Plecoptera Familia: Perlidae</p> <p>Ninfa de cuerpo alargado, subcilindrico, de tamaño variado (2,5 a 35 mm), la coloración puede ser amarillo pálido, parduzco, o café claro.</p> <p>Se encuentran debajo de piedras, troncos, ramas y hojas.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Calopterygidae</p> <p>Orden: Odonata Familia: Calopterygidae</p> <p>Ninfas de cuerpo delgado y alargado, de tamaño variado (25-50 mm) excluyendo sus laminillas caudales.</p> <p>Todas las ninfas son acuáticas, se encuentran asociados al margen de los ríos o quebradas con abundante vegetación sumergida o emergente</p>

	<p style="text-align: center;">Familia Libellulidae</p> <p>Orden: Odonata Familia: Libellulidae Ninfas de cuerpo robusto, de tamaño variado (8-28 mm). Todas las ninfas son acuáticas, muchas especies están adaptadas a diferentes tipos de hábitats; desde ríos y quebradas hasta huecos de árboles, se encuentran asociados a corrientes lentas y fondos lodosos y poco profundos.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Caenidae</p> <p>Orden: Odonata Familia: Caenidae Las ninfas de esta familia pueden ser reconocidas por las branquias operculadas ubicadas en el segundo segmento abdominal que cubren las otras branquias. Su cuerpo es achatado y sólo miden alrededor de 5- 6 mm de longitud. A menudo se encuentran cubiertos de filamentos y finas algas, dando la apariencia de organismos cubiertos de pelusas. Esta familia se encuentra asociada a aguas corrientes más lentas, se alimentan de detritus y suele ser más tolerante a la contaminación que otros grupos de efemerópteros.</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Coenagrionidae</p> <p>Orden: ODONATA Suborden: ZIGOPTERA Familia: COENAGRIONIDAE Ninfas de cuerpo delgado y corto, de tamaño variado (13-25 mm) excluyendo las laminillas caudales. Todas las ninfas son acuáticas, se encuentran en una gran variedad de hábitats; incluyendo ambientes lóticos o lénticos.</p>

	<p style="text-align: center;">Familia Corduliidae</p> <p>Orden: Odonata</p> <p>Familia: Corduliidae</p> <p>Las ninfas son negras de aspecto peludo y normalmente semiacuatico.</p> <p>Los Corduliidae son una familia de odonatos anisópteros conocidos como libélulas esmeralda. Estos insectos reciben su nombre debido a sus deslumbrantes ojos verdes. Son libélulas de color normalmente negro o marrón oscuro con áreas de verde o amarillo metálicos, y la mayoría tienen grandes ojos color esmeralda. Las ninfa son negras, de aspecto</p>
	<p style="text-align: center;">Familia Leptophlebiidae</p> <p>Orden: Ephemeroptera</p> <p>Familia: Leptophlebiidae</p> <p>Las ninfas de esta familia tienen cuerpos y cabezas achatadas, patas achatadas con amplios fémures, y prominentes branquias a lo largo de sus abdomen. Usualmente estas branquias son pareadas y vagamente con forma de hojas.</p> <p>La mayoría de las ninfas son más pequeñas que 20 mm. Generalmente se encuentran en ríos de aguas rápidas, asociados a sustratos de gravas y arenas</p>

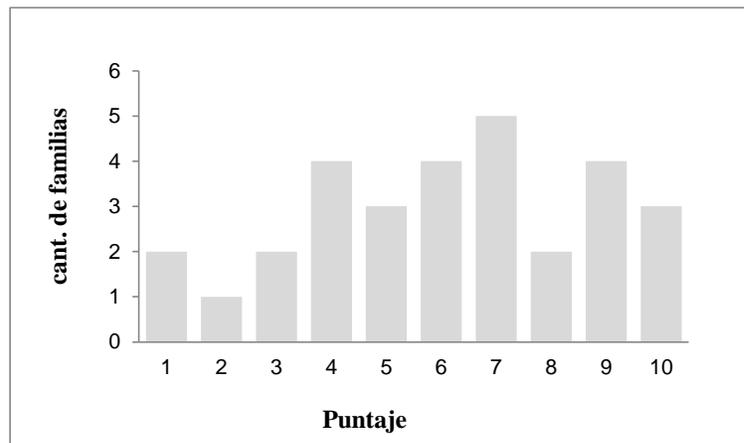
	<p style="text-align: center;">Familia Epheremellidae</p> <p>Orden: Ephemeroptera Familia: Ephemerellidae</p> <p>Son una familia de insectos pertenecientes a la superfamilia Ephemerelloidea constituida por efímeras conocidas como ninfas reptantes o moscas de pescar. Están incluidas en el orden Ephemeroptera y son muy diversas.</p> <p>El cuerpo de estas ninfas es más corto y ancho que el de los especímenes de otras familias, y está bien adaptado al camuflaje.</p>
	<p style="text-align: center;">Sub Familia Aeglidae</p> <p>Orden: Decapoda Familia: Anomura Sub Familia: Aeglidae</p> <p>El género Aegla involucra a aquella Pudiendo llegar a medir entre 50 a 60 mm. El cuerpo es ovalado, y su coloración varía de café oscuro a verde oscuro, excepto en el abdomen, donde tonalidades amarillo-anaranjadas son las predominantes.</p> <p>Su cuerpo está conformado por una serie de segmentos, en cada uno de los cuales asoma un par de patas bifurcadas, las que emplea para locomoción y respiración.</p>
	<p style="text-align: center;">Clase Ostracoda</p> <p>Reino: Animalia Filo: Arthropoda Subfilo: Crustacea Clase: Ostracoda</p> <p>Poseen un caparazón de dos valvas, que dependiendo de la especie puede ser blando o altamente calcificado, que al cerrarse cubre todas las partes blandas del animal, dándole el aspecto de una diminuta almeja. Son animales de cuerpo poco segmentado, normalmente no más de 8 segmentos.</p>

	<p style="text-align: center;">Familia Corydalidae</p> <p>Orden: Neuroptera -Megaloptera</p> <p>Familia: Corydalidae</p> <p>Las larvas son de las más grandes entre las de los insectos. Los adultos se caracterizan por poseer tres ocelos en la cabeza y las mandíbulas grandes de los machos. Es la familia con individuos de mayor talla del orden con una envergadura hasta de 180 mm, son de coloración parda pálida o pardusca con manchas negras.</p>
	<p style="text-align: center;">Oligochetes</p> <p>Reino: Animalia</p> <p>Filo: Annelida</p> <p>Clase: Clitellata</p> <p>Subclase: Oligochaeta</p> <p>Los oligoquetos (gusanos segmentados), ncluye de 3.500 a 4.000 especies, las cuales se encuentran en una gran variedad de hábitats.</p> <p>La forma general del cuerpo es casi cilíndrica.</p>

Cuadro 4.2. Cantidad de familia por puntaje.

NRO FLIA	FAMILIA	PUNTAJE	NRO	FAMILIA	PUNTAJE
3	Corduliidae	10	4	Ostracoda	6
	Psephenidae	10		Corydalidae	6
	Blepharoceridae	10		Acarina	6
4	Leptoceridae	9	3	Calopterygidae	5
	Hydrobiosidae	9		Libellulidae	5
	Limnephilidae	9		Caenidae	5
	Perlidae	9	4	Curculionidae	4
2	Dixidae	8		Coenagrionidae	4
	Leptophlebiidae	8	Epheremellidae	4	
5	Empididae	7	2	Aeglididae	4
	Helicopsychidae	7		Hydrophilidae	3
	Polycentropodidae	7	Veliidae	3	
	Naucoridae	7	1	Culicidae	2
	Gerridae	7	2	Psychodidae	1
Elmidae	6	Oligochetes		1	

El cuadro 4.3 representa al grupo de familias que se identificó, distribuido en su puntaje correspondiente, para así agrupar a cada familia en su respectivo puntaje y conocer la cantidad de familias que hay por puntaje.



Grafica 4.2. Distribución de los puntajes de sensibilidad a la contaminación de los taxones de macroinvertebrados del río de San Andrés

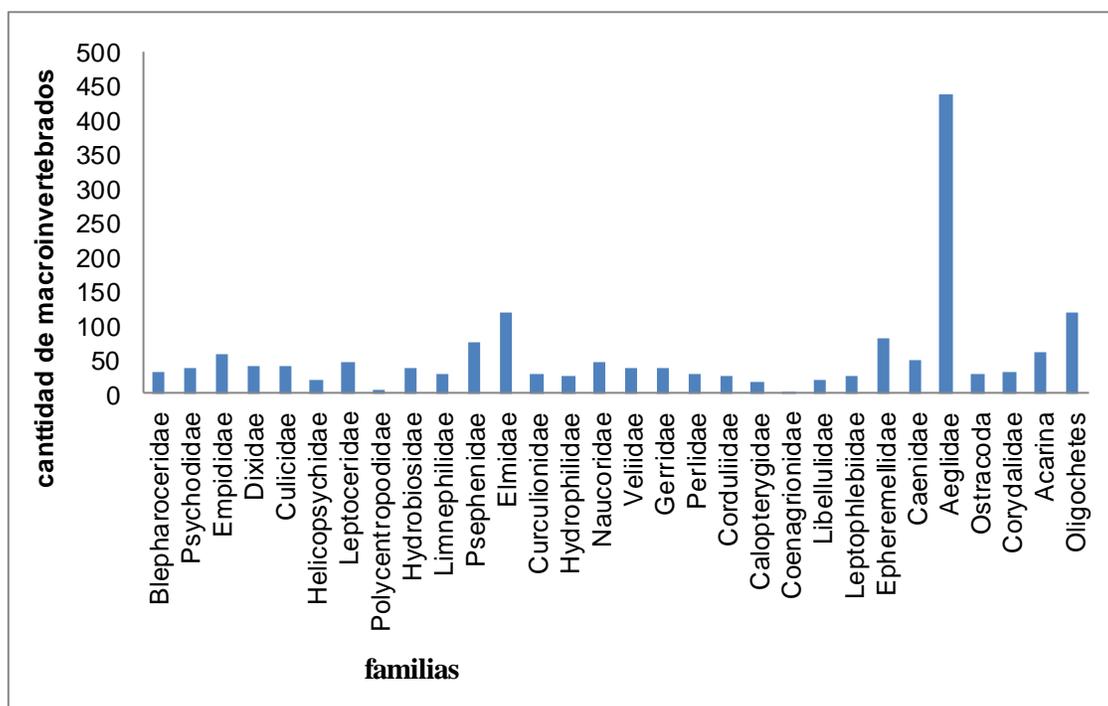
El grafico 4.2, presenta la cantidad de familias con sus respectivos puntajes (, siendo estas las familias: Blepharoceridae, Psephenidae, Corduliidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Limnephilidae, Perlidae, Dixidae, Leptophlebiidae, Empididae, Helicopsychidae, Polycentropodidae, Naucoridae, Gerridae Elmidae, Ostracoda, Corydalidae, Acarina, Calopterygidae, Libellulidae, Caenidae, Curculionidae, Coenagrionidae, Epheremellidae, Aeglidae, Hydrophilidae, Veliidae, Culicidae Psychodidae, Oligochetes. (Ver anexos II).

Sin embargo, se aprecia que en el puntaje 7 presenta mayor concentración de las familias de macroinvertebrados que pertenecen a los órdenes: díptera (flia. Empidiade), trichoptera (flias. Helicopsychidae, Polycentropodidae) y el orden hemiptera (flia. Naucoridae, flia. Gerridae).

Con respecto a la mayor concentración de familias en el puntaje 7 nos señala que las aguas presentan aguas de calidad buena debido a que este puntaje contiene a las familias que son resistentes a la buena calidad.

4.3. La cantidad de los macroinvertebrados

En el cuadro 4.4 a-b representa a la cantidad de macroinvertebrados recolectados en cada estación de muestreo haciéndose notar que la familia aeglidae (crustáceos) se hacía presente en cada estación y en una cantidad alta con respecto a las demás familias (ver anexos I), otro punto a resaltar es de la distribución irregular de algunas familias porque de estación a estación variaba la presencia de dichos macroinvertebrados.



Gráfica 4.3. Cantidad de macroinvertebrados recolectados por familia

En el río de San Andrés al recolectar las muestras al identificarlo se contó también en cuenta el número total de macroinvertebrados que fueron recolectados en todo el curso de agua que en total son de unos 1637 macroinvertebrados distribuidas entre 30 familias y estos a las vez entre 8 órdenes.

4.4. Índice de diversidad

El índice de diversidad ayuda a medir la abundancia y biodiversidad de especies de un sitio, a mayor biodiversidad mayor puntuación. Reflejan alteraciones de número total de comunidades de organismos. Como ventajas de estos índices respecto a los bióticos destacan que no es necesaria la identificación de especies o familias, que no se requiere información sobre la tolerancia a contaminación y que sirven para detectar sucesos leves de contaminación.

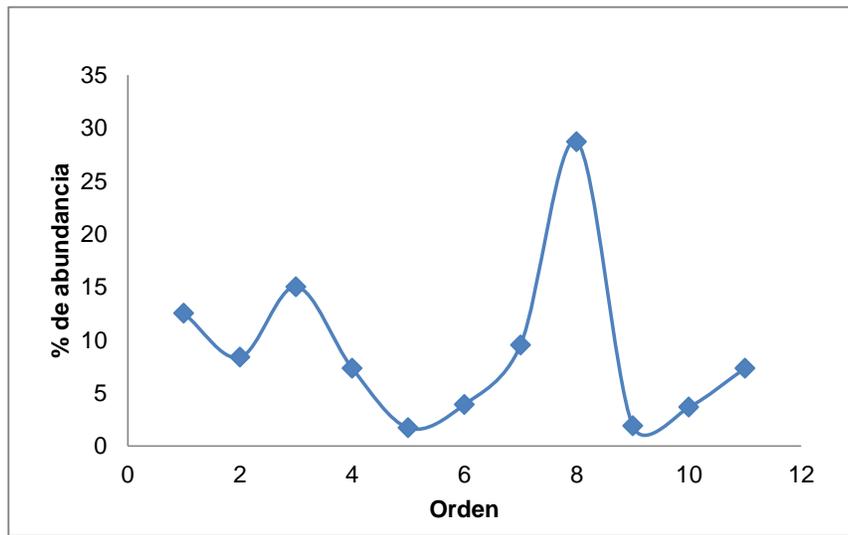
Cuadro 4.3. Porcentaje de abundancia por orden

Nº	ORDEN	ABUNDANCIA	% de abundancia
1	Diptera	205	12,52
2	Trichoptera	137	8,37
3	Coleoptera	246	15,03
4	Hemiptera	120	7,33
5	Plecoptera	28	1,71
6	Odonata	64	3,91
7	Ephemeroptera	156	9,53
8	Crustacea	470	28,71
9	Neuroptera -Megaloptera	31	1,89
10	Acarina	60	3,67
11	Oligochetes	120	7,33
		1637	100

1637 individuos. ————— 100 %

205 individuos. ————— X

$$X=12.52\%$$



Grafica 4.4: Porcentaje de abundancia por orden

En el grafico 4.4 y el cuadro 4.5 expresamos la cantidad y diversidad de macroinvertebrados que son indicados porcentualmente, datos que son generados de todas las estaciones de muestreo el cual nos indica que la mayor presencia de macroinvertebrados pertenecen a la familia Aeglidae (orden: crustáceos) en un 28.71% de todo el transecto siendo el dominante, además la presencia de esta familia se hizo presente en cada una de las estaciones de muestreo.

4.5. Analisis Índice de dominancia segun Berger-Parker (B)

Este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y 1 (0 % y 100 %). Es indicador de los mismos impactos que el índice de Simpson-Gini: polución orgánica, degradación en la morfología del río y degradación general.

$$B = M_{4x} / N$$

En donde:

- $M_{\text{áx.}}$: número de individuos del taxón más abundante.
- N: número total de individuos de la muestra.

$$B=440/1637$$

$$B= 0,2687$$

B= 26,87 % es la flia. Más dominante (flia. Aeglidae)

4.6. Valoración del índice BMWP

La puntuación BMWP, que es la suma de los valores de las familias presentes, que ayuda a la clasificación del tipo de calidad de agua que tiene el curso de agua objeto del presente estudio.

La identificación de los taxones se limita a la familia (el orden para los acarianos, ostracodos, y oligoquetos). Cada taxón recibe un valor indicador de su sensibilidad a las poluciones orgánicas, variando de 1 a 10.

Se hace la suma de los valores indicadores de los taxones presentes: es la puntuación BMWP.

La clase de aguas fuertemente contaminadas (color rojo) caracteriza aguas fuertemente contaminadas que sólo pueden albergar una fauna muy pobre de taxones poco resistentes.

La clase de aguas claramente contaminadas (color amarilla) caracteriza ecosistemas que siguen perturbados pero cuyas aguas tienen una fauna diversificada.

Las aguas de la clase aceptable (verde) son poco afectadas por una contaminación orgánica.

La clase Aguas limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable (color azul) corresponde a las aguas aparentemente no contaminadas o de manera que no afecta la fauna a un nivel detectable mediante el índice.

Además, según el sistema BMWP, se ha definido una sexta clase que agrupa las aguas de mejor calidad (agua muy limpia), utilizadas para el consumo humano.

Cuadro 4.4. Clases, Valores y características para aguas clasificadas mediante el índice BMWP

Clases ,Valores y características para aguas clasificadas mediante el índice BMWP				
CLASE	CALIDAD	VALOR DEL BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>101	Aguas limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable.	Celeste
II	Aceptable	61-100	Aguas con algún signo evidente de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas claramente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	<15	aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Los índices BMWP de los sitios muestreados se reparten según valores continuos que se tienen que separar en clases para poder interpretar fácilmente los resultados, y presentarlos por medio de colores convencionales. Los límites de clases definitivas de calidad que se indican en la cuadro 4.6.,que fueron fijados teniendo en cuenta nuestras cinco clases provisorias, basadas sobre parámetros medioambientales visuales de los 28 sitios seleccionados en el curso de agua. Observamos que la utilización de algunos taxones clave nos permite siempre delimitar claramente las

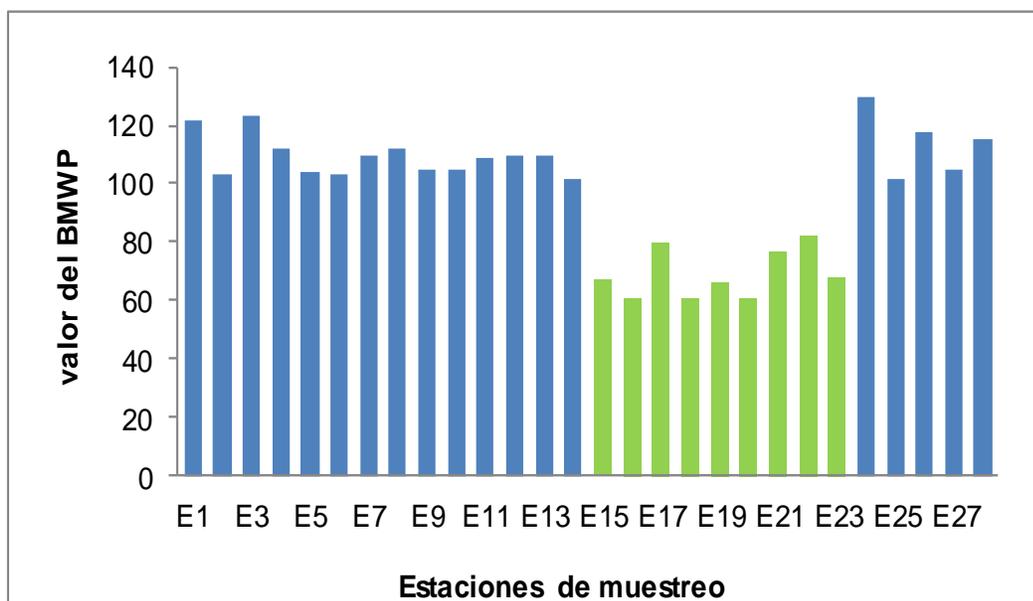
diferentes clases de calidad debido a una superposición de sus componentes faunísticos.

4.7. Niveles de perturbaciones en el río San Andrés con comunidades de macroinvertebrados

Los organismos que habitan los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan límites de tolerancia las diferentes alteraciones. Si las perturbaciones llegan a niveles intolerantes estos mueren y su comunidad es ocupada por comunidades más tolerantes a las perturbaciones. De manera que las variaciones inesperadas en la composición y estructura de las diferentes comunidades se dan a interpretarse como signos de contaminación.

Cualquier diferencia en comparación de un estado de equilibrio, modificando la estructura física o el funcionamiento de un ecosistema....

La presencia de perturbaciones presentes en los ríos se observan generalmente con la aparición de especies resistentes y la desaparición de las especies menos resistentes, conformando un micro hábitat y ayudando a ver la clase de calidad del agua en la zona estudiada, con la ayuda del índice biótico.



Grafica 4.5: Distribución de los puntajes de clases de calidad de agua de la comunidad de San Andrés mediante el índice BMWP.

La representación de esta grafica nos muestra sobre la calidad de agua que presenta en cada estación de muestreo en nuestro caso se observó dos clases de aguas, la primera que es agua no contaminada ni alterada de modo apreciable (celeste) y Aguas con algún signo evidente de contaminación (verde) siendo este asignado por el valor del BMWP.

Como se puede apreciar, en las estaciones de muestreo E1 a E14 presentan aguas de calidad relativamente buenas (color celeste), esto se manifiesta a la poca intervención del hombre sobre este trayecto del curso de agua y de la poca presencia de animales (vacuno, ovino, caprino). Sin embargo en la E15 hasta la E23 presentan un con respecto a la calidad porque se nota que alrededor de la E15 se encuentra la actividad de extracción de áridos en ciertas zonas y debido a que esta zona es turística existe un gran porcentaje de contaminación debido las visitas realizadas donde desechan principalmente basura (plásticos, latas de cerveza, pañales, etc), como también lavan automóviles, ropa, etc. que cuyos desechos terminan en el rio , más apreciable la contaminación se halla cerca de la zona del puente porque la presencia de las familias de macroinvertebrados se limitó de manera considerable.

Pero desde la estación de muestreo 24 existe nuevamente la calidad de agua retoma de nuevo calidad de Aguas limpias, no contaminadas ni alteradas de modo apreciable.

4.8. Análisis fisicoquímico

Mediante estos índices se va a obtener un valor numérico adimensional que agrupa las magnitudes de ciertos parámetros individuales, cuyo número y tipo varía según el índice. Se usan para evaluar la calidad de un agua y su evolución con el tiempo y tienen como inconveniente su poca robustez debido a que simplifican mucho la calidad al definirla mediante un único valor numérico.

El proyecto consistió en analizar y clasificar la calidad de las aguas según su aptitud de uso humano de acuerdo a la Ley 1333 y su Reglamentación en Materia de Contaminación Hídrica y la calidad de las aguas de riego según las normas de Riverside de los ríos del Departamento de Tarija mediante el análisis de muestras de agua de 34 parámetros Físico-Químico , Bacterológicos y Metales Pesados de cuatro monitoreos realizados a puntos fijos de monitoreo, con el fin de garantizar la salud de la población y preservar las actividades socioeconómicas (agropecuarias ,turismo,ect.), fundamentalmente garantizando la vida misma de los ríos como ser la flora y la fauna que en ella se desarrolla.

Cuadro 4.5. Valores de estudio físico-químico

PARÁMETROS BASICOS	RIO EL MOLINO-PUENTE SAN ANDRES								
	Mes de muestreo y Clase								
	Abr	Clase	Jun	Clase	Sept	Clase	Nov	Clase	Clase Total
Análisis									
Físico - Químico									
Oxígeno Disuelto (%S)	75	B	14,4	D	69,2	C	97,7	A	D
DBO (mg/l)	1,14	A	5,9	C	7	C	13,9	C	C
DQO (mg/l)	16	C	16,3	C	60,95	D	7,61	B	D
Fosfato total (mg/l)	0,16	A	N.D.	A	N.D.	A	N.D.	A	A
Cromo exavalente (mg/l)	N.D.	A	N.D.	A	N.D.	A	N.D.	A	A
Turbiedad (UNT)	1,6	A	10	A	4,73	A	2,42	A	A
Sol. tot. Disueltos(mg/l)	11,1	A	12,2	A	12,5	A	14,6	A	A
Solidos totales (mg/l)	35	*	34	*	80	*	22	*	*
Sol.sedimentables(mg/l)	0	A	0,02	A	0,2	A	N.D.	A	A
Temperatura (°C)	22,7	A	14,4	A	24,8	A	19,8		A
pH	6,62	A	8,56	B	6,47	A	6,68	A	B
Conductividad (us/cm)	25,4	*	27,7	*	26,9	*	28,8	*	*
Salinidad (%)	0	*	0	*	N.D.	*	N.D.	*	*
Alcalinidad (mg/lit CaCO3)	11,3	*	9,2	*	13	*	12,9	*	*
Carbonatos(mg/litCaCO3)	N.D.	*	N.D.	*	N.D.	*	N.D.	*	*
Bicarbonatos(mg/litCaCO3)	11,3	*	9,2	*	13	*	12,9	*	*
Dureza(mg/litCaCO3)	7,5	*	14,2	*	16,9	*	8,08	*	*
Calcio(mg/lit Ca)	1,28	A	1,62	A	2,904	A	2,39	A	A
Magnesio(mg/lit Mg)	1,032	A	2,436	A	2,34	A	0,51	A	A
Cloruros(mg/lit Cl)	39,5	A	36,1	A	9,12	A	11,2	A	A
AmonioNitrogeno(mg/litNH4-	0,09	*	0,04	*	0,08	*	N.D.	*	*
Sulfatos(mg/lit SO4)	0,9	A	0,12	A	0,54	A	N.D.	A	A
Nitritos(mg/lit N)	0	A	0,015	A	0,03	A	0,03	A	A
Nitratos(mg/lit NO3)	0,01	A	0,6	A	2,12	A	2,98	A	A
Análisis Microbiológico									
Colifecales (N/100 ml)	2400	C	240	B	240	B	1200	C	C
Colifor. Tot.(N/100 ml)	2400	*	460	*	240	*	1600	*	*
Análisis metales pesados									
Plomo (mg/l)	N.D.	A	N.D.	A	N.D.	A	N.D.	A	A
Mercurio (mg/l)	N.D.	A	N.D.	A	N.D.	A	N.D.	A	A
Cobre(mg/l)	0,226	A	0,003	A	0,01	A	0,02	A	A
Hierro(mg/l)	0,036	A	0,01	A	0,046	A	0,1	A	A
Manganeso(mg/l)	N.D.	A	0,005	A	0,012	A	0	A	A
Zinc(mg/l)	0,0014	A	0,01	A	0,018	A	0,01	A	A
Sodio(mg/l)	1,44	A	7,04	A	16,69	A	6,93	A	A
Potasio(mg/l)	0,047	*	1,06	*	0,64	*	1,21	*	*
CLASE FINAL									D

Fuente: Monitoreo del agua de los ríos del departamento de Tarija 2007.

CLASE A	AZUL
CLASE B	VERDE
CLASE C	NARANJA
CLASE D	ROJO
N.D	No se detecto.

Donde las clases significan:

CLASE "A" Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

CLASE "B" Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

CLASE "C" Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica.

CLASE "D" Aguas de calidad mínima , que para consumo humano, en los caso extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre-sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

Los índices calidad de agua realizada de carácter físico o de carácter biológico para nuestros estudios se observaron que los resultados de ambos estudios que la calidad de las aguas es de buena a moderadamente buena, concluyendo estos estudios que las aguas son utilizadas para riego y para el consumo de animales.

El consumo de estas aguas para el hombre es poco recomendable pero se puede consumir previo tratamiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En el presente estudio “Evaluación de la calidad del agua en el rio San Andrés”, se recolectaron e identificaron 8 (ocho) tipos de órdenes y 30 (treinta) familias en el área del estudio. Cuyos órdenes: Díptera, Trichoptera, Coleoptera, Hemiptera, Plecoptera, Odonata, Ephemeroptera, Crustacea, Neuroptera-Megaloptera, Acarina y Oligochetes.
- La familia Aeiglidae (Cangrejos) presenta una mayor abundancia de los macroinvertebrados identificados y observados en el estudio de investigación, encontrándose esta familia en las diferentes estaciones de muestreo, Sin embargo, se observó una disminución relativa en proximidades del puente de san Andrés, por razones que los turistas realizan la extracción de los mismos.
- La calidad de agua del rio san Andrés, se determinó a partir de la aplicación del método del índice biológico BMWP; asignado un puntaje del 1 al 10 de los macroinvertebrados recolectados en las estaciones de muestreo. Resultando las aguas de san Andrés de calidad buena a relativamente buena (color celeste a verde).
- Sin embargo, el índice biológico BMWP, nos muestra la presencia de aguas de relativa calidad próximas al puente, esto se manifiesta que existe actividad antrópica (visita de turistas al rio san Andrés), quienes vierten su desechos sólidos al rio.

- El análisis fisicoquímico e índice biótico presentan resultados relativamente similares. Demostrando que las aguas del rio san Andrés presentan aguas de tipo de calidad buena a moderadamente buena.
- Los resultados del presente estudio se constituyen una referencia importante para las instituciones públicas y privadas, en el marco de un manejo integral de cuencas y la protección del medioambiente. Siendo el índice biótico una herramienta de diagnóstico medioambiental bastante practico

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del método índice BMWP para la determinación de la calidad de agua de los cursos agua lotica del departamento de Tarija, siendo una herramienta confiable, que permitirá desarrollar nuevas políticas y un manejo adecuado de los recursos hídricos.
- Se constituye de vital importancia la elaboración de una clave de identificación de macroinvertebrados de agua dulce para el departamento de Tarija para facilitar el reconocimiento de los macroinvertebrados recolectados para el desarrollo de nuevos estudios.
- En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se sugiere a las autoridades municipales y departamentales, la implementación de medidas preventivas para evitar posibles incrementos de contaminación en proximidades dl puente de san Andrés, tales como: señalización y guarda faunas que protejan este cuerpo de agua. O en su defecto un control más exhaustivo instalando puestos de control de ingreso.