



PROYECTO DE FORTALECIMIENTO A GOBIERNOS LOCALES (FGL),
INICIATIVA DE RECUPERACIÓN ICTIOLÓGICA
Y CONSERVACIÓN DEL RÍO SARDINAS

EcoCiencia



INFORME TÉCNICO:

**ESTUDIO BÁSICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
SARDINAS, CANTÓN EL CHACO, PROVINCIA DE NAPO,
ECUADOR**

*Carolina Enríquez
Adriana Flachier*

Septiembre de 2007

AGRADECIMIENTOS

Merecen agradecimiento las siguientes personas: Germán Chasipanta, Promotor, por todo su apoyo logístico, su acompañamiento durante el trabajo de campo y ayuda en la recolección de muestras; Janeth Ulloa por permitir la realización de este estudio de y facilitar la coordinación; Ulpiano Lara, Teniente Político, por su acompañamiento en el trabajo de campo e interés en el estudio.

CONTENIDO

	Página
ANTECEDENTES	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	7
1.2. Área de estudio	8
2. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS	9
2.1. Puntos de muestreo	9
2.2. Toma de muestras	10
2.2.1. <i>Agua del río Sardinas</i>	11
2.2.2. <i>Macroinvertebrados bénticos</i>	10
2.3. Análisis de muestras	12
2.3.1. <i>Análisis en el punto de muestreo</i>	12
2.3.2. <i>Estación de análisis temporal</i>	12
2.3.3. <i>Laboratorio</i>	13
2.4. Cálculo de índices de calidad	14
3. RESULTADOS	15
3.1. Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos	15
3.1.1. <i>Coliformes fecales</i>	15
3.1.2. <i>Demanda Biológica de Oxígeno DBO</i>	16
3.1.3. <i>Otros parámetros</i>	16
3.2. Índice de calidad del agua (ICA o WQI)	17
3.3. Caracterización de la fauna acuática invertebrada	18
3.3.1. <i>Riqueza Taxonómica</i>	18
3.2.2. <i>Abundancia</i>	19
3.4. Índice de sensibilidad (IS)	20
4. CONCLUSIONES	23
5. RECOMENDACIONES	25
GLOSARIO	26
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	29
ANEXOS	31
Anexo 1. Mapa del área de estudio y puntos de muestreo	31
Anexo 2. Equipos de análisis utilizados en el estudio	32
Anexo 3. Principios de cálculo del índice ICA	33
Anexo 4. Valores de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos	34
Anexo 5. Resultados de los cálculos del índice ICA y valores Q	35
Anexo 6. Grupos taxonómicos de macroinvertebrados del río Sardinas	38
Anexo 7. Cálculos del índice de sensibilidad IS	39

ESTUDIO BÁSICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SARDINAS

Como parte de la Iniciativa de Recuperación Ictiológica y Conservación del Río Sardinias dentro del Proyecto de Fortalecimiento a Gobiernos Locales (FGL)

ANTECEDENTES

La parroquia Sardinias es una zona de gran biodiversidad, siendo una de sus principales fortalezas la agricultura y la ganadería. La falta de control e iniciativa por parte de las autoridades y los habitantes de la parroquia, ha ocasionado la pérdida indiscriminada e irracional de sus riquezas, incluyendo la riqueza ictiológica del río Sardinias (Ulloa *et al.* 2006).

Dentro del marco del *Proyecto Fortalecimiento a Gobiernos Locales (FGL)*, se está ejecutando la *Iniciativa de Recuperación Ictiológica y Conservación del Río Sardinias*, para evitar la pérdida de este recurso tan importante para la población. Por otro lado, el río Sardinias es utilizado de diferentes maneras y cerca de sus orillas se realizan ciertas actividades, como se indicarán más adelante, que podrían representar una amenaza a la calidad del agua de este sistema hídrico¹.

Por esa razón, el proyecto FGL estableció un acuerdo de cooperación con el *Laboratorio de Ecología Acuática de EcoCiencia (LECA-EcoCiencia)* para realizar un estudio básico de calidad del agua del río Sardinias que permita determinar si el agua del río es apta para el mantenimiento de la fauna acuática y para el uso humano, conforme a las necesidades del Proyecto FGL.

De esa manera, el LECA-Ecociencia elaboró una propuesta de estudio que incluyó un presupuesto y cronograma de trabajo, el cual fue aprobado por el Proyecto FGL. Por lo tanto, este último hizo entrega al laboratorio del monto convenido, bajo los términos de dicha propuesta, con la finalidad de cumplir con los objetivos del presente estudio.

Entre las actividades propuestas y convenidas están:

- Realizar la toma de muestras de agua y macroinvertebrados a lo largo del río Sardinias hasta la unión con el río Quijos, y adicionalmente en ciertas fuentes tributarias, así como en zonas utilizadas como balneario.
- Realizar el análisis de varios parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y de macroinvertebrados de las muestras tomadas.
- Interpretar la información de los datos obtenidos que permitan determinar las características del río, fuentes de contaminación, y evaluar la calidad del agua.
- Difundir la importancia y los resultados del proyecto, y capacitar sobre las técnicas de toma de muestras, análisis y monitoreo a líderes locales.

Los productos acordados son:

1. Un informe técnico final del estudio (el presente documento).
2. Una guía simple de monitoreo del agua.

¹ Las palabras subrayadas son aquellas de índole técnico, cuyo significado se encuentra en el GLOSARIO al final de este texto (antes de las REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS).

1. INTRODUCCIÓN

La expresión *Calidad del Agua* indica una valoración que se le da a este líquido vital, en relación a parámetros (físicos, químicos u otros) que determinan sus características, en la medida en que los mismos se encuentran en niveles aceptables para sostener la vida.

La calidad del agua es relativa y depende de los objetivos del análisis que se realicen, pues las cantidades de los parámetros no son los mismos para aguas destinadas al uso humano, a riego, a recreación, preservación de fauna acuática, etc.

Existen normas nacionales e internacionales para ciertos parámetros, dependiendo de dichos objetivos. También existen índices de calidad del agua, que se calculan en base a las concentraciones de varios parámetros seleccionados como los más importantes, que también dependen de esos objetivos de análisis.

En este estudio se ha preferido utilizar dos tipos de índices de calidad del agua. El primero, denominado ICA (Índice de Calidad del Agua), conocido también como WQI (por su acrónimo en inglés "Water Quality Index"), enfatiza en el uso humano (Mitchell y Stapp 1993). Éste fue desarrollado por la Fundación Sanitaria Nacional de Estados Unidos, y se basa en el análisis de nueve parámetros considerados por especialistas como los más importantes para detectar contaminación en el agua.

Los parámetros considerados en el índice ICA se indican en el siguiente *Recuadro 1*, con una breve explicación su significado e importancia. Un glosario de términos técnicos (subrayados) ha sido incluido al final de este documento (antes de las Referencias Bibliográficas).

Recuadro 1. Parámetros utilizados en el cálculo del índice ICA

Oxígeno Disuelto.- Es la cantidad del elemento químico oxígeno (O) diluido en el agua. La mayoría de seres vivos incluyendo los acuáticos, requieren este gas para su supervivencia. Bajos niveles de oxígeno afectan la distribución, riqueza y diversidad de los organismos acuáticos. Además, una baja cantidad de oxígeno indica contaminación orgánica, pues el proceso de descomposición lo consume. El oxígeno también está en función de la temperatura del agua: a menor temperatura mayor cantidad de oxígeno.

Coliformes Fecales.- Son bacterias que se encuentran en las heces de los humanos y animales de sangre caliente, pues forman parte de la flora bacteriana que ayuda en la digestión de los alimentos. Sin embargo, si se presentan en alto número, existe una la posibilidad de contraer infecciones intestinales, pues existe una correlación entre el nivel de coliformes fecales y la de especies que producen enfermedades. Este parámetro es un indicador de que aguas servidas y desechos humanos o animales están ingresando en el río, siendo una amenaza para los usuarios.

Potencial Hidrógeno (pH).- Expresa el grado de acidez o basicidad de una solución. El pH 7 es considerado neutro² y es el ideal, como el del agua potable. En los sistemas naturales el pH puede variar entre 5 y 8. Es una propiedad que afecta la mayoría de las reacciones químicas naturales que se suceden en el agua. Valores muy altos o muy bajos de pH pueden indicar una contaminación severa por varias fuentes.

² Ni ácido ni básico, el término medio.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).- Es una medida de la cantidad de oxígeno tomado por bacterias para descomponer la materia orgánica en el agua. Entonces, es utilizado como una medida de la cantidad de contaminantes orgánicos que se encuentran en el agua, pues una DBO muy alta indica que la descomposición es elevada, y por ende existe un alto desarrollo de organismos microscópicos descomponedores.

Nitratos.- Son nutrientes del elemento químico nitrógeno (N). Es un parámetro relevante porque puede indicar contaminación agrícola por fertilizantes. Valores muy altos de nitratos hacen que el agua sea tóxica, y pueden provocar asfixia, incluso la muerte.

Fosfatos.- Son nutrientes del elemento químico fósforo (P). Los fosfatos que se detectan fácilmente en el agua son aquellos que se encuentran disueltos. Estos pueden hallarse en forma orgánica cuando forman parte de los organismos vivientes. Los fosfatos inorgánicos, en cambio, incluyen iones sujetos al polvo o al suelo y presentes en detergentes y fertilizantes. Por lo tanto, el fosfato ingresa en el agua a través del lavado del suelo por lluvias, operaciones de limpieza, tratamientos de agua y aguas servidas. A pesar de ser necesario para el crecimiento biológico, demasiado fosfato causa un excesivo desarrollo de plantas acuáticas y eutrofización, al igual que el nitrato.

Temperatura.- Es la medida de cuanto calor o frío presenta el agua de una fuente. Es un regulador de los procesos naturales en el medio acuático. Gobierna funciones metabólicas en los organismos, actuando directa o indirectamente en combinación con otros parámetros. Con cada cambio drástico de temperatura, se afecta la fauna acuática, pues regula la actividad y estimula o suprime su desarrollo y crecimiento. También controla la puesta de huevos y su desarrollo. Es decir que puede causar la muerte cuando el agua se recalienta o se enfría repentinamente. Además, la temperatura influencia varias reacciones físicas y químicas del agua.

Turbiedad.- Es una medida de la relativa claridad del agua, es lo contrario de transparencia. Los sólidos suspendidos absorben y dispersan la luz, en lugar de ser transmitida en líneas rectas a través del agua. Cuando mayor es la cantidad de esos sólidos, mayor es la turbiedad. Cuando el valor de este parámetro es alto, podría indicar el ingreso al agua de suelo proveniente de zonas erosionadas, desperdicios industriales, mineros, de construcciones y de aguas servidas, además de la existencia de bastante fauna acuática que remueve el sedimento (ej. peces) o que hay un alto desarrollo de algas microscópicas.

Sólidos Totales.- Son sólidos finamente divididos (partículas como polvo), que pueden estar disueltas o suspendidas en el agua. Los sólidos disueltos pueden ser calcio, bicarbonato, nitrógeno, fósforo, hierro, azufre, entre otros iones. Los sólidos suspendidos son variados, desde partículas de arcilla, limo, coloides y plancton, hasta desperdicios industriales y de aguas servidas. Éstos pueden ingresar al agua por el lavado de suelos durante las lluvias, fertilizantes, materiales de construcción, etc. Altas concentraciones pueden reducir la claridad del agua, bloquear los órganos de respiración de los seres acuáticos, enterrar huevos, reducir el oxígeno, disminuir la fotosíntesis, aumentar la temperatura, producir diarrea en los seres humanos y dar mal sabor al agua. Por otro lado, valores muy bajos pueden limitar el crecimiento de la vida acuática, pues los iones disueltos son importantes para varios procesos metabólicos y celulares.

Conductividad.- Es el nivel de capacidad que tiene el agua para transmitir la electricidad. La molécula de agua, como tal, no tiene carga que permita conducir la electricidad, pero los elementos o sales que se encuentran disueltas en un medio de agua sí lo permiten. Mientras más sales estén presentes, mayor es la conductividad. Las aguas contaminadas también suelen tener una alta conductividad.

(Schwoerbel 1975; Canter y Hill 1979; Terrell y Bytnar 1989; HACH 1993; Mitchell y Stapp 1993; Wheaton 1993; De Lange 1994; HACH 1996; Echarri 1998; SES 1998; Deutch et al. 2001; WIKIPEDIA S/F)

Un segundo indicador de calidad del agua ha sido considerado en este estudio, y es el denominado Índice de Sensibilidad Biótica o IS, el cual permite determinar el equilibrio ecológico del río. Para su cálculo, éste utiliza la presencia o ausencia de organismos que viven en los substratos de los ríos, denominados *Macroinvertebrados Bénticos* o *Macrobentos*.

Se los denomina de esa manera porque a pesar de ser muy pequeños, pueden ser observados a simple vista (macro-), son invertebrados, y viven enterrados o fijos en los materiales del fondo de los ríos (zona béntica) de los ambientes acuáticos. Entre estos podemos encontrar larvas y adultos de insectos acuáticos, lombrices, sanguijuelas, planarias, ácaros de agua, conchas y caracoles, cangrejos, camaroncillos, etc. Son el alimento de muchas especies de peces. Por tener largos ciclos de vida en el agua, reflejan no solo el estado presente de un cuerpo de agua, sino también las condiciones pasadas del mismo. Entre estos existen grupos sensibles a la contaminación (especialmente orgánica), mientras que otros la toleran, desarrollándose en grandes poblaciones. Por esa razón, su presencia, ausencia, densidad, diversidad y riqueza, se usan frecuentemente para evaluar la salud de un ecosistema acuático (Barros y Carrasco S/F).

Estos índices fueron seleccionados porque utilizan pocos parámetros, son relativamente fáciles de analizar y económicos. Esto es una ventaja porque personas de las localidades pueden realizar estos análisis luego de un corto entrenamiento, sin ser necesariamente expertos.

De esa manera, los datos sobre la calidad del agua son importantes para la determinación del estado actual del río, fuentes y niveles de contaminantes, lo que permite proponer e implementar medidas de recuperación del ecosistema acuático y de protección de la salud de los usuarios y de los organismos que habitan y dependen del agua, como la trucha.

Realizando un breve recorrido por el río Sardinas, se puede observar que el agua de esta fuente es utilizada por los pobladores locales para uso doméstico, recreación, ganadería, agricultura y zoocriaderos. Además, de este sistema acuático se extrae material para la construcción de viviendas y obras de ingeniería. Sin embargo, carece de servicios sanitarios adecuados, siendo los residuos y aguas servidas descargadas directamente en este curso de agua.

Estas descargas son una evidente amenaza a la salud del río, sin embargo se desconoce si los niveles de las sustancias que ingresan en el mismo pueden llegar a afectar actualmente a los pobladores usuarios, a los organismos acuáticos (ej. peces) que ellos consumen y a la salud ambiental del río Sardinas. El presente estudio pretende responder a esta interrogante.

1.1. Objetivos del estudio

El objetivo principal de este estudio es determinar el estado actual del río Sardinas, obteniendo las bases y criterios que permitan establecer la calidad de agua del río de acuerdo con las características de este ecosistema acuático. Para lograr este objetivo principal se han propuesto varios objetivos específicos que son:

- Determinar ciertas características físicas, químicas y bacteriológicas del río Sardinas, así como los niveles que indican contaminación.
- Identificar fuentes y tipos de contaminación.
- Determinar la riqueza y composición de los macroinvertebrados bénticos, así como las comunidades sensibles a la contaminación.

- Evaluar la calidad del agua mediante índices.
- Recomendar actividades que reduzcan los niveles de contaminación del río Sardinas.

1.2. Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia de Napo, en el Cantón El Chaco, dentro de la Reserva Ecológica Cayambe-Coca. En ese Cantón se encuentra ubicada la Parroquia Sardinas (ver mapa del *Anexo 1*), que abarca un área de 109,91 km² (Ulloa *et al.* 2006), por donde atraviesa el río Sardinas, sitio donde se tomaron las muestras.

La altitud promedio de la zona de estudio oscila entre los 1500 y los 1600 msnm, con una temperatura que varía entre los 12 a 26 °C, formando diversos climas locales y puntuales. La precipitación anual es de 2500 a 3000 mm., y la humedad relativa es del 89,5% (Ulloa *et al.* 2006).

El río Sardinas y sus otras quebradas afluentes de menor caudal, desembocan en el río Quijos, siendo entonces el río Sardinas un afluente secundario del Río Quijos, cuyo afluente primario es el río Papallacta que tiene su origen en la cordillera de los Andes.

La parroquia Sardinas cuenta con una biodiversidad muy rica, y el río que lleva su mismo nombre es su fuente principal de agua. En la zona alta el río Sardinas se desarrolla como un cauce hídrico de montaña turbulento y aireado naturalmente, pero al ir bajando, en la zona media, el río atraviesa zonas ganaderas, mineras, de recreación y asentamientos humanos dispersos. Las partes más altas de la cuenca aún poseen cobertura vegetal nativa; pero en la parte media, ciertas áreas sufren el avance de la frontera ganadera. La parte baja del río se encuentra influenciada por una carretera, un puente y una zona de extracción de materiales de construcción (zona minera), por lo que la vegetación natural es escasa.

2. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS

El estudio utilizó un método rápido de evaluación para lo cual se requirió primeramente de la determinación previa de puntos de muestreo sobre un mapa elaborado a mano. Posteriormente, se realizó una verificación de los mismos en campo, y una toma de muestras que duró tres días, desde el 5 al 7 de julio del año vigente. Luego, se realizó un análisis de laboratorio para la identificación de muestras y, finalmente, un trabajo de oficina para elaborar el presente informe.

2.1. Determinación de puntos de muestreo

Se realizó una toma de muestras de agua y macroinvertebrados a lo largo de la sección del río Sardinas en los puntos determinados, los cuales se indican en la *Tabla 1* y el mapa del *Anexo 1*. Las coordenadas geográficas fueron tomadas mediante un sistema de ubicación geográfico (GPS, por su acrónimo en inglés: "Geographic Position System"), que captura una señal enviada por satélites (*Foto 1, Anexo 2*).

Tabla 1. Puntos de muestreo, ubicación y coordenadas

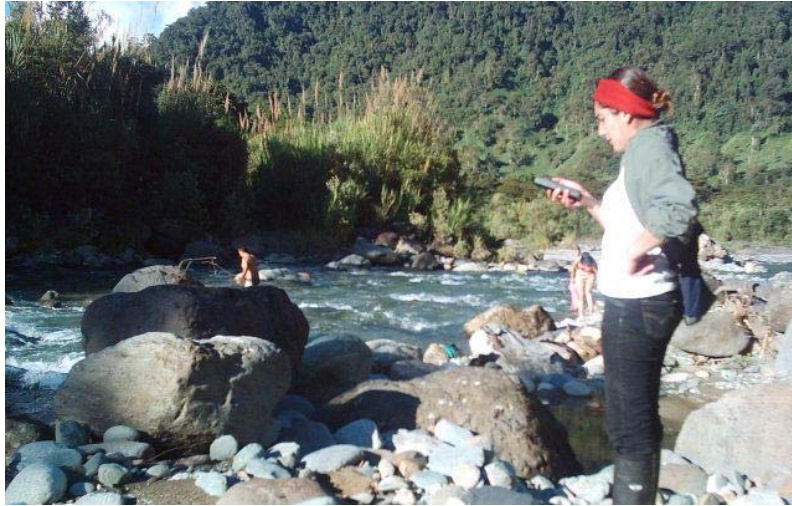
Puntos	Ubicación	Coordenadas UTM
Sa01	Río Yaucana, antes de la unión con el río Sardinas	0180212 / 9958993
Sa02	Río Sardinas, antes de la unión con el río Yaucana	0180214 / 9958951
Sa03	Río Sardinas Chico, luego de la unión del río Yaucana y el río Sardinas, en la toma de agua	0182804 / 9959438
Sa04	Río Sardinas, aguas abajo de criaderos de cerdos, cultivos y zona de derrumbe	0183518 / 9958405
Sa05	Río Sardinas, aguas abajo del desfogue de aguas servidas de la Parroquia Sardinas	0184634 / 9957812
Sa06	Río Sardinas, en la zona de recreación de los pobladores, bajo el puente del oleoducto	0184923 / 9957724
Sa07	Río Sardinas, aguas abajo de de la mina de material pétreo	0185179 / 9957808
Sa08	Río Sardinas, aguas arriba del puente de la carretera principal a El Chaco	0186356 / 9958081
Sa09	Río Sardinas, aguas abajo del puente de la carretera principal a El Chaco, antes de la unión con el Río Quijos	0186562 / 9958143

Los puntos de muestreo fueron seleccionados de acuerdo con varios criterios, que se indican a continuación:

- Sitios poco intervenidos para comparar con los sitios que reciben mayor influencia del ser humano.
- Toma de agua para determinar la calidad del agua que recibe la población humana.
- Tributarios que conforman el río Sardinas para saber la calidad del agua que alimenta al río y si permiten o no su recuperación.
- Antes y después de las actividades humanas realizadas cerca o en el río, para evaluar el nivel de afectación producida en el río por las mismas.

- Antes y después de los desfuegos de desechos, para evaluar la cantidad de contaminantes.
- Antes y después de obras de infraestructura como puentes y carreteras, para ver si existe afectación al río por parte de la circulación de medios de transporte y de gente.
- Sitios de recreación (balnearios), para determinar los posibles riesgos de salud.

Foto 1. Toma de coordenadas geográficas con GPS



CRÉDITOS: GERMÁN CHASIPANTA

Cabe resaltar que un buen mapa elaborado a mano por Germán Chasipanta, Promotor, permitió la determinación previa de los puntos de muestreo. La misma persona indicó los sitios que le parecían interesantes analizar, según las necesidades de la población, y siguiendo los criterios antes mencionados.

2.2. Toma de muestras

La recolección de muestras de agua y de macroinvertebrados, se realizó a lo largo del Río Sardinas en los puntos anteriormente determinados. A continuación, se detallan los tipos de muestras que fueron tomadas.

2.2.1. Agua del río Sardinas

En cada uno de los nueve puntos de muestreo se llenaron frascos de agua (*Foto 2*), las que permitieron medir algunos de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos³ que permiten el cálculo del índice de calidad de agua ICA.

Las muestras fueron tomadas en envases esterilizados, tal como se indica a continuación:

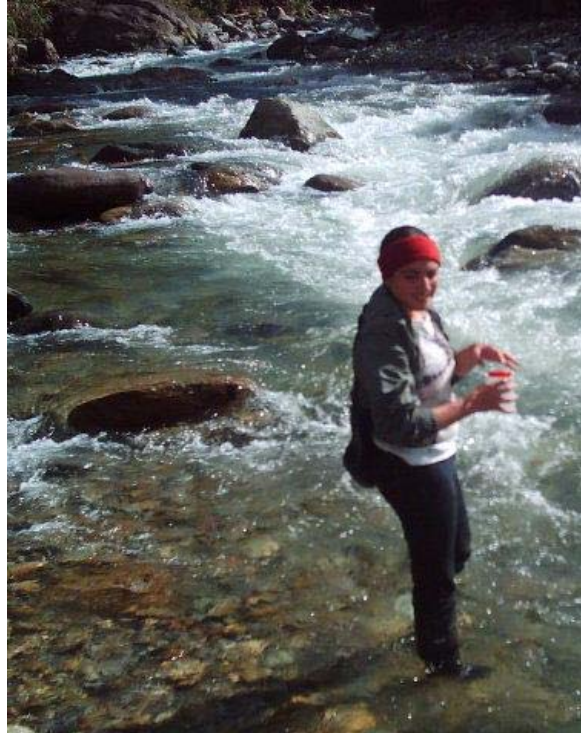
- 1 frasco de vidrio de 10 ml esterilizado, para el análisis de coliformes fecales y coliformes totales⁴.

³ Otros parámetros fueron medidos *in situ* y para ellos no se necesitó tomar muestras, los cuales se listan en el subcapítulo sobre el análisis de las muestras.

⁴ Coliformes Totales = coliformes fecales + otros coliformes (ej. provenientes del suelo).

- 3 botellas de plástico de 60 ml esterilizadas, para el análisis de DBO.
- 3 frascos de vidrio de 15 ml, para el análisis de turbiedad.
- 1 frasco de plástico de 350 ml, para el análisis de sólidos totales y sólidos suspendidos.

Foto 2. Toma de muestras de agua



CRÉDITOS: GERMÁN CHASIPANTA

Las muestras para coliformes fueron mantenidas en frío para mantener inactivas a las bacterias y reducir su desarrollo hasta su inoculación en el medio de cultivo e incubación.

Las muestras de DBO fueron tomadas evitando el ingreso de burbujas de aire al interior de los frascos. Para esto se taparon las botellas debajo del agua cuando ya estuvieron repletos. Posteriormente, los frascos fueron cubiertos completamente con papel aluminio para evitar la penetración de la luz. Las muestras de DBO fueron mantenidas en refrigeración, al igual que las anteriores, hasta su incubación.

2.2.2. Macroinvertebrados bénticos

La recolección de macroinvertebrados se realizó mediante una red de pateo (3 mm de malla). La técnica de muestreo consiste en atrapar los macroinvertebrados que se sueltan del sustrato, cuando se va removiendo el fondo del río con los pies (*Foto 3*). Esto se realizó en cada punto de muestreo indicado anteriormente, durante un tiempo determinado (5 minutos).

El material recogido se colocó en una bandeja de loza blanca y se separó a los macroinvertebrados del resto de sedimento con una pinza. La fauna atrapada fue colocada en un frasco plástico, debidamente etiquetado con alcohol al 95%, preservándolos para su posterior identificación en el laboratorio.

Foto 3. Toma de muestras de macroinvertebrados



CRÉDITOS: GERMÁN CHASIPANTA

2.3. Análisis de muestras

Se analizaron 13 parámetros básicos físicos, químicos y un bacteriológico. Los parámetros fueron analizados con equipos HACH, según métodos estándares, con estrictas normas de precisión.

Algunos parámetros fueron analizados en el mismo punto de muestreo, para evitar modificaciones de las cantidades e interacciones entre elementos químicos en el tiempo. Otros parámetros fueron analizados en una estación de trabajo temporal. Finalmente, unos últimos parámetros fueron analizados en el laboratorio LECA-EcoCiencia.

2.3.1. Análisis en el punto de muestreo

Los parámetros de temperatura, pH, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, nitratos y fosfatos, fueron analizados en el sitio de ubicación del punto de muestreo. Se utilizó un medidor digital electrónico HACH para los seis primeros parámetros y comparadores de color para los nutrientes (ver equipo de análisis en *Anexo 2*).

Para evitar la inestabilidad del flujo del agua del río, se midieron los parámetros en el agua colectada en un envase de 350 ml. Para cada medición, el agua fue renovada.

2.3.2. Estación de análisis temporal

En la estación de análisis temporal, a máximo seis horas de la toma de muestras, se obtuvieron los datos de turbiedad, mediante un turbidímetro electrónico HACH (*Anexo 2*).

2.3.3. Laboratorio

En el LECA-Ecociencia, se inocularon tres medios de cultivo (placas PETRIFILMS) para análisis de coliformes, por cada frasco de agua recolectado. Inmediatamente después, se colocaron las placas en una incubadora a 30°C (*Anexo 2*), durante 24 horas (o 48 horas, si no se evidenció crecimiento).

Luego se realizó el conteo de colonias de coliformes fecales y coliformes totales para cada placa de cultivo (*Anexo 2*). De las tres placas por muestra se calculó un promedio.

También, se colocaron en incubación los tres frascos por muestra de DBO a 30°C, durante tres⁵ y cinco días. Luego de ese tiempo transcurrido se analizó la cantidad de oxígeno presente en cada frasco, con el medidor digital electrónico, para restar de la cantidad de oxígeno disuelto medida inicialmente. De las tres medidas por muestra se calculó un promedio.

Además, se obtuvieron los datos de sólidos totales. Para esto, se pesó un vaso de precipitados vacío en una balanza de precisión (*Anexo 2*), se lo llenó con la muestra tomada, previamente agitada, hasta la marca de 100 ml. Luego se procedió a secar cada muestra en una secadora (*Anexo 2*). El tiempo de secado varió de dos a tres días. Esto se lo hizo tres veces para cada muestra, y así obtener un promedio.

Con la ayuda de un estéreo-microscopio (*Anexo 2*) y de guías y claves de taxonomía de Roldán (1988) y Merritt y Cummins (S/F), en el laboratorio se identificaron los macroinvertebrados bénticos.

Para entender mejor los principios de la taxonomía (o clasificación taxonómica), a continuación se ha introducido en el texto un *Recuadro 2* con una explicación más amplia sobre este tema.

Recuadro 2. Principios de Clasificación Taxonómica

Para facilitar el estudio de los seres vivos (animales y plantas), a cada uno se le dio un nombre (nomenclatura) y se los agrupó y ordenó (clasificó) de acuerdo a sus características físicas externas, anatómicas y genéticas, según jerarquías que van de grupos más grandes a más pequeños, denominados Taxones o Grupos Taxonómicos.

La unidad más pequeña de la clasificación es la *Especie*, donde se agrupan los individuos que comparten características en común, y que se diferencian de las demás en uno o más atributos. Dos o más Especies que tengan cierto número de afinidades comunes constituyen un *Género*. A su vez, los Géneros similares componen una *Familia*, y así en orden de jerarquía ascendente encontramos: *Orden*, *Clase* y *Tipos*. El conjunto de todos los Tipos similares conforman el *Reino* (animal o vegetal, por ejemplo). A continuación, se indica un ejemplo de la clasificación de un animal conocido como es la trucha, desde taxones más grandes a más pequeños:

Reino: Animal
 Tipo: Cordados
 Clase: Osteicties
 Orden: Salmoniforme
 Familia: Salmonidae
 Género: *Oncorhynchus*
 Especie: *Oncorhynchus mykiss*

(Storer *et al.* 1975)

⁵ El tercer día sirve para verificar si en este tiempo el oxígeno no se ha agotado completamente.

En este estudio, los macroinvertebrados colectados y preservados en alcohol se determinaron hasta el nivel de Familia, y de ser posible Género, y se contaron los individuos de cada grupo, para obtener su riqueza.

Con esta información, se elaboraron listas taxonómicas y la riqueza se estableció contando el número de diferentes Géneros existentes de macroinvertebrados.

2.4. Cálculo de índices de calidad

Se calculó el índice de calidad de agua ICA para todos los puntos de muestreo, según el método de Mitchell y Stapp (1993). En el *Anexo 3* se presenta una explicación detallada, con un ejemplo, del cálculo de este índice. Los valores del ICA obtenidos y calificados sobre 1, se comparan según los siguientes rangos:

ICA	Calidad del agua
0,90 - 1,00	Excelente
0,70 - 0,89	Buena
0,50 - 0,69	Media
0,25 - 0,49	Mala
> 0,25	Muy mala

A su vez, el Índice de Sensibilidad IS califica sobre diez a cada Familia de macroinvertebrados, según su grado de sensibilidad. Es decir que mientras más cercana al diez es la calificación, más sensible es esa Familia (Carrera y Fierro 2001). La suma de las calificaciones de las Familias encontradas corresponde al valor del índice. El valor obtenido por muestra se lo compara con los siguientes rangos que determinan la calidad del agua:

IS	Calidad del agua
101 - 145	Muy buena
61 - 100	Buena
36 - 60	Regular
16 - 35	Mala
0 - 15	Muy mala

3. RESULTADOS

3.1. Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos

En el *Anexo 4* se presenta una tabla que resume los valores encontrados en cada punto de muestreo para cada parámetro analizado.

Existen dos parámetros que se encuentran en niveles poco aceptables en todos los puntos de muestreo: coliformes fecales y Demanda Biológica de Oxígeno DBO. Por esa razón, a continuación se presenta un análisis más detallado de estos dos parámetros, principalmente, y otros relevantes para la zona.

3.1.1. Coliformes fecales

Los valores de coliformes fecales se encontraron en el río en una cantidad de 100 a 243 UFC/100 ml (promedio = 143 UFC⁶/100ml). El valor más bajo fue encontrado en el punto Sa01, ubicado en el río Yaucana (100 UFC/100 ml). En cambio, el punto de muestreo que mostró una mayor cantidad de coliformes fecales fue el Sa03 (243 UFC/100ml), ubicado en la toma de agua (*Foto 4*).

Foto 4. Toma de agua en el río Sardinas (Sa03)



CRÉDITOS: CAROLINA ENRÍQUEZ / EcoCIENCIA

Estos valores sobrepasan el máximo permisible ecuatoriano, que es de 50 UFC/100ml de coliformes totales⁷ para aguas de consumo humano que requieran únicamente desinfección. En la legislación ecuatoriana, si los valores de coliformes sobrepasan esa norma, el agua ya necesitaría ser tratada (Dueñas y Cisneros 2007).

En cambio, para aguas destinadas a recreación (ej. nado) el valor estándar es de 200 UFC/100ml para coliformes fecales, por lo que la mayoría de puntos de muestreo se encuentran aptos para este tipo de uso (excepto en la toma de agua).

⁶ UFC = Unidades Formadoras de Colonias

⁷ Considerando los coliformes totales el valor encontrado en el río Sardinas incrementa aún más.

En la toma de agua del río Sardinas, la intervención humana es baja y la vegetación a orillas del río es abundante, por lo que el valor encontrado resultó sorprendente. Por esa razón, se realizó una nueva toma de muestras para análisis de coliformes, el 6 de septiembre del presente año. Para esa fecha, el valor de coliformes fecales incluso incrementó a 300 UFC/100ml.

Como se indicó anteriormente, estas bacterias pueden entrar en los ríos por la descarga directa (ej. aguas servidas) e indirecta (ej. lavado del suelo) de desechos portadores de heces fecales humanas y animales. En sistemas acuáticos donde no hay fuentes de ingresos de heces humanas, como sucede en la toma de agua, los coliformes fecales indican una abundancia de especies de fauna que habitan y utilizan el agua de ese sistema. Es posible que en la toma de agua, el origen de los coliformes sea más bien de tipo animal, pues la intervención humana es menor en esa zona.

Los pobladores de la Parroquia Sardinas indicaron la presencia de ganado en esta zona alta. Aunque el ganado no se acerque al río Sardinas a beber agua, las lluvias podrían acarrear los desechos de estos animales debido a la pendiente. También las acequias que desembocan en este río y atraviesan esas fincas pueden llevar una carga de coliformes.

3.1.2. Demanda Biológica de Oxígeno DBO

Considerando el parámetro DBO, los valores son altos en todas las muestras, y van desde 4,5 a 7 mg/l (promedio = 5,9 mg/l). El punto de muestreo que mostró la DBO más alta fue Sa04, ubicado en la zona de los criaderos de chanchos. Según la legislación Ecuatoriana, el valor máximo permisible para este parámetro es 2 mg/l.

Como se indicó anteriormente, una DBO alta indica un ingreso elevado de desechos provenientes de seres humanos, animales y plantas. En las zonas altas, la vegetación es abundante en las orillas de los ríos, por lo que una alta carga de material vegetal (ej. hojas secas) ingresa en el río. Así mismo, en los puntos más bajos del río Sardinas, existe ingreso de desechos orgánicos originados de criaderos de chanchos, aguas servidas y abonos de los cultivos. Todo esto favorecería a aumentar los niveles de DBO.

Ventajosamente, el río Sardinas tiene una buena oxigenación favorecida por la corriente, rocas grandes donde el agua golpea, piscinas donde los contaminantes se depuran e ingreso de otros ríos afluentes con buena calidad del agua, como el Yaucana. Eso ha impedido que los niveles de oxígeno decaigan por la acción de las bacterias que pudren la materia orgánica.

3.1.3. Otros parámetros

En cuanto a los demás parámetros, el río Sardinas en general mostró valores aceptables e incluso óptimos. Únicamente, algunos puntos de muestreo mostraron los parámetros de pH y fosfatos en valores a considerar, como son:

- Sa02 (río Sardinas – zona alta) y Sa09 (arriba de la unión con el río Quijos): mostraron un pH ácido de 5,67 y 5,86, respectivamente. Sin embargo, este parámetro aún se encuentra dentro de los valores normales para aguas naturales. Considerando la calidad desde el punto de vista del consumo humano, el valor se encuentra apenas bajo el mínimo permisible ecuatoriano que es de 6 unidades. Cabe resaltar, que la mayoría de puntos de muestreo presentan valores de pH

más bajos de la neutralidad (7), a excepción de la zona de recreación (Sa06), con 7,42.

- Sa05 (bajo las aguas servidas) y Sa07 (zona minera): el fosfato total en estos puntos de muestreo es de 0,64 y 0,62 mg/l, respectivamente. Estos valores son considerados altos según la "National Sanitation Foundation" de Estados Unidos (Mitchell y Stapp 1993)⁸. Los altos valores de fosfatos en estos puntos resultan lógicos considerando la fuente. En la zona minera seguramente se originan del suelo removido, dragados y remociones, además de los abonos y pesticidas de los cultivos circundantes. En cambio, en la zona de influencia de las aguas servidas, los fosfatos se originan de productos de limpieza y desinfección (ej. jabones y detergentes), ya que esta agua recibe carga doméstica. Cabe enfatizar que en general la cantidad de fosfatos encontrada en los demás puntos de muestreo es baja, con un promedio de 0,27 mg/l.

3.2. Índice de calidad de agua (ICA o WQI)

En la siguiente *Tabla 2*, se puede observar los valores del índice ICA obtenido para cada muestra y en el *Anexo 5* se presentan los resultados de los cálculos realizados, con los respectivos valores Q para cada parámetro considerado. Todos los puntos de muestreo indicaron un agua de calidad buena, para la fecha y época en que fue tomada la muestra, a excepción del punto Sa07 que mostró un agua de calidad media. El índice ICA indicó una buena calidad del agua, a pesar de los valores poco convenientes de coliformes fecales y DBO encontrados.

Tabla 2. Índice ICA

Punto de muestreo	ICA/1	Calidad del agua
Sa01	0,74	Buena
Sa02	0,72	Buena
Sa03	0,75	Buena
Sa04	0,72	Buena
Sa05	0,75	Buena
Sa06	0,79	Buena
Sa07	0,69	Media
Sa08	0,71	Buena
Sa09	0,73	Buena

De acuerdo con la calificación, el punto de muestreo Sa06, en la zona de recreación, muestra el índice de calidad de agua más alto (0,79/1). Dentro de la dinámica del río, la mayor auto-recuperación se produce en los sectores de aguas rápidas, donde el agua al golpear rocas grandes se oxigena, pero también en las piscinas o sectores de aguas lentas. Allí, los contaminantes tienen tiempo de depositarse en los substratos, por lo que funcionan como depuradores de las aguas. La sección de recreación del río Sardinas está cumpliendo con esta función y está permitiendo una recuperación del río.

Por el contrario, el punto de muestreo Sa07, ubicado la zona de explotación minera, mostró el índice de calidad de agua más bajo (0,69/1). Este punto de muestreo presenta la mayor intervención directa y circundante: vegetación ribereña rala,

⁸ La legislación ecuatoriana no presenta estándares para este parámetro.

suelo desprotegido, constante remoción de sedimentos, ingreso de maquinaria pesada al río, cultivos y ganadería en sus alrededores, poblados, etc.

En general, el rango de valores obtenidos para todos los puntos de muestreo, se encuentra entre 0,69 a 0,79/1 (promedio = 0,73/1), es decir que no existe mucha variación entre los valores de ICA de los diferentes puntos de muestreo. Sin embargo, como lo demuestra el *Gráfico 1*, existe una tendencia a la disminución de calidad del agua desde las zona alta hacia la baja.

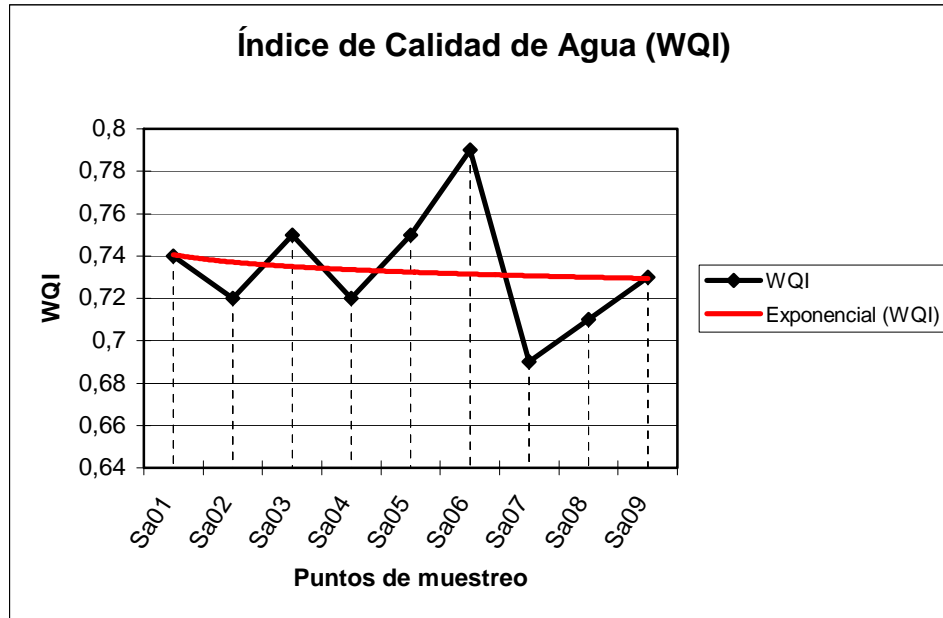


Gráfico 1. Valores ICA (WQI) a lo largo del río

3.3. Caracterización de la fauna acuática invertebrada

3.3.1. Riqueza taxonómica

En la cuenca del río Sardinas se encontraron 6 Órdenes, 18 Familias y 22 Géneros de macroinvertebrados bénticos, como se puede observar en el *Anexo 6*.

En general, los valores de riqueza no difieren mucho a lo largo del río. La mayor riqueza presentó el punto Sa04, ubicado aguas abajo de los criaderos de chanchos, con un valor de 12 Géneros; seguido del punto Sa07, ubicado en la zona minera (10 Géneros).

En los puntos Sa05, Sa06 y Sa07 (promedio = 9), la riqueza disminuyó en cuanto al punto Sa04 pero aumentó un poco en relación a los puntos de la zona alta (Sa01, Sa02 y Sa03), que mantienen un mismo valor de 8 Géneros.

En cambio, el punto más bajo, ubicado antes de la desembocadura del río Quijos y corriente abajo de la carretera, mostró la más baja riqueza de Géneros (6). El punto anterior a este (Sa08), antes de la carretera, la riqueza es apenas superior (7 Géneros).

Estos resultados, y el *Gráfico 2* muestran una tendencia a la disminución de la riqueza de macroinvertebrados (al igual que la calidad del agua), que obviamente se relaciona con la intervención humana que es mayor en la zona baja.

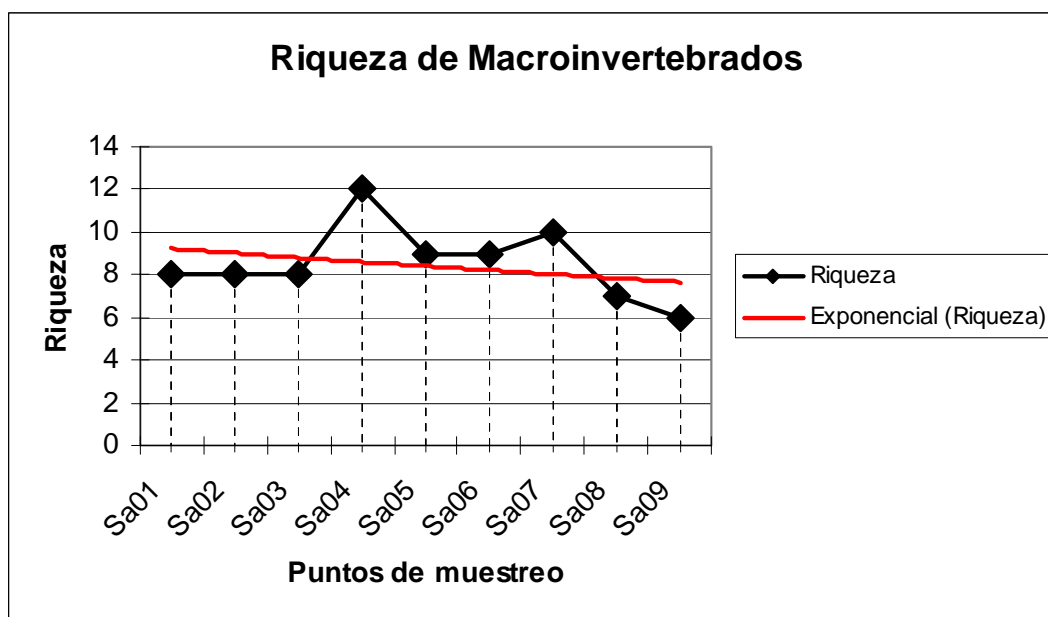


Gráfico 2. Riqueza de macrobentos a lo largo del río

3.3.2. Abundancia

En el punto Sa03, (toma de agua), se encontró la mayor abundancia de individuos colectados por muestra (52), como se puede observar en el *Anexo 6*. Por el contrario, el punto Sa06, ubicado en la zona de recreación (sitio donde se bañan las personas de la Parroquia Sardinas), presentó el menor número de individuos colectados, con un total de 21 macroinvertebrados por muestra. Esto se debe a que es un área abierta, con mayor intervención humana y en donde el sustrato está caracterizado por arena y pocas piedras, características poco preferidas por los macroinvertebrados.

Como se puede deducir observando el *Gráfico 3*, la abundancia también tiende a disminuir en los puntos más bajos del río, al igual que la riqueza de macroinvertebrados y que la calidad del agua.

Los grupos de macroinvertebrados más abundantes y que estuvieron presentes en todas las muestras fueron las moscas de mayo o efímeras (Orden Ephemeroptera) y las moscas de la piedra (Orden Plecoptera), como se puede ver en el *Gráfico 4*.

Entre esos taxones, las efímeras (Orden Ephemeroptera) de la Familia Baetidae, fueron las más abundantes (174 individuos), seguidas por las pertenecientes a la Familia Leptophlebiidae, con 63 individuos colectados, y la Familia Leptohyphidae con 19. Por otro lado, para la Familia Perlidae (Orden Plecoptera) se encontraron 47 individuos colectados (*Gráfico 4*).

Todos los grupos anteriormente mencionados, y como se verá más adelante, son conocidos por ser sensibles a la contaminación. Por lo que su abundancia nos indica que aún el río aún se encuentra en condiciones de sostener estos grupos.

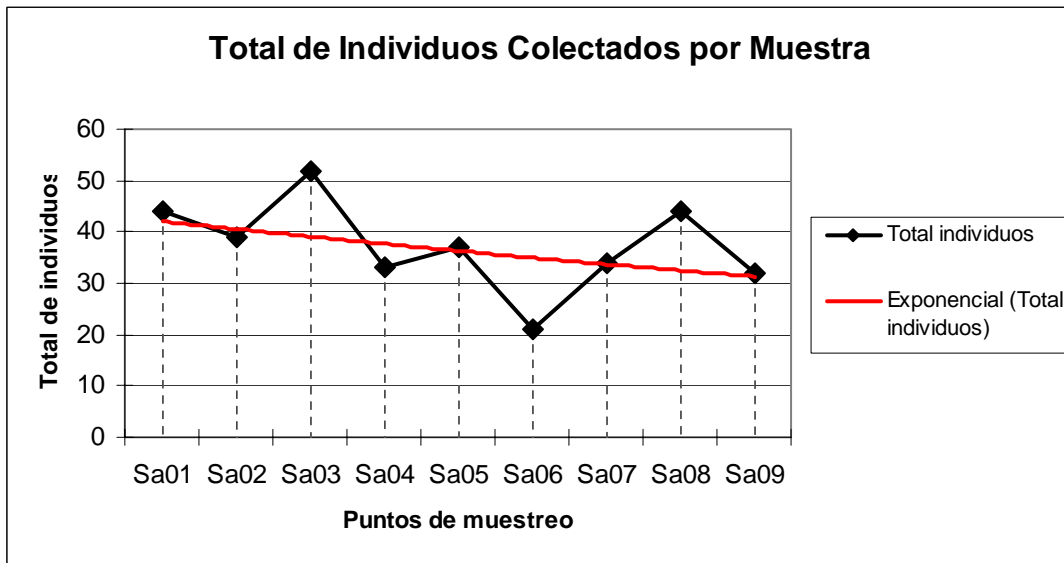


Gráfico 3. Abundancia de macrobentos a lo largo del río

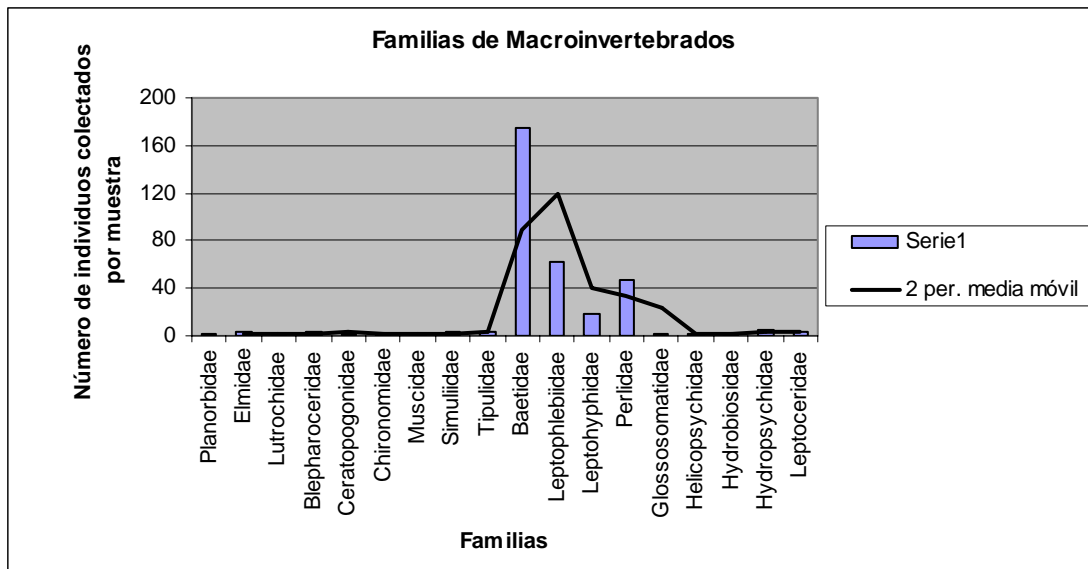


Gráfico 4. Familias de macroinvertebrados de río Sardinas

3.4. Índice de Sensibilidad (IS)

Los resultados obtenidos para este índice se muestran en La *Tabla 3* y el *Anexo 7*. Se puede observar que de acuerdo con el índice IS la mayoría de puntos presentan una calidad del agua regular. La excepción es el punto más bajo, Sa09, cercano a la carretera, y que presenta un valor más bajo, indicando una calidad de agua mala.

A pesar de no haber mucha diferencia con el resto de puntos de muestreo, el grupo de macroinvertebrados más sensible a la disminución de calidad de agua del río Sardinas se encontró en dos puntos: (i) Sa01 (zona alta) [*Foto 5*] y (ii) Sa07 (zona de extracción de material pétreo), ambos con una calificación de 52.

Tabla 3. Índice IS

Punto de muestreo	IS/199	Calidad del agua
Sa01	52	Regular
Sa02	49	Regular
Sa03	42	Regular
Sa04	48	Regular
Sa05	42	Regular
Sa06	50	Regular
Sa07	52	Regular
Sa08	38	Regular
Sa09	33	Mala

Foto 5. Río Yaucana (Sa01)

CRÉDITOS: CAROLINA ENRÍQUEZ / EcoCIENCIA

Este resultado en el sector de minería resulta sorprendente considerando que es un sitio de alta intervención humana. Sin embargo, los substratos pedregosos como los de este sector son los preferidos por los macroinvertebrados (Rosemberg y Resh 1993).

La calificación más baja (33) se encontró en la zona baja del río, en el punto Sa09 (*Foto 6*). Esto quiere decir que se presentan grupos de macroinvertebrados más tolerantes a la contaminación. En este punto la calidad del agua es inferior, como se determina por los resultados anteriores.

En el *Gráfico 5*, se observa que también existe una tendencia a la disminución del IS de macroinvertebrados hacia los puntos más bajos, luego de que el río atraviesa las zonas de mayor intervención humana, lo que produce una alteración de río.

Foto 6. Extracción de material pétreo (Sa09)



CRÉDITOS: CAROLINA ENRÍQUEZ / ECOCIENCIA

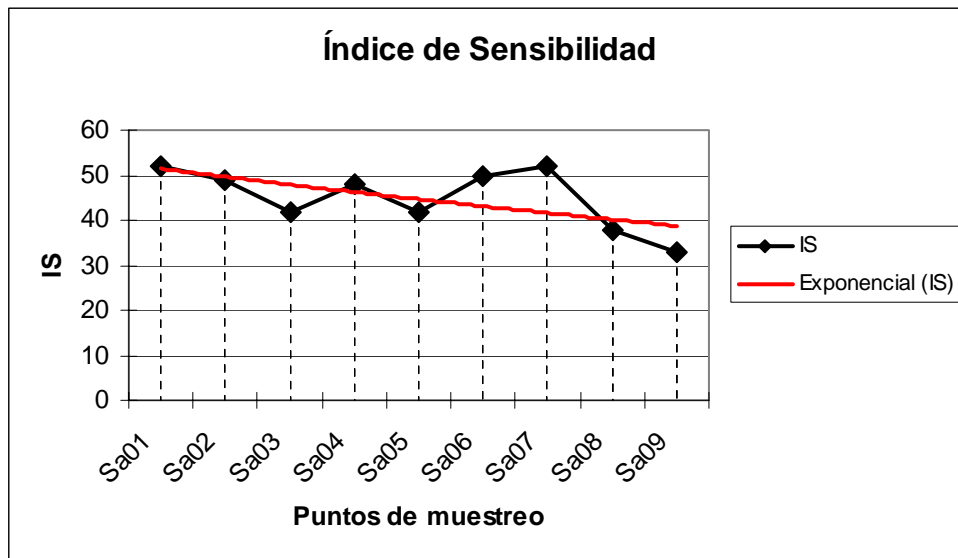


Gráfico 5. Índice IS por punto de muestreo

4. CONCLUSIONES

- En general, desde el punto de vista humano, la calidad de agua del río Sardinas todavía es apropiada, pues la mayoría de parámetros fisicoquímicos tienen valores adecuados que se encuentran dentro de los rangos máximos permisibles nacionales e internacionales.
- Sin embargo, la sola presencia de coliformes fecales es una señal de alarma que indica que el agua es no apta para el consumo directo y necesita algún tipo de tratamiento o desinfección para ser bebida. Debe prestarse mucha atención a este parámetro, considerando aún más que el mayor número de coliformes fue encontrado en la toma de agua.
- Los niveles de coliformes fecales en el río Sardinas aún se encuentran adecuados para las actividades de recreación, donde el contacto con el agua es secundario. Es decir, los pobladores de la parroquia, pueden bañarse o nadar en el agua con bastante seguridad para su salud, mientras no la ingiera. De hecho, la calidad del agua en el sector del río destinado a recreación, es la más alta comparada con los demás sitios.
- En cambio, la sección de minería del río Sardinas, en donde se extrae material pétreo, la calidad del agua es la más baja, incluso comparando con el sector cercano a las aguas servidas.
- En el río Sardinas se produce una alta descomposición de materia orgánica, demostrado por los altos niveles de Demanda Biológica de Oxígeno. Esto puede ser una característica de la zona, pues es un área de vegetación abundante y temperaturas relativamente cálidas. Además de eso, materia orgánica ingresa por la cría de cerdos, desechos de ganado, abonos para cultivos y aguas servidas.
- Las aguas del río Sardinas también se caracterizan por ser aguas tendientes a la acidez. Sin embargo, los valores de pH encontrados a lo largo del río Sardinas se encuentran dentro del rango de aguas naturales.
- Luego del desalojo de aguas servidas y de la extracción de material pétreo, el agua del río Sardinas presenta valores altos de fosfatos. Aparentemente, el desfogue de agua servida no produce una afectación actual muy grave, aunque sí representa una fuente de fosfatos. Se debe tomar en cuenta que con el tiempo y un aumento de la población, la carga de contaminantes será cada vez mayor, lo que puede llegar a producir una eutrofización del agua.
- De por sí, podría estar ya ocurriendo un desarrollo de la vegetación acuática, algas grandes y microscópicas, evidenciado por un alto porcentaje de saturación de oxígeno (> 100%). Estos seres que realizan fotosíntesis proveen de este gas al agua, y si se desarrollan en grandes cantidades, la producción de oxígeno también es alta. La vegetación acuática desarrolla en grandes cantidades, cuando nutrientes como el fosfato se encuentran en cantidades elevadas. Pese a que el oxígeno es vital, se debe considerar que ciertas algas microscópicas, cuando desarrollan en exceso pueden volver al agua tóxica.
- Según el análisis de macroinvertebrados y considerando el equilibrio ecológico del río, la calidad del agua muestra ser regular e incluso mala en el último punto que esta más cercano al río Quijos. Es posible que la carretera principal (puente) y la acción minera que se efectúa en esa área, represente una

influencia negativa sobre la fauna acuática como peces (trucha) y macroinvertebrados. Lo que puede producir es que las especies migren a otros sectores menos contaminados, reduzcan su población y tamaño porque se afectan sus procesos metabólicos con los contaminantes o inclusive desaparezcan por obstrucción de sus órganos de respiración (cuando la remoción de sedimentos o la introducción de suelo es muy alta), por enterramiento de huevos, etc.

- Considerando la cadena alimenticia en un ecosistema acuático, los macroinvertebrados se alimentan de material en descomposición, algas grandes y microscópicas o son depredadores de otros macroinvertebrados. Estos, a su vez, son alimento importante para peces omnívoros y/o predadores, como la trucha que está presente en el río Sardinas. Es decir que una afectación a los macroinvertebrados bénticos representa una amenaza para la trucha, pues se quedaría sin parte de su ración alimenticia de proteína. Esto podría provocar migración del pez a otros ríos que contengan más alimento y una reducción de su tasa de natalidad y crecimiento por desnutrición (se capturarán pocas y de menor tamaño).
- Lo dicho anteriormente es importante considerando que este pez es muy apreciado por la población de la Parroquia Sardinas, y consume aquellos capturadas en el río.
- Existe una alta abundancia de individuos de efímeras (Orden Ephemeroptera) de las Familias Baetidae, Leptophlebiidae y Leptohyphidae, y moscas de la piedra (Orden Plecoptera) de la Familia Perlidae, que son sensibles a la contaminación (Roldán 1988). Lo que indica que a pesar de que el índice de sensibilidad mostró una regular calidad del agua, aún ésta se mantiene en condiciones de mantener estos grupos. Realmente preocupante sería su inexistencia.
- Finalmente, es notable una tendencia a la disminución de la calidad del agua, además de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados, lo que indica que en el transcurso del río Sardinas se produce una degradación paulatina hacia la zona baja.

5. RECOMENDACIONES

- Este es un estudio puntual de las características físicas, químicas, bacteriológicas y de macroinvertebrados del río Sardinas, realizado en un momento preciso del año. Un río muestra una dinámica hidrológica y ecológica que puede variar dependiendo de las estaciones del año, las fluctuaciones de caudal, que incluso pueden variar entre meses y entre años. Los ciclos de vida de las especies también se ajustan a esas fluctuaciones. Por lo tanto, este estudio representa una línea de base a la que debe darse un seguimiento. Por eso se recomienda realizar un monitoreo del agua y de macroinvertebrados, información que complementen a este estudio.
- Relacionado a lo dicho anteriormente, sería interesante que líderes locales sean los que se involucren en la realización del monitoreo. Por lo tanto, se recomienda que personas locales sean capacitadas para que realicen esta actividad de manera continua (ej. cuatro veces al año), y así detectar a tiempo problemas que puedan afectar más la calidad del agua actual del río.
- A partir de la implementación de un monitoreo de agua local, de detectarse algún cambio brusco en las características básicas del río, es recomendable que los líderes comunitarios establezcan convenios de cooperación con instituciones que puedan realizar estudios más avanzados, que permitan determinar cantidades precisas de otros parámetros específicos que puedan afectar a la población usuaria del agua del río Sardinas.
- Dadas las características del agua del río Sardinas, especialmente la presencia en niveles elevados de coliformes fecales, se recomienda a la población realizar algún tipo de tratamiento o desinfección del agua, si esta va a ser consumida directamente, para evitar enfermedades infecciosas intestinales.
- Sería recomendable solicitar al centro de salud de la parroquia datos numéricos sobre las enfermedades más frecuentes en la población, para analizar si éstas podrían estar relacionadas a la calidad del agua del río.
- Considerando los resultados sorprendentes de coliformes en la toma de agua, sería recomendable realizar una inspección de la zona alta para determinar la fuente exacta de estas bacterias. Entre otras cosas, se deberían tomar muestras en las acequias y quebradas que confluyan en el río Sardinas antes de este punto de muestreo para hacer análisis de coliformes. De considerarse al ganado la principal fuente de este tipo de contaminación, debería realizarse un plan de manejo de las actividades agrícolas, que impida que los animales defequen cerca o en el agua del río. Las técnicas agrosilvopastorales, son una interesante alternativa para conservar la salud del ecosistema acuático.
- Evidentemente el ingreso de aguas servidas está produciendo algún cambio en las características del agua, aunque aún sean de bajo nivel. Se recomienda el diseño de algún sistema de tratamiento de esta agua, para evitar que en el futuro la calidad del agua del río decaiga drásticamente.
- Otra de las actividades que afecta al río es la extracción de material de construcción (piedras, arena, etc.). Posiblemente, la mayor afectación están produciendo los camiones y tractores que ingresan y la apertura de caminos de tierra por donde estos circulan, pues remueven el suelo. Se deberían tomar medidas de control sobre la extracción de materiales para minería, para evitar la pérdida de recursos y el aumento de fosfatos en el agua del río.

GLOSARIO

Este glosario ha sido basado en los significados de RIODUERO (1975), Universidad de Oxford (1987), LAROUSSE (2001), Sarmiento (2001), RAN (S/F), WIKIPEDIA (S/F) y AGUAMARKET (S/F). Algunos términos han sido modificados para simplificarlos.

Acuática(o).- referente al agua.

Agrosilvopastoral.- Es un sistema de uso del suelo donde se combinan árboles y/o arbustos con cultivos y ganado en forma simultánea o secuencial.

Átomo.- partícula de un elemento químico que es muy pequeña.

Bacteriológico(a).- relacionado a las bacterias.

Béntico(a).- zona de un ambiente acuático que corresponde al substrato del fondo de los ríos.

Biodiversidad.- la totalidad de genes, de especies y de ecosistemas de cualquier área geográfica del planeta.

Cadena alimenticia.- es una relación entre organismos que indica quien se come a quien.

Cauce Hídrico.- lugar por donde corre el agua de un río.

Caudal.- Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo.

Ciclo de vida.- Sucesión de fases por las que pasa un organismo a lo largo de su vida (ej. nacimiento, crecimiento, reproducción, muerte).

Coloides.- sólidos finamente divididos (partículas) que no se disuelven en el agua y se mantienen dispersas (como "flotando"), y no llegan a depositarse en el fondo.

Contaminación.- Introducción en el agua de sustancias no deseables, no presentes normalmente en la misma, por ejemplo microorganismos, productos químicos, residuos o vertidos que la hacen inadecuada para el uso previsto.

Coordenadas geográficas.- Cruce de líneas longitudinales y latitudinales que sirve para determinar la posición de un punto geográfico específico.

Correlación.- Análisis estadístico que relaciona entre sí dos o más variables.

Disuelto(a).- que se ha mezclado de forma uniforme en el agua, diluido, en una solución química verdadera (ej. la sal o el azúcar en el agua).

Depurar.- limpiar, filtrar, sanear, purificar.

Descomponer.- Proceso por el que una sustancia compleja se transforma o desintegra en otras más simples, mediante procesos químicos o biológicos.

Descomposición.- acción de descomponer.

Ecosistema.- conjunto de seres vivos que se encuentran en un mismo medio o lugar y que interactúan entre ellos.

Erosionado(a).- parte superior del suelo que se ha desgastado y se ha quedado desprotegido de vegetación, por lo general debido a la acción del ser humano.

Esterilizado(a).- desprovisto de gérmenes, mediante procesos que los exterminan.

Eutrofización.- aumento excesivo de nutrientes en el agua, especialmente de fósforo y nitrógeno, que produce un deterioro de la calidad del agua como una grave reducción de oxígeno.

Factor de ponderación.- calificación numérica que determina el peso o valor de varias características en orden de prioridad. Por ejemplo, la característica más importante recibe una mayor calificación.

Fotosíntesis.- proceso por el cual las plantas obtienen alimento a través de la energía del sol.

Hídrico(a).- relativo al agua.

Incubación.- Proceso de calentamiento de un organismo (ej. huevo, bacterias, etc.), durante un tiempo necesario, para permitir que se desarrolle.

Índice.- Cifra que expresa la relación entre una serie de datos y que permite llegar a una conclusión.

Inoculación.- introducción ("siembra") de bacterias en un medio que contenga su alimento favorito para que se desarrollen.

Inorgánico(a).- todo el material que no es animal o vegetal.

Ión.- átomo o grupo de átomos con carga eléctrica positiva o negativa.

Macroinvertebrado.- organismos o animalitos que carecen de columna vertebral y que se pueden ver a simple vista o con una lupa, por ejemplo insectos, crustáceos, larvas, etc.

Medio de cultivo.- sustancia utilizada para sustentar el crecimiento de organismos microscópicos.

Metabólico(a).- conjunto de reacciones químicas que efectúan las células de los seres vivos para el funcionamiento de sus órganos y sistemas.

Microscópico(a).- que solo pueden ser vistos a través de un microscopio.

Monitoreo.- dar seguimiento a través del tiempo, a una acción, estado, actividad; en este caso, a las características del agua.

Muestreo.- toma de muestras.

Omnívoro(a).- organismo que se alimenta de toda clase de materia de origen tanto vegetal como animal.

Orgánico(a).- que proviene de restos de seres vivos como seres humanos, animales o plantas (ej. cáscaras, huesos, escamas, heces, hojas, etc.).

Parámetro.- variable o característica que puede ser medida. En este estudio se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

Partícula.- parte pequeña de alguna cosa.

Plancton.- conjunto de pequeños seres vivos (casi no se les ve a simple vista) que se encuentran suspendidos en el agua, pueden ser algas microscópicas o animales (zooplancton).

Predador.- animal que se alimenta de otros animales.

Punto de muestreo.- sitio específico donde se toman muestras.

Reacción química.- combinación de varias sustancias químicas para producir una nueva.

Riqueza.- número total de los diferentes grupos taxonómicos existentes en un determinado espacio.

Sedimento.- depósitos de piedras, tierra o plantas descompuestas que queda en el fondo de los ríos.

Sólidos disueltos.- sólidos finamente divididos (partículas como polvo) que se ha mezclado de forma uniforme en el agua, diluido, en una solución química verdadera (ej. la sal o el azúcar en el agua).

Sólidos suspendidos.- sólidos finamente divididos (ej. partículas de polvo, tierra) que no se disuelven en el agua y están dispersas (como "flotando").

Substrato.- fondo del río.

Suspendido(a).- que está disperso (como "flotando") en el agua y no llega a disolverse (diluirse).

Taxonomía.- ciencia que clasifica a los organismos vivos en grupos jerárquicos.

Tóxico(a).- venenoso o que produce efectos negativos en el organismo.

Vaso de precipitados.- material de laboratorio con medidas, similar a un vaso.

Zona béntica.- Zona de un sistema acuático que corresponde al substrato del fondo

Zoocriadero.- lugar donde se crían animales (ej. piscinas de truchas), generalmente destinados a la alimentación.

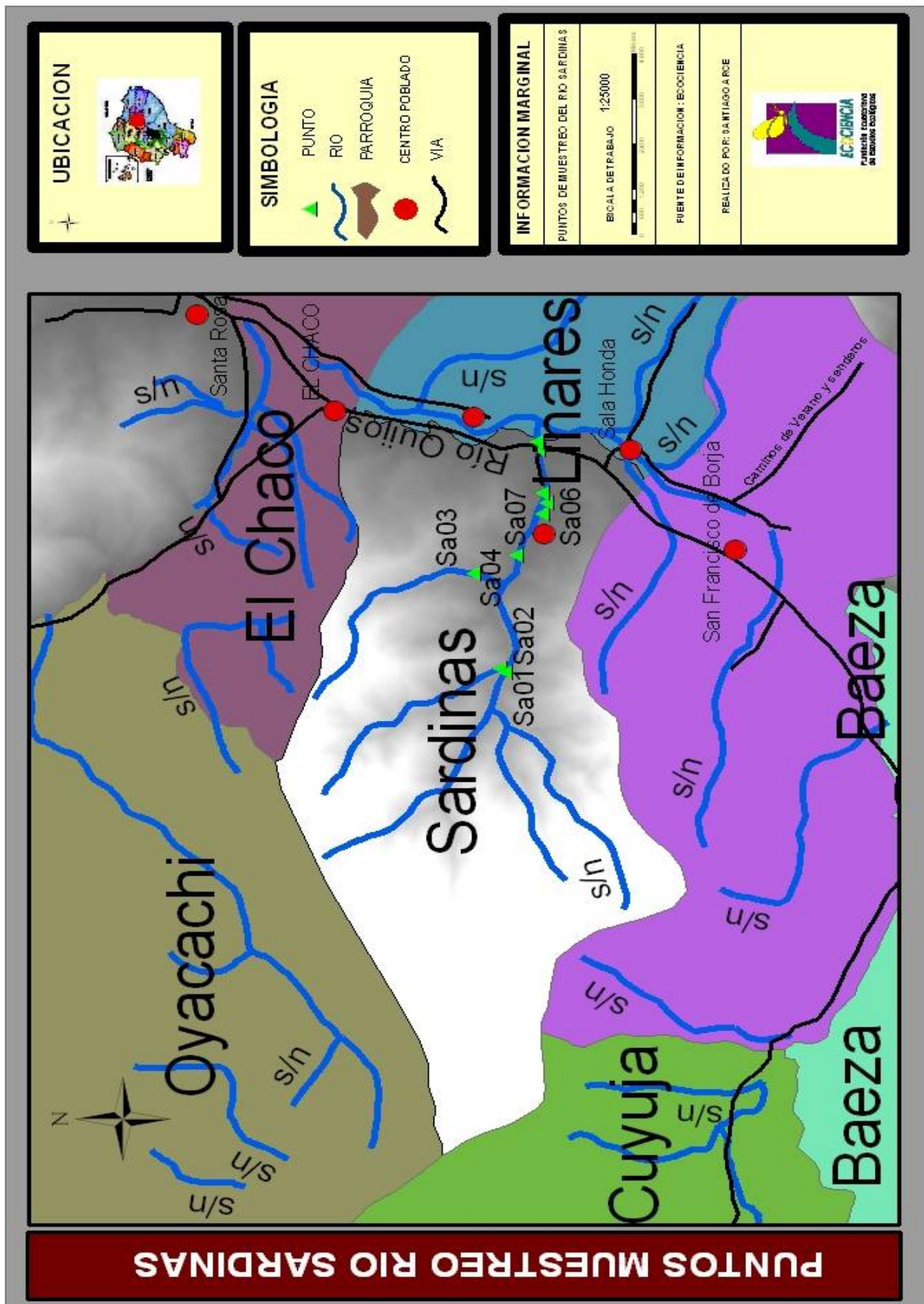
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUAMARKET. S/F. *Diccionario del agua*. AGUAMARKET. <http://www.aguamarket.com/diccionario/> (consultada el 10 de septiembre de 2007).
- BARROS S. Y M. CARRASCO. S/F. *Recuperación de la Calidad del Agua de los Ríos de Cuenca*. Cuenca – Ecuador. <http://www.sendas.org.ec/docs/articulo%20rios%20aguayaku.doc> (consultado el 26 de julio del 2007).
- CANTER L. Y L. HILL. 1979. *Handbook of variables for environmental impact assessment*. Ann Arbor Science Publishers. Inc. Michigan – Estados Unidos.
- CARRERA C. Y K. FIERRO. 2001. *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, manual de monitoreo*. EcoCiencia. Quito - Ecuador.
- DE LANGE E. 1994. *Manual para el Análisis Simple de la Calidad del Agua*. Fundación IWT. Amsterdam - Holanda.
- DEUTCH W., DUNCAN B. Y S. RUIZ. 2001. *Manual de certificación básica, monitoreo de calidad de agua*. Centro Internacional de Acuicultura y Ambientes acuáticos, Universidad de Auburn. Alabama – Estados Unidos.
- DUEÑAS J. Y CISNEROS C. 2007. *Legislación ambiental; Tomo V: Control de Contaminación*. Legislación Codificada. Corporación de Estudios y Publicaciones. Quito – Ecuador.
- ECHARRI L. 1998. *Contaminación del agua*. Libro Electrónico Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente; Tema 11. Universidad de Navarra, Escuela de Ingenieros de San Sebastián. Navarra – España.
- HACH. 1993. *Freshwater Aquaculture Manual*. HACH. Estados Unidos.
- HACH. 1996. *HACH Products for Analysis*. HACH. Estados Unidos.
- IUGS. 2007. *Calidad del agua superficial*. International Union of Geological Sciences / Geoindicators Initiative (GEOIN). http://www.lgt.lt/geoin/files/calidad_del_agua_superficial.doc (consultado el 20 de julio del 2007).
- JACOBSEN D. 1996. *Ecology and environmental status of tropical streams in Ecuador*. Universidad de Copenhagen, Laboratorio de Biología de Agua Dulce. Copenhagen – Dinamarca.
- MERRITT R. Y K. CUMMINS. S/F. *An introduction to the aquatic insects of North America*. KENDALL / HUNT Publishing Company. Iowa – Estados Unidos.
- MITCHELL M. Y W. STAPP. 1993. *Field Manual for Water Quality Monitoring*. Sexta Edición. Thomson-Shore, Inc. Michigan – Estados Unidos.
- LAROUSSE. 2001. *Pequeño Larousse Ilustrado; Diccionario*. Séptima edición. Larousse Inc. Bogotá - Colombia.
- RAN. S/F. *¿Qué es la agroforestería?*. Red Agroforestal Nacional. http://www.infor.cl/ran/menu/quees_agroforesteria/que_es.htm (consultada el 29 de noviembre de 2005). Chile.
- RIODUERO. 1975. *Diccionario de Ecología*. La Editorial Católica. Madrid – España.
- ROA P. 2004. *SOS desde Napo – Ecuador*. Fundación por la Vida Amazónica. Napo – Ecuador. http://www.almediam.org/noticias/Noticias_645.htm (consultado el 20 de julio del 2007).
- ROLDAN G. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo FEN Colombia /COLCIENCIAS/ Universidad de Antioquia. Bogotá – Colombia.
- ROSEMBERG D. Y V. RESH. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall. Nueva York – Estados Unidos.
- SARMIENTO F. 2001. *Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Ediciones Abya-Yala. Quito - Ecuador.
- SCHWOERBEL J. 1975. *Métodos de Hidrobiología (biología de agua dulce)*. H. Blume Ediciones. Madrid – España.
- SES. 1998. *Criterios de Calidad Ambiental*. En: Monitoreo Ambiental de las Áreas Mineras en el Sur del Ecuador, 1996 – 1998. Informe final. MEM/PRODEMINCA. Quito - Ecuador.
- STORER T., USINGER R., STEBBINS R. Y J. NIBBAKEN. 1975. *Zoología General*. Editorial Omega. España.

- TERREL C. Y P. BYTNAR. 1989. *Water Quality Indicators Guide: Surface Waters*. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Washington D.C. – Estados Unidos
- ULLOA J., LÓPEZ V. Y V. BOHÓRQUEZ. 2006. *El Chaco en Cifras*. EcoCiencia. Quito - Ecuador.
- UNIVERSIDAD DE OXFORD. 1987. *Concise Science Dictionary*. Oxford Paperback Referente. Oxford University Press. Nueva York – Estados Unidos.
- WHEATON F. 1993. *Acuacultura, Diseño y Construcción de Sistemas*. AGT editor S.A. Mexico D.F. - Mexico.
- WIKIPEDIA. S/F. *Enciclopedia libre en línea*. WIKIPEDIA. <http://es.wikipedia.org/wiki> (consultado el 26 de julio del 2007).

ANEXOS

Anexo 1



Anexo 2

Anexo 2. Equipos de análisis utilizados en el estudio

<p>GPS GARMIN:</p> 	<p>ESTEREO-MICROSCOPIO:</p> 	<p>MEDIDOR DIGITAL HACH:</p>  <p>Docking Station PIN 51875-XX</p> <p>Probe Holder PIN 54671-00</p>
<p>COMPARADOR DE COLOR:</p>  <p>TUBOS</p> <p>COMPARADOR DE COLOR</p> <p>DISCO DE COLOR</p>	<p>TURBIDÍMETRO HACH:</p> 	
<p>INCUBADORA:</p>  <p>26</p>	<p>PLACAS DE CULTIVO DE COLIFORMES:</p>  <p>Recuento <i>E. coli</i> = 17</p> <p>4</p>	
<p>BALANZA DE PRECISIÓN:</p>  <p>6105</p>	<p>SECADORA DE MUESTRAS:</p>  <p>14289</p>	

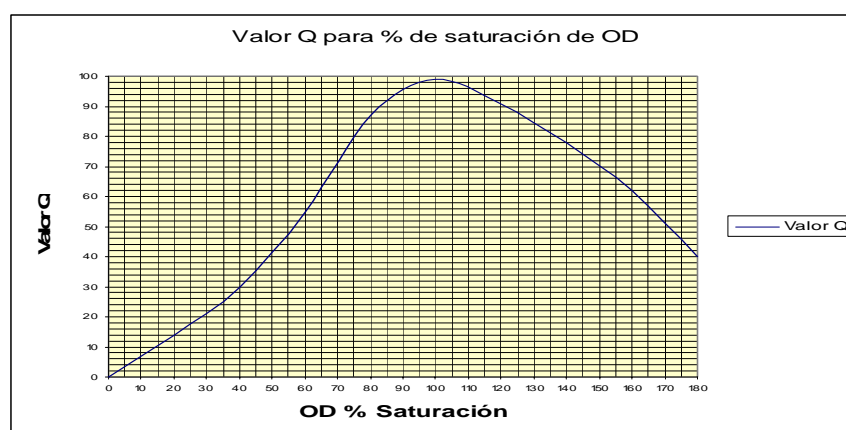
Anexo 3

Anexo 3. Principios del cálculo del índice ICA

Tratando de lograr un sistema que permita analizar la calidad del agua de los diferentes sistemas acuáticos, la Fundación Nacional Sanitaria de Estados Unidos, creó en 1970 un índice estándar, llamado ICA (Índice de Calidad del Agua) o WQI (por su acrónimo en inglés: "Water Quality Index"), el cual es ahora uno de los más utilizados.

Para calcular el ICA, se determina la medida de nueve diferentes parámetros: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno, temperatura, fosfatos, nitratos, turbiedad y sólidos totales. Estos fueron seleccionados como resultado de encuestar a 142 especialistas sobre cuales consideran los parámetros más importantes en los análisis de calidad del agua.

Después de obtener los valores de estos nueve parámetros, mediante análisis químico, cada valor es trasladado al eje X de una *curva cuadrática de tendencias*, como la que se indica a continuación, para obtener el valor numérico denominado "Q" en el eje Y.



Para cada parámetro el valor Q es multiplicado por un "factor de ponderación". Por ejemplo, oxígeno disuelto tiene el valor de ponderación más alto (0.17) y por lo tanto significa que es más importante que los otros al analizar la calidad del agua. Los nueve resultados de la multiplicación se suman para obtener un resultado total que es el ICA. A continuación, se presenta un ejemplo:

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O ₂	%	136,30	83	0,17	14,11
2. Coliformes fecales	col/100ml	100,00	44	0,16	7,04
3. pH	unidades	6,16	58	0,11	6,38
4. DBO	mg/l 5d	4,88	64	0,11	7,04
5. Temperatura	Δ °C	1,20	91	0,10	9,10
6. Fosfato total	mg/l	0,12	94	0,10	9,40
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	2,45	92	0,08	7,36
9. Sólidos totales	mg/l	360,00	53	0,07	3,71
ÍNDICE ICA:					74

Este índice está calificado sobre 100, sin embargo para evitar confusiones con el índice de sensibilidad IS, en este estudio al ICA se lo ha calificado sobre 1. Es decir que en este ejemplo el valor será de 0,74/1.

Anexo 4

Anexo 4. Valores de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos

Parámetro	Unidad	Valores obtenidos									Valores promedio
		Río Yaucana	Río Sardinas	Río Sardinas Chico	Río Sardinas						
		Sa01	Sa02	Sa03	Sa04	Sa05	Sa06	Sa07	Sa08	Sa09	
Temperatura	°C	14,000	14,000	15,000	14,000	15,000	15,000	16,000	16,000	16,000	15,00
pH	unidades	6,160	5,670	6,630	5,990	6,750	7,420	5,980	6,010	5,860	6,27
Conductividad	uS/cm	87,200	79,400	99,900	97,900	94,000	93,600	93,000	93,600	101,100	93,30
Turbiedad	NTU	2,450	0,780	2,400	1,536	0,903	1,010	1,580	1,143	1,736	1,50
Salinidad	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Sólidos totales	mg/l	360,000	165,000	20,000	280,000	110,000	160,000	90,000	20,000	20,000	136,11
Fosfatos	mg/l	0,120	0,140	0,120	0,160	0,640	0,200	0,620	0,200	0,240	0,27
Nitratos	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,150	0,02
Nitritos	mg/l NO ₂ -	0,000	0,000	0,000	0,000	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,02
Oxígeno Disuelto	mg/l	9,990	10,370	10,440	10,600	10,540	9,710	9,190	9,670	10,250	10,08
Saturación de oxígeno	%	136,300	128,700	135,700	131,400	128,800	121,100	137,400	146,600	136,700	133,63
DBO	mg/l 5d	4,880	6,140	6,500	7,040	4,500	6,080	5,770	6,180	6,140	5,91
Coliformes fecales	UFC/100ml	1,000	1,630	2,430	1,133	1,450	1,033	1,200	1,866	1,166	1,43
Coliformes totales	UFC/100ml	11000,000	17930,000	26763,000	12463,000	15950,000	11366,000	13200,000	20532,000	12832,000	15781,78

Anexo 5

Anexo 5. Resultados de los cálculos de ICA y valores Q

Sa01: Río Yaucana (zona alta)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O ₂	%	136,30	83	0.17	14,11
2. Coliformes fecales	col/100ml	100,00	44	0,16	7,04
3. pH	unidades	6,16	58	0.11	6,38
4. DBO	mg/l 5d	4,88	64	0.11	7,04
5. Temperatura	Δ °C	1,20	91	0,10	9,10
6. Fosfato total	mg/l	0,12	94	0,10	9,40
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	2,45	92	0,08	7,36
9. Sólidos totales	mg/l	360,00	53	0,07	3,71
ÍNDICE ICA:					0,74

Sa02: Río Sardinas (zona alta)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O ₂	%	128,70	86	0.17	14,62
2. Coliformes fecales	col/100ml	163,00	39	0,16	6,24
3. pH	unidades	5,67	40	0.11	4,40
4. DBO	mg/l 5d	6,14	50	0.11	5,50
5. Temperatura	Δ °C	1,20	91	0,10	9,10
6. Fosfato total	mg/l	0,14	95	0,10	9,50
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	0,78	94	0,08	7,52
9. Sólidos totales	mg/l	165,00	78	0,07	5,46
ÍNDICE ICA:					0,72

Sa03: Río Sardinas Chico (toma de agua)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O ₂	%	135,70	80	0.17	13,45
602. Coliformes fecales	col/100ml	243,00	35	0,16	5,60
3. pH	unidades	6,63	82	0.11	9,02
4. DBO	mg/l 5d	6,50	45	0.11	4,95
5. Temperatura	Δ °C	1,20	91	0,10	9,10
6. Fosfato total	mg/l	0,12	94	0,10	9,40
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	2,40	90	0,08	7,20
9. Sólidos totales	mg/l	20,00	84	0,07	5,88
ÍNDICE ICA:					0,75

Sa04: Río Sardinas (aguas abajo de criaderos de cerdos)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O2	%	131,40	84	0.17	14,28
2. Coliformes fecales	col/100ml	113,30	43	0,16	6,88
3. pH	unidades	5,99	52	0.11	5,72
4. BOD	mg/l 5d	7,04	40	0.11	4,40
5. Temperatura	Δ °C	0,25	93	0,10	9,30
6. Fosfato total	mg/l	0,16	96	0,10	9,60
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	1,54	94	0,08	7,52
9. Sólidos totales	mg/l	280,00	63	0,07	4,41
ÍNDICE ICA:					0,72

Sa05: Río Sardinas (abajo de las aguas servidas)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O2	%	128,80	85	0.17	14,45
2. Coliformes fecales	col/100ml	145,00	41	0,16	6,56
3. pH	unidades	6,75	82	0.11	9,02
4. BOD	mg/l 5d	4,50	64	0.11	7,04
5. Temperatura	Δ °C	0,25	93	0,10	9,30
6. Fosfato total	mg/l	0,64	50	0,10	5,00
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	0,90	95	0,08	7,60
9. Sólidos totales	mg/l	110,00	84	0,07	5,88
ÍNDICE ICA:					0,75

Sa06: Río Sardinas (zona de recreación)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O2	%	121,10	90	0.17	15,30
2. Coliformes fecales	col/100ml	103,30	44	0,16	7,04
3. pH	unidades	7,42	91	0.11	10,01
4. DBO	mg/l 5d	6,08	50	0.11	5,50
5. Temperatura	Δ °C	0,25	93	0,10	9,30
6. Fosfato total	mg/l	0,20	86	0,10	8,60
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	1,01	95	0,08	7,60
9. Sólidos totales	mg/l	0,00	78	0,07	5,46
ÍNDICE ICA:					0,79

Sa07: Río Sardinas (aguas abajo de zona minera)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O2	%	137,40	79	0.17	13,43
2. Coliformes fecales	col/100ml	120,00	42	0,16	6,72
3. pH	unidades	5,98	52	0.11	5,72
4. DBO	mg/l 5d	5,77	52	0.11	5,72
5. Temperatura	Δ °C	0,25	93	0,10	9,30
6. Fosfato total	mg/l	0,62	51	0,10	5,10
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	1,58	95	0,08	7,60
9. Sólidos totales	mg/l	90,00	86	0,07	6,02
ÍNDICE ICA:					0,69

Sa08: Río Sardinas (aguas arriba de la carretera)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O2	%	146,60	74	0.17	12,58
2. Coliformes fecales	col/100ml	186,60	38	0,16	6,08
3. pH	unidades	6,01	56	0.11	6,16
4. BOD	mg/l 5d	6,18	50	0.11	5,50
5. Temperatura	Δ °C	0,50	92	0,10	9,20
6. Fosfato total	mg/l	0,20	82	0,10	8,20
7. Nitrato	mg/l	0,00	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	1,14	95	0,08	7,60
9. Sólidos totales	mg/l	20,00	83	0,07	5,81
ÍNDICE ICA:					0,71

Sa09: Río Sardinas (aguas abajo de la carretera)					
PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR NETO	VALOR Q	FACTOR DE PONDERACIÓN	VALOR ICA
1. Saturación O2	%	136,70	82	0.17	13,94
2. Coliformes fecales	col/100ml	116,60	45	0,16	7,20
3. pH	unidades	5,86	48	0.11	5,28
4. DBO	mg/l 5d	6,14	50	0.11	9,20
5. Temperatura	Δ °C	0,50	92	0,10	9,20
6. Fosfato total	mg/l	0,24	84	0,10	8,40
7. Nitrato	mg/l	0,02	98	0,10	9,80
8. Turbidez	NTU	1,74	95	0,08	7,60
9. Sólidos totales	mg/l	20,00	83	0,07	5,81
ÍNDICE ICA:					0,73

Anexo 6

Anexo 6. Grupos Taxonómicos de macroinvertebrados bénticos del Río Sardinas

Clase	Orden	Familia	Género	Número de individuos colectados									Total individuos colectados por familia
				Río Yaucana	Río Sardinas	Río Sardinas Chico	Río Sardinas						
				Sa01	Sa02	Sa03	Sa04	Sa05	Sa06	Sa07	Sa08	Sa09	
Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	<i>sp1</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>sp1</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	0	4
		Lutrochidae	<i>sp1</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	Diptera	Blepharoceridae	<i>Limnicola</i>	0	0	0	2	1	0	0	1	0	4
		Ceratopogonidae	<i>sp1</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
		Chironomidae	<i>sp1</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
		Muscidae	<i>Limnophora</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		Simuliidae	<i>Simulium</i>	1	0	0	0	0	2	0	0	0	3
		Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	0	0	0	2	0	0	1	0	0	4
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	12	17	17	11	2	5	14	21	5	174
			<i>Dactylobaetis</i>	0	0	12	1	15	2	1	0	2	
			<i>Moribaetis</i>	3	12	1	2	7	1	0	2	9	
		Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	15	4	9	6	6	3	6	10	4	63
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	1	1	1	2	2	3	1	4	4	19	
	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	8	2	10	3	2	3	6	5	8	47
	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>sp1</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		Hydrobiosidae	<i>sp1</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
		Hydropsychidae	<i>Smicridia</i>	3	0	0	0	0	0	1	1	0	5
Leptoceridae		<i>Atanatolica</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	
		<i>Grumichella</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0		

6 Órdenes 18 Familias

Riqueza	8	8	8	12	9	9	10	7	6
TOTAL individuos	44	39	52	33	37	21	34	44	32

Anexo 7

Anexo 7. Cálculos del índice de sensibilidad IS

CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD	Sa01	Sa02	Sa03	Sa04	Sa05	Sa06	Sa07	Sa08	Sa09
Anisoptera	8									
Baetidae	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Ceratopogonidae	3				3		3			
Chironomidae	2							2		
Corydalidae	6									
Elmidae	6	6		6	6		6			
Euthyplociidae	9									
Gastropoda	3				3					
Glossosomatidae	7		7							
Gordioidea	3									
Hirudinea	3									
Hydrachnidae	10									
Hydrobiosidae	9		9			9				
Hydropsichidae	5	5						5	5	
Leptoceridae	9							9		
Leptohyphidae	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Leptophlebiidae	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Naucoridae	7									
Oligochaeta	1									
Oligoneuridae	10									
Perlidae	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Philopotamidae	8									
Psephenidae	10									
Ptilodactylidae	10									
Pyralidae	5									
Simuliidae	8	8					8			
Tipulidae	3			3	3			3		
Turbelaria	5									
Veliidae	8									
Zygoptera	8									
TOTAL		52	49	42	48	42	50	52	38	33
	Clasificación	R	R	R	R	R	R	R	R	M

LEYENDA: R = REGULAR; M = MALA