

Estudio limnológico para determinar la calidad del agua en cuerpos lóticos. Metodología

María Teresa Ortíz V.

Resumen

El artículo explica un procedimiento sencillo para la realización de estudios limnológicos de cuerpos de agua, preferentemente lóticos, aunque también puede ser aplicado a cuerpos de agua lénticos, para determinar su calidad y posibles usos en proyectos agroecológicos o estudios de impacto ambiental.

El procedimiento consta de seis pasos, descritos con base en estudios realizados con anterioridad por la autora. Además, se recupera una muestra fotográfica de la fauna bentónica del Río Pasto, con su correspondiente clasificación taxonómica. (Anexo)

El procedimiento tiene su aplicación principalmente en corrientes medias y de baja profundidad. Además es de especial importancia pedagógica, toda vez que permite comprender las relaciones de los organismos hidrobiológicos, dentro de un ecosistema acuático y su repercusión en todo el entorno. Así mismo, proporciona un enfoque limnológico, empleado en el estudio de cuencas hidrográficas, pero que podría servir de modelo dentro de estudios de cuerpos de agua similares.

Palabras clave

Limnología, Bentos, Lótico, Léntico, Parámetros hidrobiológicos.

Abstract

The article explains a simple procedure for limnological studies, preferably for lotic waters, although it can also be applied to lentic waters.

The procedure consists of six steps that are described on the basis of studies conducted earlier by the author. In addition, it provides a photographic exhibition of the benthic fauna in the river Pasto with its taxonomic classification.

The procedure has its application principally in average currents and of low depth. Besides it is particularly important from the pedagogical point of view, since it allows understand the relevance of relations between different hydrobiological agents within an aquatic ecosystem and its impact on the entire environment. It also provides an limnological approach that could be both applied for studying watersheds, and as a model in studies of similar bodies of water.

Key words

Limnology, Benthos, Lotic, Lentic, Hydrobiological parameters.



I. Introducción

La limnología parte de un estudio de los fenómenos físico-químicos y biológicos de aguas continentales, epicontinentales, fluyentes o estancadas, con base en el cual se puede determinar el estado de un ecosistema. (Margalef, 1983)

El uso de procedimientos limnológicos permite evaluar integralmente la calidad del agua, al tiempo que proporciona una visión sistémica del estado de alteración que presenta el agroecosistema. Los contaminantes generados por las actividades agropecuarias y que llegan al agua por diferentes vías, demandan un trabajo ecológico armónico y permanente, orientado a lograr la sostenibilidad del medio ambiente.

Los estudios limnológicos cobran cada vez mayor importancia práctica, porque ofrecen información fundamental en la determinación de la calidad de los cuerpos de agua. Esto en virtud de que uno de los elementos principales en la calidad hídrica es, sin duda, la identificación de los organismos hidrobiológicos que en un cuerpo de agua, o más ampliamente en un sistema hidrográfico, coexisten. Sin embargo, a pesar de la información que aporta en estos términos la limnología, son pocos los que aplican su enfoque al momento de evaluar la calidad o capacidad de vida de las aguas; más bien, se emplea una serie de indicadores que, por no comprometer un análisis a fondo de los indicadores biológicos y su balance ecológico, sólo ofrecen un cuadro parcial e impreciso de la vitalidad del sistema.

Los estudios limnológicos proveen toda la información, necesaria para realizar planes de mejoramiento de un ecosistema acuático que repercutirán en la totalidad del ecosistema. De allí parte la importancia de conocer la forma en que se realiza un estudio limnológico, teniendo en cuenta una serie de procedimientos o pasos, que permitirán obtener un análisis sistémico y obtener conclusiones, que proporcionen la base para un plan de mejoramiento ambiental.

Entendiendo que el agua es el elemento fundamental de la vida y el mejor indicador de la calidad de un ecosistema; requiere un cuidado especial, que incluye la creación de estrategias de protección y saneamiento, llevando a cabo programas de reglamentación de vertimientos que pueden provenir de desechos sanitarios humanos (contaminación puntual), de actividades antropogénicas, piscicultura, minería, industrial (contaminación difusa) o incluso de problemas inherentes a la composición química del agua.

Puede notarse en los estudios agroecológicos la ausencia del análisis de ecosistemas, desde la perspectiva de la calidad del agua, situación que lleva a proponer este enfoque como mecanismo para la determinación y mejoramiento de un agroecosistema, a partir de la caracterización físico-química, biológica y bacteriológica de los cuerpos de agua.

II. Metodología

El presente artículo se basa en la descripción de la forma de realización de un estudio limnológico. Los datos aquí consignados provienen de la experiencia del autor en la ejecución de estudios limnológicos, entre los cuales es posible citar: a) Estudio limnológico del Río Pasto y sus principales afluentes; b) Estudio limnológico del Río Guamués; y, c) Estudio limnológico del Río Bobo.

La metodología seguida partió de la recolección de los diferentes estudios, que luego fueron comparados, para identificar los procesos similares y las etapas de los mismos. Por tratarse de una recolección de datos secundarios, el artículo se estructura a partir de métodos cualitativos como la observación directa y la consulta bibliográfica.

El método cualitativo más utilizado es inductivo y descriptivo por observación; se infirieron ciertas secuencias lógicas de estudios, los cuales otorgan un punto de partida para su posterior profundización. (Ortiz, 1995) (Wetzel, 2000)

Procedimiento para un estudio limnológico

Las etapas o procedimientos principales de todo estudio limnológico pueden agruparse inicialmente en seis pasos, abiertos a discusión. Estos pasos se basan en la experiencia adquirida en la realización de dichos estudios, y se ponen de manifiesto en este artículo, para que sirvan de guía a quienes deseen realizar estudios de este tipo.

Los pasos a seguir son:
Establecimiento de la red de muestreo.
Características de los hábitats en las estaciones de muestreo.
Selección de los parámetros físico-químicos, bacteriológicos y biológicos de la calidad de agua.
Método para la toma de muestras.
Análisis de laboratorio.
Discusión de los resultados.

En adelante, se tratará de detallar lo que significa cada uno de ellos.

Establecimiento de la red de muestreo

Es el primer paso del estudio limnológico y consiste en determinar el área y secuencia de lugares en los cuales se tomarán las muestras. Para este punto es importante detallar la longitud o extensión del cuerpo de agua (río, laguna, lago, entre otros), sus límites y el sentido en el que se tomarán las muestras (por ejemplo, desde el nacimiento del río hasta su desembocadura), así como caracterizar la presión doméstica, agrícola e industrial, lo cual, a su vez puede llevar a realizar otro tipo de segmentación. (Ortiz, 1995)

También se debe especificar la segmentación de la corriente de forma cualitativa (contaminación por basuras, descargas de colectores municipales, alcantarillas de industrias, limpieza de establos, químicos de los cultivos, entre otros) y cuantitativa (volúmenes de los diferentes tipos de contaminantes que pueden ser arrojados al cuerpo de agua).

Para la segmentación del río, los segmentos a analizar deben incluir estaciones de muestreo y principales afluentes, como lugares mínimos para el levantamiento de información. Antes de segmentar el río debe realizarse un análisis previo del lugar, con el propósito de determinar las estaciones representativas de cada sector.

Para seleccionar las corrientes que se someterán a muestreo se debe analizar la sectorización hídrica; esto es, la división de cada cuenca en sus correspondientes subcuencas y estas, a su vez, en las microcuencas que las conforman.

Realizado lo anterior, se procede a escoger las corrientes más representativas para ser sometidas a muestreo, y de este modo lograr una visión más completa del entorno que esté exenta de imprecisiones para la caracterización fisicoquímica, bacteriológica y biológica de todo el río.

Características del hábitat de las estaciones de muestreo

Tras realizar la segmentación, se procede a caracterizar cada uno de los segmentos definidos, teniendo en cuenta que deben ser representativos. En caso tal que se presenten cambios durante la investigación en los segmentos representativos, tales como descargas contaminantes o cambios en las condiciones climáticas, hidráulicas, químicas o físicas del ecosistema, debe definirse un nuevo segmento. (Wetzel, 2000)

Entre los parámetros que deben definirse para cada uno de los segmentos, pueden anotarse:
Longitud (m)

Velocidad promedio (m/seg.)
Caudal promedio (m³/seg.)
Ancho de la sección de muestreo (m)
Profundidad de la sección de muestreo (cm)
Área promedio (m²)
Pendiente del terreno (%)

Las corrientes de agua seleccionadas, deben responder a criterios como caudal, grado de contaminación, longitud y uso por parte de la población beneficiaria. Para evaluar estos criterios se debe establecer una red de muestreo que incluya los siguientes puntos:

Punto de referencia: es necesario fijar sectores representativos de determinados tramos. Estos sectores deben estar libres de estrés ecológico y deben encontrarse aislados de contaminantes y de cualquier riesgo potencial de impacto negativo, pues servirán de referencia.

Sector de soporte: es un tramo o sector en el que se identifica estrés, y que, por tal razón será el soporte del estudio.

Sector de observación: puede ser uno o varios, que se destinarán para la observación de consecuencias de descargas contaminantes, y que posteriormente servirán para identificar la evolución del proceso de autodepuración del agua.

Sector de control: por último, se definirá un sector inferior o tramo, el cual servirá de punto de control de la capacidad de autodepuración del curso de agua. El control debe realizarse teniendo en cuenta los factores contaminantes y el caudal de la pendiente en función, entre otras características fisicoquímicas del recorrido del agua, analizando en cada uno de estos factores su naturaleza e importancia o incidencia en la calidad del ecosistema.

Ver figura 1 en la siguiente página

Selección de parámetros físico-químicos, bacteriológicos y biológicos para análisis de la calidad de agua

Los parámetros físicos incluyen temperatura, color, olor, turbiedad, sólidos (totales, volátiles, suspendidos, disueltos y sedimentables).

Los parámetros químicos escogidos son oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y pH.

Los parámetros bacteriológicos incluyen el número más probable de coliformes totales y coliformes fecales (NMCT y NMCF).

Ficha No. () (Defina el número de la Ficha)

ESTACIÓN No.	1,2,3,4,5,6 etc.
FECHA Y HORA DE MUESTREO	
NOMBRE DE LA ESTACIÓN	EJ: NACIMIENTO DEL RÍO
LUGAR DE MUESTREO	NOMBRE DEL LUGAR
CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT	Ej.: Estrés (libre o contaminado) Tipo de sustrato Tipo de vegetación en el río Tipo de vegetación en la orilla Presencia de organismos bentónicos Lista cualitativa de especies de macro fauna presente Tipo de orilla.
LÍMITES	Ejemplo: COMPRENDIDO ENTRE EL NACIMIENTO, EN EL PÁRAMO Y LA CONVERGENCIA DE LAS QUEBRADAS A, B Y C

Figura 1: Ficha de muestreo.

Los parámetros biológicos como el grado de eutrofización del agua y organismos.

La fauna bentónica (zoobentos) en su evaluación cualitativa y cuantitativa permite una clasificación de la calidad del agua desde un parámetro biológico.

Ver figura 2 en la siguiente página

Método para la toma de muestras

Toma de muestras de agua

La caracterización se inicia con la toma de muestras de aguas superficiales para los análisis de los parámetros físico-químicos generales en aguas naturales, para lo cual, se requieren tres litros de muestra, y aparte se realiza el análisis bacteriológico, con base en 300 ml de muestra en frascos esterilizados. Algunos parámetros tales como oxígeno disuelto (mg/l), conductividad, pH, presión atmosférica (Mbar), temperatura (°C) del agua y del ambiente, caudal (m³/seg.) y velocidad de la corriente (m/seg.), se analizan in situ. (Ortíz, 1995; Rueda, 2002)

Toma de muestras de bentos

Las muestras de macro fauna bentónica se recogen de sedimentos con una draga Eckman a 10 cm. de profundidad en el fondo del lecho del río. En ocasiones, es necesario remover las piedras del fondo para tomar muestras de los organismos adheridos a las mismas. Posteriormente, se conservan los organismos en frascos con alcohol, para ser clasificados taxonómicamente. A partir del inventario de fauna bentónica en distintos sitios se confrontan indicadores ecológicos de calidad representativos de las ca-

racterísticas específicas del hábitat en que son colectadas. Por último, se evalúa la calidad de cada ambiente de acuerdo al número de especies, tipo de organismos y diversidad biológica. (Ortíz, 1995; Rueda, 2002)

Análisis de laboratorio

Los métodos de análisis de laboratorio pueden ser físico-químicos, bacteriológicos o biológicos.

Los análisis físico-químicos y bacteriológicos se realizan de acuerdo con los métodos reglamentados por la normatividad nacional en materia de calidad de agua para diversos usos. Estos análisis están regidos por el Decreto 2105/1984, Decreto 194/1984, normas y criterios del Título II de la Ley 09 de 1979.

El análisis biológico se realiza a partir de la obtención de muestras, el posterior aislamiento de los organismos zoobentónicos¹, el análisis por medio de estereoscopio de cada uno de ellos y la clasificación cuantitativa (utilización de claves) y cualitativa (aplicación de índices) que permite determinar la calidad del agua en tres rangos representativos: a) aguas oligotróficas o limpias; b) aguas mesotróficas o medianamente contaminadas; y, c) aguas eutróficas o contaminadas.

Para el cálculo del índice de diversidad de géneros se utiliza la ecuación propuesta por Shannon-Weaver (Cole, 1988):

$$ID = - \sum \frac{n_i}{N} \lg \frac{n_i}{N}$$

En donde:

N: número total de organismos en la muestra.

n_i: número de individuos en cada grupo (género).

Nt: número de grupos en la muestra (géneros).

Discusión de los resultados

Luego de tener los resultados de laboratorio, se realiza la discusión de los mismos, teniendo en cuenta los parámetros físico-químicos, biológicos y bacteriológicos antes descritos. A través de una comparación y análisis detallado, se determinan el tipo de ecosistema y la calidad de las aguas, de acuerdo con la Reglamentación del Secretaria de Salud. (Ramírez, 1998)

¹ Ver Anexo fotográfico de los principales especímenes encontrados a lo largo del Río Pasto en 1995

Tipo de parámetro	Parámetro	Unidad	Definición
Parámetros físicos	Temperatura	°C	Se incrementa por descargas calientes y por la reacción bioquímica durante la degradación de la materia orgánica. Se puede medir con teletermómetros y termómetros.
	Color	UPC	Indica la edad de las aguas residuales. Determina el nivel de taninos y ácidos húmicos provenientes de la descomposición de la lignina en aguas superficiales. Color aparente: ocasionado por la materia suspendida. Color verdadero: causado por sustancias vegetales de tipo coloidal y sustancias en solución.
	Olor	-	Se producen por descomposición de la materia orgánica. Se asocian con sulfuro de hidrógeno, producto de la reducción de sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.
	Turbiedad	NTU	Mide la capacidad de transmisión de la luz a través del agua. Las partículas suspendidas (coloidales hasta granulares) determinan este parámetro. Dificulta las operaciones de filtración en los sistemas de tratamiento.
	Sólidos	mg/l	Existen orgánicos e inorgánicos. Los tipos de sólidos son: totales (ST), volátiles (SV), fijos (SF), suspendidos (SS), disueltos (SD) y sedimentables (SSD).
Parámetros Químicos	Oxígeno disuelto	mg/l	Oxígeno disuelto en el agua. La presión atmosférica y temperatura determinan su solubilidad (contenido de sales). Método Winkler y Oxímetro digital.
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	Oxígeno requerido por las bacterias en los procesos de descomposición aeróbica. Permite medir el grado de polución de una corriente de agua. Medición por medio de dicromato de potasio.
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	Proporciona una medida de la demanda de oxígeno del agua a partir de un agente químico. Es más rápida y oxida la mayoría de los compuestos orgánicos.
	pH	-	Permite determinar la acidez o alcalinidad del agua de acuerdo al nivel de concentración del Ion hidrógeno en el agua. Se mide con el pH-metro.
	CO ₂	mg/l	Gas disuelto en el agua, cuyas concentraciones deben encontrarse entre 0,55 y 0,60 mg/l. Se puede medir con Método de la Fenoftaleína.
Parámetros Biológicos	Eutrofización		Cantidad de biomasa vegetal presente en el agua producida por el exceso de nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos) que reciben los cuerpos de agua.
Parámetros bacteriológicos	Coliformes totales	NMP/dl	Bacterias totales
	Coliformes fecales	NMP/dl	Bacterias de origen intestinal

Figura 2. Tabla de parámetros (Colmenar, 2002; Ramírez, 1998)

III. Conclusiones

- Los estudios limnológicos permiten determinar el estado de un ecosistema. A partir de ellos se puede obtener información acerca de la calidad de los cuerpos de agua. El análisis de los indicadores biológicos, el balance ecológico y la identificación de los organismos hidrobiológicos del agua, proporciona una base clara para realizar planes de mejoramiento de los ecosistemas.
- El proceso para realizar un estudio limnológico se organiza en seis etapas, a saber: 1) establecimiento de la red de muestreo; 2) características de los hábitats las estaciones de muestreo; 3) selección de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de la calidad de agua; 4) método para la toma de muestras; 5) análisis de laboratorio; y, 6) discusión de los resultados.
- Estos pasos presentan una secuencia lógica y permiten obtener resultados confiables, a través de la obtención de muestras y el posterior estudio comparativo de los niveles de contaminación en-

contrados en los cuerpos de agua, en referencia a estándares de calidad de agua óptimos y a la normatividad vigentes.









IV. Referencias









- [1] Cole, G. (1988). Manual de Limnología. *Agropecuaria Hemisferio Sur*. Buenos Aires, Argentina.
- [2] Colmenar, E. (1 de Octubre de 2002). Un termómetro para las aguas. Recuperado el 30 de 06 de 2008, de Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (España):http://www.mma.es/secciones/biblioteca_publicacion/publicaciones/revista_ambiente/n15/pdf/47_52_limno.pdf
- [3] Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Omega.
- [4] Ortíz, M. T. (1995). Estudio limnológico del Río Pasto y sus principales afluentes, con énfasis en la macrofauna bentónica como indicador biológico de la calidad del agua. *Corponariño*. Pasto.
- [5] Ramírez, A. (1998). *Limnología colombiana aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- [6] Rueda, G. (2002). Manual de métodos en limnología. Bogotá: Asociación Colombiana de Limnología.
- [7] Wetzel, R. (2000). *Limnological analyses*. New York: Springer.









María Teresa Ortíz V. Ph.D. en Biología de la Universidad Estatal de Kiev (Ucrania), 1987. En la actualidad, es docente asociada del Programa de Ingeniería Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO).
mayteortizv@gmail.com









Anexo fotográfico de los principales especímenes encontrados a lo largo del Río Pasto en 1995


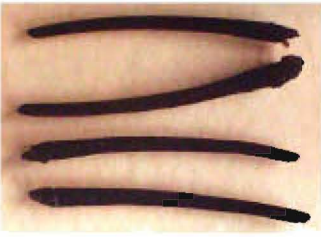


ORDEN	FAMILIA	GENERO	IND. BIOLÓGICO	FOTO
AMPHIPODA	HYALLELIDAE	HYALLELA	RESISTEN ALTOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN	
BASSOMATOPHORA	PHYSIDAE	PHYSA	OLIGO-MESO-EUTRÓFICAS	
COLEÓPERA	ELMIDAE	MACRELMIS	AGUAS OLIGO A MESOTRÓFICAS	
COLEÓPTER	GYRINIDAE	ANDOGYRUS OGYRINUS	AGUAS MESOTRÓFICAS	

COLEÓPTERA	CARABIDAE	DESCONOCIDO	AGUAS OLIGO A MESOTRÓFICAS	
COLEÓPTERA	CHYSOMELIDAE	DONACIA	AGUAS OLIGO-MESOTRÓFICAS	
COLEÓPTERA	ELMIDAE	CYLLOEPUS	SOPORTAN LIGERAMENTE CONTAMINACION	
COLEÓPTERA	ELMIDAE	HETERELMIS	AGUAS LIMPIAS A LIGERAMENTE CONTAMINADAS	
COLEÓPTERA	PSEPHENIDAE	PSEPHENOS	AGUAS LÉNTICAS DE OLIGO AMESOTRÓFICAS	
COLEÓPTERA	PTILODACTYLIDAE	ENCHYTARSUS	DE AGUAS OLIGOTRÓFICAS A LIGERAMENTE CONTAMINADAS	
COLEÓPTERA	SCIRTIDAE	ELODES	AGUAS OLIGOTRÓFICAS	
DIPTERA	BLEPHAROCERIDAE	LIMONICOLA	OLIGO A MESOTRÓFICAS	

ORDEN	FAMILIA	GENERO	IND. BIOLÓGICO	FOTO
DIPTERA	ORTHORRAPHANE-MATOCERA, TIPULIDAE	TIPULA	MESOTRÓFICAS	
DIPTERA	SIMULIDAE	SIMULIUM	OLIGOTRÓFICOS	
DIPTERA	SIMULIDAE	SIMULIUM (PUPA)	MESOTRÓFICA	
DIPTERA	TABANIDAE	TABANUS	MESO A EUTRÓFICAS	
DIPTERA	TANYPODINAE	NO CONOCIDO	MESO A EUTRÓFICA	
DIPTERA	TIPULIDAE	LIMONIA	OLIGO A MESOTRÓFICAS	
EPEHEMEROPTERA	BAETIDAE	BAETIS	DE AGUAS LIMPIAS A LIGERAMENTE CONTAMNADAS	
EPEHEMEROPTERA	BAETIDAE	BAETODES	AGUAS MESOTRÓFICAS	

ORDEN	FAMILIA	GENERO	IND. BIOLÓGICO	FOTO
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	DACTYLOBAETIS	AGUAS LIMPIAS A LIGERAMENTE CONTAMINADAS	
EPHEMEROPTERA	LEPTOPHEBIDAE	TRAULODES	AGUAS OLIGOTRÓFICAS	
EPHEMEROPTERA	TRICORYTIDAE	LEPTOHYPES	AGUAS AGUA MESOTRÓ	
EPHEMEROPTERA	TRICORYTIDAE	TRICORYTHODES	AGUA LIGERAMENTE CONTAMINADA	
GLOSSIPHONIMORFA	GLOSSIFONIIDAE	PLACOBDELLA	AGUAS CONTAMINADAS	
HAPLOTAIDA	HAPLOTAXIDAE	DESONOCIDO	AGUAS CONTAMINADAS	
HAPLOTAXIDA	TUBIFICIDAE	TUBIFEX	ACENTUADA CONTAMINACIÓN ACUÁTICA	
HEMIPTERA	GUERROMORPHA VELIIDAE	MICROVELIA	EURIALINAS	

ORDEN	FAMILIA	GENERO	IND. BIOLÓGICO	FOTO
LEPIDOPTERA	PYRALIDAE	CATACLYSTA	OLIGOTRÓFICAS	
ODONATA	AESHNIDAE	AESHNA	MESOTRÓFICAS	
ODONATA	COENAGRIONIDAE	ARGIA	OLIGOMESOTRÓFICAS	
PLECOPTERA	PERLIDAE	ANACRONEURIA	OLIGOTRÓFICAS	
TRICLADIDA	PLANARIDAE	DUGESIA	OLIGOTRÓFICAS	
TRICHOPTERA	GLOSSOSOMATIDAE	MOTONELLA	OLIGO A MESOTRÓFICA	
TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	HELICOPSYCHE	OLIGO A MESOTRÓFICAS	
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	ATOPSYCHE	OLIGO A MESOTRÓFICA	

ORDEN	FAMILIA	GENERO	IND. BIOLÓGICO	FOTO
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	LEPTONEMA	OLIGO A MESOTRÓFICA	
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	ATANATOLICA	OLIGOTRÓFICA	
TRICHOPTERA	ODONTOCERIDAE	MARILIA (PUPA)	AGUA MESOTRÓFICA	
TRICHOPTERA	PHILOPOTAMIDAE	CHIMARRA	OLIGOTRÓFICAS	
TRICHOPTERA	POLIENOTROPIDINAE	POLICENTROPUS	OLIGOMESOTROPICAS	