

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DEL FLUJO DE NUTRIENTES Y ENERGIA EN UN ECOSISTEMA ACUATICO TROPICAL. CASO RIO PALACE, MUNICIPIO DE TOTORO (CAUCA).

Por: Javier Castillo, Apolinar Figueroa, Luis Fernando Jácome, Gerardo Naundorf e Hildier Zamora. Departamento de Biología, Universidad del Cauca

RESUMEN

Se realizó un estudio entre los meses de diciembre de 1989 y julio de 1990 cuyo objetivo básico fué establecer las características físico químicas y biológicas hídricas de un sector del río Palace, Municipio de Totoro, Cauca, Colombia y definir algunas relaciones ecológicas en el flujo de nutrientes y energía en el ecosistema acuático. La población bacteriana heterotrófica total promedió 62.968 org/100mL. Fueron detectados 34 géneros de algas epilíticas y perifíticas, siendo *Synedra* (CHRYSTOPHYTA) (48.8%) el dominante. La población total de algas se calculó en 254.888 org/100mL. Se colectaron 2026 ejemplares de macroinvertebrados acuáticos correspondientes a 43 géneros, siendo *Anacroneria* (PLECOPTERA) (33.7%) el dominante. El estudio de los aparatos bucales de los organismos encontrados permiten identificarlos como masticadores, detritívoros y pastoreadores en algas y plantas inferiores. El índice de diversidad global se calculó en 3.4 para este tipo de organismos. El bosque aledaño aporta 6,9 Ton/Ha/año (peso seco) de materia orgánica, siendo las hojas el mayor aporte al ecosistema hídrico. El 47,6% (3.3 Ton/Ha/año) del material producido alcanza las aguas del río Palace y sirve como fuente de alimento a las comunidades asentadas. La producción de material nutritivo autóctono está basada en comunidades epilíticas conformadas principalmente por musgos del género *Sphagnum* y asociaciones ficológicas.

SUMMARY

A study was conducted during December 1989 to July 1990 to establish the physical, chemical and biological characteristics of the Palace River, Totoró (Cauca Department, Colombia) located in the south west of Colombia in order to identify some interrelationships in the nutrient and energy flow of the ecosystem. The optimal physical and chemical hydric conditions for the development of the biota were determined. The total heterotrophic bacterial population averaged 62,968 org/100mL. 34 genera of epilithic and periphitic algae were found, dominating *Synedra* (CHRYSTOPHYTA) (48.8%). Total algal population averaged 254,888 org/100mL; 2026 individuals of aquatic macroinvertebrates were collected, corresponding to 43 genera, of which *Anacroneria* (PLECOPTERA) (33.7%) was found to be the most abundant. Those organisms were classified as chewers, shredders and grazers on dead and living material. The diversity index for these organisms was 3.4. The riparian forest near by the sampling zone provided 6,9 Ton/Ha/Yr of organic matter (dry weight). Leaves represented the greater apportion. 47,6% of the material reached the river waters and were available to biological communities. Autochthonous material production is based on epilithic communities constituted mainly by mosses belonging to the genus *Sphagnum* and phycological associations.

INTRODUCCION

Es frecuente encontrar graves alteraciones de los cuerpos de agua por el uso irracional a que son sometidos. Las actividades antrópicas han reducido sustancialmente la disponibilidad de este recurso. Acciones tales como la contaminación industrial y doméstica, la tala indiscriminada, la utilización de agroquímicos, sistemas de riego y construcción de embalses no solo han limitado el recurso sino que también han alterado sus características fisicoquímicas y biológicas, afectando a su vez todos los ecosistemas con los cuales interactúan.

Esta situación hace prioritario adelantar estudios que permitan conocer la estructura y dinámica de nuestros ecosistemas acuáticos con fines de optimizar la utilización del recurso y establecer las pautas para la elaboración de planes de manejo y conservación.

Como una contribución al conocimiento de los ecosistemas acuáticos, el grupo de hidrobiología de la Universidad del Cauca viene desarrollando estudios conducentes a establecer los parámetros básicos que gobiernan el funcionamiento de los ecosistemas fluviales en el Departamento del Cauca. En este sentido, ha sido abordado el estudio, entre otros, del río Palacé cuyos objetivos han sido:

Determinar las características fisicoquímicas hídricas y biológicas.

Establecer la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con el procesamiento de los nutrientes.

Establecer el origen y características de los nutrientes autóctonos y alóctonos.

Determinar el tiempo medio de transformación de los nutrientes alóctonos.

AREA DE ESTUDIO

El trabajo fué realizado en el sector medio del río Palacé, municipio de Totoró (Cauca) a una

altitud de 1700 m.s.n.m. durante los meses de Diciembre de 1989 y Julio de 1990. La estación de muestreo se localizó a unos 50 Kms. aproximadamente de la zona de nacimiento del río y a 100 m. "río arriba" del puente sobre la vía panamericana que conecta las ciudades de Popayán y Cali. La longitud total del río es aproximadamente de 84 ± 2 Kms. desde el nacimiento hasta su desembocadura en el río Cauca (ver figura 1).

El río Palacé se forma a partir de las aguas de escorrentía superficial del cerro "Pozonero" a 3.500 m.s.n.m., las cuales forman una amplia laguna denominada "Calvache", de la cual se origina el cauce principal del río.

El río se considera de tercer orden según el concepto de Vannote et al., (1980), recibiendo en su trayecto numerosos tributarios entre los que se destacan río Blanco, Guangubio, Agua Colorada y Mota. Sobre el recorrido se localizan pequeños asentamientos humanos como Gabriel López, Polindara, Calibío y La Rejoja. Según Suarez y col. (1984), el río atraviesa zonas de vegetación graminoide de paramo (Vpa), bosques con vegetación mal formada en zonas escarpadas de cordillera (IIpQ) y áreas sin vegetación con pastos y agricultura establecidas (H1). Es posible observar a lo largo del recorrido pequeñas áreas de bosques de galería con dominancia de "Roble" (*Quercus humboldtii*). Según el sistema propuesto por Cuatrecasas (1958), el río recorre zonas de selva andina y subandina. De acuerdo al sistema de Holdridge y Tossi (ESPINAL Y MONTENEGRO, 1963), el río atraviesa las formaciones vegetales de bosque húmedo premontano (bh-PM), bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) y bosque húmedo montano bajo (bhMB). El sitio de muestreo se localiza en la zona bmh-MB.

El caudal del río está sometido al régimen pluvial de la región, variando notablemente con los períodos secos y lluviosos. El promedio observado fué de 5.2 m³/seg. El período seco en la cuenca media, donde se ubica la estación, corresponde a un período de lluvias en la cuenca alta del río y viceversa. No existen estaciones pluviométricas, climatológicas y limnimétricas

en la cuenca del río. A continuación se presentan algunos datos climatológicos medidos por la estación del aeropuerto "Guillermo Valencia" de la ciudad de Popayán comprendidos entre los meses de Diciembre de 1989 a Julio de 1990, período en el cual se desarrolló la investigación. Esta estación se encuentra a 14 Kms. del sitio de muestreo.

Tabla 1. Precipitación medida entre diciembre de 1989 y julio de 1990.

Meses	Precipitación (mm)
Diciembre	332.4
Enero	132.5
Febrero	292.8
Marzo	203.8
Abril	336.0
Mayo	190.2
Junio	65.3
Julio	60.4

Fuente: Estación climatológica del Aeropuerto "Guillermo Valencia" de Popayán.

Para este período según datos de la misma estación, la temperatura máxima absoluta fué de 29 °C y la mínima absoluta de 6 °C. La temperatura promedio fué de 19 °C. El sitio específico donde se realizaron los muestreos está parcialmente intervenido por la extracción manual de materiales para construcción y elaboración de carbón vegetal, labor que se realiza en forma artesanal y con poco volumen de explotación. El lecho del río es arenoso con presencia de fragmentos de diabasas pertenecientes a flujos de lodos. Su cauce corre sobre afloramientos de ignimbrita de origen volcánico perteneciente a la denominada formación Popayán.

Hacia la parte alta de la cuenca se encuentran ganaderías extensivas y cultivos de subsistencia, siendo la papa el principal producto de la región. En la parte media y baja de la cuenca se encuentran parcelas de cabuya, café, plátano, caña panelera y extensiones de coníferas exóticas cultivadas.

METODOLOGIA

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA HIDRICA.

Se tomaron muestras de agua a diferentes profundidades y se caracterizaron para penetración lumínica, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, gas carbónico disuelto, pH, dureza total, alcalinidad total, acidez total, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, silicatos, calcio, hierro y cloruros con base en los métodos estándar colorimétricos y potenciométricos (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION -APHA, 1985; RODIER, 1981) o utilizando "kit" de reactivos "Aquamerck".

CARACTERIZACION BIOLÓGICA.

Caracterización microbiológica. Las algas y las bacterias constituyen los organismos dominantes del fitoplancton en los ecosistemas acuáticos. Su metabolismo controla enormemente el flujo de energía y el ciclo de los nutrientes en los ecosistemas. Sus niveles poblacionales y gran variedad de tipos metabólicos los convierte en los productores y recicladores de los ecosistemas, sirviendo de sustento a la biota de los cuerpos de agua (WETZEL, 1983). De ahí, la importancia de su determinación en este tipo de estudios.

Para la caracterización ficológica se recolectaron muestras cada 60 días para un total de cinco muestreos de las poblaciones bénticas mediante "raspados" en diferentes superficies. Las muestras se preservaron en formol-alcohol-agua (6:3:1) y se transfirieron a embudos de separación, donde se dejaron en reposo durante ocho días con el fin de concentrar la muestra. Posteriormente se realizaron observaciones microscópicas para la identificación de las algas con base en claves taxonómicas diversas (BICUDO Y BICUDO, 1970; BOURRELLY, 1985; HINO Y TUNDISI, 1984; NEEDHAM Y NEEDHAM, 1982; PRESCOTT, 1984; YACUBSON, 1974). Posteriormente se calculó el número total de organismos según el método propuesto por Wetzel y Likens (1979).

La caracterización bacteriológica se realizó mediante la determinación de la población bacteriana heterotrófica total con base en el método de vertimiento y utilizando agar nutritivo (Oxoid Ltda.) enriquecido con glucosa (10 g/L) según los métodos estandar (APHA, 1985). Los cultivos fueron incubados a 20 °C durante 72 horas y la población bacteriana se determinó por conteo directo del número de colonias formadas (NCF)/100 mL.

Caracterización de la fauna béntica. Los organismos bentónicos constituyen un eslabón fundamental en las cadenas alimenticias de los ecosistemas acuáticos actuando ya sea como controladores de poblaciones microbianas o sirviendo como fuente de nutrientes a otros componentes de la biota.

Este componente es fundamental como fuente alimenticia de numerosas especies fícticas susceptibles de aprovechamiento, razón por la cual es necesario determinar la estructura de las comunidades con el fin de relacionarla con los niveles tróficos de la cadena alimentar. Las poblaciones, la productividad y las interrelaciones tróficas de los organismos bentónicos son hasta el momento pobremente entendidas para los ecosistemas acuáticos tropicales, en parte debido a la heterogeneidad de los grupos taxonómicos en cuanto a sus requerimientos para el crecimiento, alimentación y reproducción (ROLDAN, 1988).

Para la determinación de la fauna béntica se recolectaron invertebrados acuáticos por el método de flotación empleando redes de bentos o mediante colecta manual. Los ejemplares coleccionados se preservaron en alcohol al 70% y glicerina (5% en volumen) en frascos de vidrio de boca ancha y se encuentran depositados en el laboratorio de hidrobiología de la Universidad del Cauca como colección de referencia.

Se realizó identificación mediante el empleo de diversas claves taxonómicas (NEEDHAM Y NEEDHAM, 1982; ROLDAN, 1988; ROLDAN, 1989) y conteo de los ejemplares. Con la información obtenida se determinó la

estructura de la comunidad y el índice de diversidad del área de estudio con base en la fórmula propuesta por Margalef (1980):

$$\text{Índice de Diversidad (Id)} = \frac{\sum (ni/N) \cdot (\text{Log } ni/N)}{\text{Log }^2}$$

donde:

ni = Número de individuos por especie

N = Número total de organismos

Log= Logaritmo base 10

Valores < 1 indican baja diversidad o ecosistemas alterados, valores entre 1 y 3 indican mediana diversidad o ecosistemas medianamente alterados y valores > 3 indican ecosistemas diversos o no alterados.

PRESUPUESTOS DE NUTRIENTES Y ENERGIA.

Aportes alóctonos de nutrientes. Se definieron 12 parcelas de 2 x 2 metros (4 m²) siguiendo la técnica propuesta por Brown (1984), consistente en canastas colectoras de malla de anejo de 25 aberturas por cm² ubicadas en diferentes sectores de la zona estudio, así: cuatro en el sector boscoso aldeaño, cuatro en la ribera y cuatro sobre el río. Se colectó el material vegetal caído sobre las canastas a los 63, 97, 145 y 186 días. El material colectado se llevó al laboratorio, donde se clasificó por hojas, tallos, raíces, flores y frutos, se dejó a temperatura ambiente durante tres días y posteriormente se secó a 60 °C durante cinco días. Posteriormente, el material se pesó con el fin de establecer la cantidad de material orgánico, en términos de peso seco, que puede ser aportado por el ecosistema ribereño al ecosistema hídrico.

Paralelamente, se determinó la estructura del bosque aldeaño. Para tal efecto se estableció la estratificación espacial (EWUSIE, 1978) densidad y tipo de especie, altura, diámetro altura de pecho (DAP) y cobertura.

Velocidad de degradación de nutrientes autóctonos. Se estableció mediante el tiempo de descomposición del material vegetal empleando la técnica de las canastas propuesta por Fell y Master (1984). Se extrajeron discos de 1 cm de diámetro de hojas secas de especies frecuentes en el área, a saber: *Quercus humboldtii* (Roble), *Tibouchina* sp. (Mayo), *Nectandra* sp. (Jigua)* y *Clusia* sp. (Cucharo). Diez canastas por especie de malla plástica de anjeó, conteniendo 13 - 25 gramos de discos, se colocaron en diferentes hábitats dentro del río para que iniciaran su proceso de

descomposición. Periódicamente se extrajeron canastas con el fin de establecer la velocidad de degradación del material vegetal mediante la diferencia de peso entre cada uno de los períodos de muestreo.

Origen de nutrientes autóctonos. Se identificaron los posibles productores de nutrientes autóctonos mediante el reconocimiento y estudio de las comunidades autotróficas asentadas en los diferentes sustratos del río. No se realizaron cuantificaciones del aporte de nutrientes debido a limitaciones metodológicas y técnicas.

RESULTADOS

CARACTERIACION FISICO QUIMICA HIDRICA

La tabla 2 muestra los valores obtenidos para los diferentes parámetros físico químicos.

Tabla 2. Valores medios detectados para los parámetros fisicoquímicos

PARAMETRO	VALOR
Temperatura ambiental (oC)	18,9
Temperatura del agua (oC)	16,1
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,9
Gas carbónico disuelto (mg/L)	4,6
pH (Unidades)	7,2
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	56,5
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	38,0
Acidez total (mg CaCO ₃ /L)	5,0
Amonio (mg N-NH ₃ /L)	0,06
Fósforo (mg P ₂ O ₅ /L)	1,6
Calcio (mg/L)	4,5
Cloro (mg Cl/L)	12,4
Hierro Total (mg/L)	0,3
Sulfatos (mg/L)	5,8

La temperatura ambiental medida se encuentra dentro de los rangos normalmente observados para la región. El valor promedio fué de 18.9 oC (14.5 - 20), el cual concuerda con el valor

detectado por la estación meteorológica de Popayán. La temperatura del agua fué generalmente inferior, detectándose un promedio de 16.1 °C (15.1 - 17.3). Este fenómeno

* Los nombres comunes citados en el texto se refieren a los mencionados por los moradores de la zona de estudio, los cuales no necesariamente concuerdan con los nombres comunes frecuentemente utilizados.

se explica fundamentalmente en el origen de las aguas del río, las cuales provienen de zonas de páramo.

Los valores del oxígeno se encuentran dentro de los rangos normales en este tipo de ecosistemas tropicales y se considera adecuado para el normal desarrollo de la biota en general (ZAMORA et al., 1989; VASQUEZ, et al., 1990). El valor promedio detectado fué de 5.9 mg/L (3.2 - 8.1).

Los valores de gas carbónico detectados se encuentran igualmente dentro de los rangos normales observados en este tipo de ecosistemas. El valor promedio observado fué de 4.6 mg/L (2.6 - 6.2). El pH osciló entre los valores de 8 y 6.03 con tendencia a la neutralidad y el valor promedio observado fué de 7.2.

La alcalinidad total fluctuó entre 22 y 50 con un valor promedio de 38 mgCaCO₃/L. La dureza total varió entre 37.4 y 89 con un valor promedio de 56.5 mg CaCO₃/L. Estos valores determinan aguas blandas. La acidez total fué en general muy baja, con fluctuaciones entre 3 y 7, observándose un valor promedio de 5 mg CaCO₃/l. Los valores concuerdan con el pH observado e indican la ausencia de acidez causada por elementos minerales.

Al analizar integralmente las características de pH, alcalinidad, dureza y acidez totales se observa que el río se encuentra en condiciones de equilibrio ecológico debido a su capacidad de autoregulación.

Los valores para amonio fluctuaron entre 0 y 0.1, con un promedio de 0.06 mg/L, encontrándose dentro de los rangos normales para este tipo de ecosistemas. A pesar de haberse detectado un alto contenido de materia orgánica en el lecho del río susceptible de ser degradada, los valores de amonio observados indican un alto reciclaje de este nutriente dentro del ecosistema que favorece el desarrollo de diferentes comunidades en el río. De otro lado, los aportes de amonio por fenómenos de escorrentía son presumiblemente muy bajos de acuerdo a la relativamente baja concentración de amonio detectada.

El fósforo fluctuó entre 0 y 5, con un valor promedio de 1.6 mg P₂O₅/L. Los valores observados están levemente incrementados debido fundamentalmente al alto contenido de materia orgánica (hojas, ramas, frutos, otros) detectada en los diferentes habitats del río y a los procesos de intercambio con los sedimentos, favorecidos por la remoción de los mismos. Este contenido de fósforo favorece el desarrollo de las comunidades perifíticas y epilíticas observadas en el lecho del río y que constituyen los hábitats preferidos por los macroinvertebrados detectados.

Los valores de calcio oscilaron entre 0.4 y 15, con un valor promedio de 4.5 mg/L. Las concentraciones observadas se encuentran dentro de los parámetros normales para este tipo de ecosistemas, proviniendo de las aguas de escorrentía y de la liberación a partir de los residuos orgánicos presentes en el río.

Los valores observados para cloruros fluctuaron entre 1 y 40, con un valor promedio de 12,4 mg/L. Estos valores se consideran levemente incrementados y son indicadores de la descomposición de la materia vegetal acumulada en el río.

Las concentraciones de silicatos oscilaron entre 0.1 y 10, con un valor promedio de 5.8 mg/L. Estos valores se consideran normales para este tipo de ecosistemas, donde es frecuente encontrar arenas y otros compuestos minerales a base de silicatos en el lecho del río. Generalmente se observó en los diferentes muestreos transparencia máxima en la columna de agua, indicando que los silicatos no son un componente importante en la turbiedad del agua. La principal limitante para el paso de la luz está determinada por la presencia de ácidos húmicos y taninos que le confieren el color rojizo característico de las aguas provenientes de zonas paramunas.

El hierro total fluctuó entre 0.1 y 0.5, con un valor promedio de 0.3 mg/L. Estos valores se consideran levemente incrementados y se debe fundamentalmente a la presencia de minerales a base de hierro en el lecho del río. No se observó la formación de "caparrosa" (compuesto

hierrosulfúreo) en la zona de estudio, debido a la baja concentración de compuestos a base de azufre. Estas concentraciones de hierro pueden afectar el ciclo del fósforo dentro del ecosistema, depositándolo en los sedimentos del río y convirtiéndolo en factor limitante de la productividad biológica del ecosistema (ESTEVEZ, 1988).

En general, los diferentes parámetros fisicoquímicos estudiados se encuentran dentro de los rangos considerados normales para este tipo de ecosistemas tropicales, favoreciendo el desarrollo de las diferentes comunidades biológicas asentadas en el río (ARRIGNON, 1984; BOYD, 1979).

CARACTERIACION BIOLOGICA

Caracterización microbiológica. Las bacterias son un componente importante dentro de los flujos energéticos de los ecosistemas acuáticos, al degradar los materiales no vivos, los residuos de materia orgánica y los solutos que liberan las comunidades de macrofitas.

La tabla 3 muestra los niveles poblaciones de bacterias heterotróficas totales determinadas en la estación de muestreo. Los valores detectados son similares para los observados en otros ecosistemas (HIRSCH, 1983) bajo las mismas condiciones ambientales, los cuales se consideran aceptables para la degradación de materiales autóctonos y alóctonos

Tabla 3. Población de bacterias heterotróficas totales detectada.

NFC/100mL	MUESTREOS				
	I	II	III	IV	V
	53.840	65.320	48.734	60.555	86.388

La tabla 4 indica la comunidad ficológica epilítica y perifítica detectada en la zona de estudio.

Tabla 4. Comunidad ficológica detectada, en número de individuos por género y muestreo

Se contó un total de 4.588 organismos, siendo *Synedra* el género dominante representando el 48.1 % de todos los muestreos. En general, la División Chrysophyta fué la dominante, representando el 74.5 % de la población total. Le siguió la División Chlorophyta, con un 16.3 % de la población total.

Es importante resaltar que la mayoría de las algas verdes detectadas son de tipo filamentosas, como los géneros *Spirogyra*, *Stigeoclonium*, *Microspora* y *Mougeotia*. Estos filamentos están conformados generalmente por un promedio de 28 células, distribuidos en amplias "floraciones" o "matas" cubriendo rocas y otros tipos de sedimentos. Similar composición y distribución se observó para las algas verdeazules. Los géneros y números detectados son similares a los detectados para otros ecosistemas del Departamento (ZAMORA et al., 1989; VASQUEZ, et al., 1990)

ORGANISMOS	MUESTREOS				
	I	II	III	IV	V
División Cyanophyta					
Clase Cyanophyceae					
Orden Oscillatoriales					
Género Anabaena	15	20	13	17	8
Género Oscillatoria	45	42	58	62	38
Género Boria	2	3	2	1	-
Orden Nostocales					
Género Calothrix	1	2	3	5	2
División Chlorophyta					
Clase Chlorophyceae					
Orden Volvocales					
Género Volvox	4	2	3	2	4
Género Haematococcus	2	1	4	3	2
Orden Chlorococcales					
Género Characium	8	4	3	5	4
Género Ankistrodesmus	2	1	-	4	3
Género Chlorella	8	12	11	10	15
Género Golenkinia	-	-	2	4	3
Género Actinastrum	20	18	43	52	55
Género Hydrodictyon	2	1	1	2	-
Orden Ulothrichales					
Género Microspora	13	14	15	13	18
Orden Chaetophorales					
Género Stigeoclonium	24	33	48	15	35
Orden Zygnematales					
Género Mougeotia	8	4	5	6	8
Género Spirogyra	5	12	25	30	19
Género Zygnema	4	3	2	8	10
Género Spondylosium	4	2	-	4	2
Género Staurastrum	2	1	5	4	8
Género Closterium	3	4	-	2	-
Género Cosmarium	3	4	2	1	4
División Euglenophyta					
Clase Euglenophyceae					
Orden Euglenales					
Género Euglena	10	12	13	14	25
Género Sin Identificar	2	1	-	4	3
División Chrysophyta					
Clase Bacillariophyceae					
Orden Centrales					
Género Melosira	8	8	15	10	7
Orden Pennales					
Género Diatoma	43	45	58	13	23
Género Fragilaria	38	24	45	33	28
Género Synedra	445	525	405	383	447
Género Tabellaria	12	15	43	55	52
Género Eumotia	1	2	4	2	3
Género Cocconeis	4	1	-	2	2
Género Navicula	30	48	25	101	85
Género Gomphonema	18	24	35	42	53
Género Cymbella	2	10	5	4	17
Género Nitzschia	17	15	8	25	48
TOTALES*	805	913	901	938	1031

* Número de organismos por conteo.

La tabla 5 indica el número total de organismos calculado.

Tabla 5. Número total de organismos algales calculado

ORG/100mL	MUESTREOS				
	I	II	III	IV	V
	223.611	253.611	250.277	260.555	286.388

La población total calculada permaneció relativamente constante, con un promedio de 254.888 org/100 mL.

Caracterización de la fauna béntica. La tabla 6 relaciona los macroinvertebrados detectados en la zona de estudio. Se colectaron 2.026 ejemplares pertenecientes a cuatro (4) Phyla, seis (6) Clases, trece (13) Ordenes, treinta y un (31) Familias y cuarenta y tres (43) Géneros.

Con excepción de los géneros *Chironomus*, *Pentaneura* y *Tubifex*, los cuales constituyen solamente el 2.5% de los ejemplares colectados, los demás organismos son indicadores de aguas limpias (ROLDAN, 1988, 1989; STUMM Y MORGAN, 1981). Los géneros dominantes fueron *Anacroneuria* (682 33.66%) (PLECOPTERA), *Leptonema* (361 17.8%) (TRICOPTERA), *Smicridea* (243 11.99%) (TRICOPTERA) y *Atanotolica* (131 6.46%) (TRICOPTERA). Estos géneros se agrupan funcionalmente según sus hábitos nutricionales en descomponedores y masticadores de material vegetal vivo (macrófitas y perifiton) y muerto (material vegetal ribereño alóctono) así como predadores (CUMMINS y MERRIT, 1985).

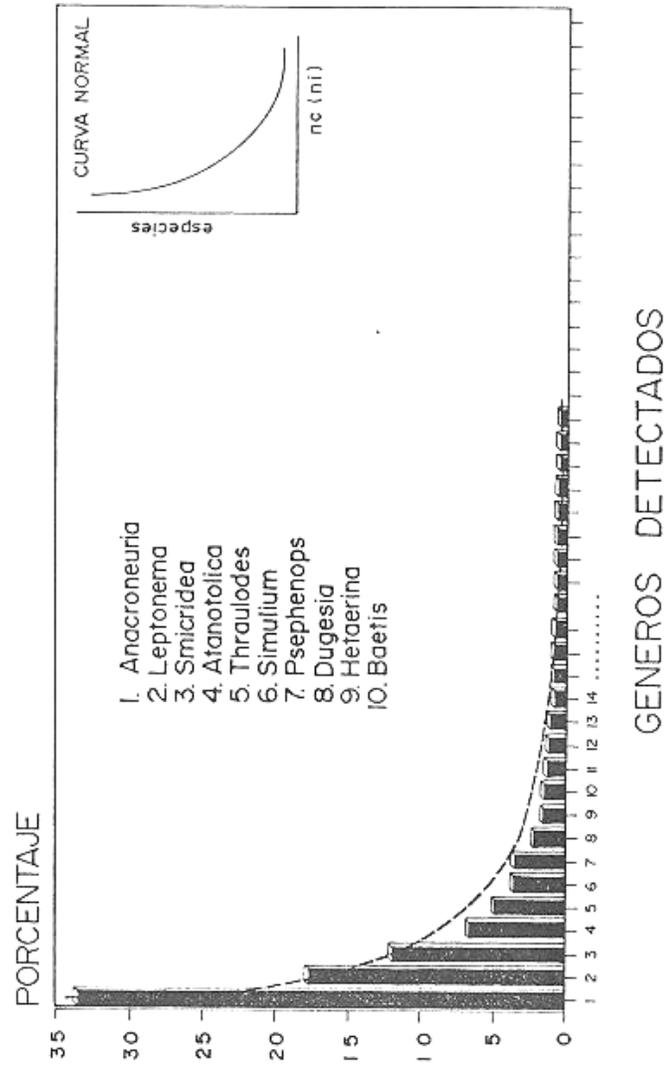
Es importante resaltar que la colección de los organismos se realizó en diferentes hábitats del río, a saber: comunidades perifíticas, zona de remanso, zona profunda, zona de remolinos, zona de rápidos, sobre rocas, sedimentos y sobre material alóctono acumulado en el río. La fauna colectada generalmente prefirió las zonas de asociación perifítica, caracterizada por el desarrollo de musgos (presumiblemente del

género *Sphagnum*) y comunidades ficológicas, las cuales pueden soportar todos los tipos de hábitos nutricionales para los macroinvertebrados acuáticos (HYNES, 1978). Igualmente, se observaron importantes poblaciones sobre el material alóctono acumulado en las zonas de corriente del río, donde se colectaron los especímenes de mayor tamaño, particularmente para el género *Anacroneuria*.

En las zonas de sedimentos y remansos se encontraron bajas poblaciones debido probablemente a la extracción de materiales (arena-piedra) a que es sometido el río, actividad que no permite la formación de hábitats propicios para el desarrollo de la biota.

El amplio desarrollo de las comunidades perifíticas y ficológicas detectadas en la zona de estudio puede explicarse fundamentalmente por el efecto de "pastoreo" realizado por los organismos. Este fenómeno del pastoreo produce una importante regeneración y circulación de los nutrientes tales como el fósforo y nitrógeno que mantiene las condiciones de equilibrio ecológico del ecosistema (MULHOLLAND et al., 1983). Como se mencionó anteriormente, a pesar de la presencia de grandes acúmulos de material alóctono, se mantienen las condiciones óptimas o normales.

GRAFICO 1. ESTRUCTURA DE LA
COMUNIDAD BENTICA



Indice de Diversidad Global: 3.40

GRAFICO 1

TABLA 6. Número de individuos de macroinvertebrados acuáticos colectados en el río Palacé.

GENEROS COLECTADOS	M U E S T R E O S							TOTAL
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
P. ARTROPODA								
Clase Insecta								
Orden Efemeroptera								
Familia Baetidae								
Género Baetis	1	8	3	1	6	2	7	28
Familia Leptophlebiidae								
Género Thraulodes	54		2	3	16	14	10	99
Género Traverella			1		16			17
Familia Tricorythidae								
Género Tricorythodes			1	1	5	2	3	12
Género Leptohyphes	4		1	1	10	3	2	21
Familia Oligoneuriidae								
Género Lachlania		3	1	1		7	1	13
Orden Coleoptera								
Familia Elmidae								
Género Zaitavia	1			2	1	5	4	13
Género Macronus	1	1		2	3	1	2	10
Género Cylloepus	1			1				2
Género Phanocerus		1	4	2	1		3	11
Género Promoresia	1		1	3	4	2	3	14
Género Heterelmis		2	4	2	4	2	3	17
Familia Psephenidae								
Género Psephenops	5	19	8	15	9	11	4	71
Familia Hydrofilidae								
Género Cymbiodita		3						3
Orden Tricoptera								
Familia Helicopsychidae								
Género Helicopsyche		1	2	8	1	3	3	18
Familia Hydropsychidae								
Género Leptonema	28	45	76	32	22	142	16	361
Género Smicridea	30	35	55	27	9	75	12	243
Familia Leptoceridae								
Género Atanatolica	10	18	25	19	3	41	15	131
Familia Hidroptilidae								
Género Ochrotrichia					1	2		3
Familia Rhyacophilidae								
Género Atopsyche							1	1
Orden Diptera								
Familia Tipulidae								
Género Molophilus		1						1
Género Hexatoma	2							2
Familia Ceratopogonidae								
Género Megistocera		2						2
Familia Muscidae								
Género Lispe					1			1
Familia Chironomidae								
Género Chironomus	4		2	18	2			26
Género Pentaneura	1	8		2	3	3		17

Familia Blepharoceridae Género Agathan				1				1
Familia Simuliidae Género Simulium				55	3	15		73
Familia Empididae Género Chelifera				1				1
Familia Tabanidae Género Tabanus						1		1
Familia Sin identificar Género Sin identificar				2				2
Orden Plecoptera Familia Perlidae Género Anacroneuria	50	47	92	277	54	127	35	682
Orden Megaloptera Familia Corydalidae Género Corydalus	5		4	7	1	3	1	21
Orden Hemiptera Familia Naucoridae Género Cryphocricus Género Helocoris						1 1		1 1
Orden Odonata Familia Libellulidae Género Macrothemis							1	1
Familia Calopterygidae Género Hetaerina						21	9	30
Clase Arachnoidea Orden Acari Familia Hydrachnidae Género Sin Identificar				1	8			9
P. PLATELMINTOS Clase Turbellaria Orden Tricladida Familia Planariidae Género Dugesia			4	1	14		10	14
P. ANNELIDA Clase Oligochaeta Orden Haplotaxida Familia Tubificidae Género Tubifex			6		2			8
P. MOLLUSCA Clase Gasteropoda Orden Pectinibranchia Familia Valvatidae Género Valvata	1						1	2
Clase Pelecypoda (Bivalvia) Orden Eulamellibranchia Familia Sphaericidae Género Pseudium Género Sin Identificar	1	1		11				1 12
TOTAL	206	199	297	505	173	496	150	2026
INDICE DE DIVERSIDAD	2.55	3.04	2.79	2.61	3.45	3.04	3.73	3.40

El índice de diversidad osciló entre 2.55 y 3.73, con un índice global de 3.40, indicando un ecosistema de alta diversidad, el cual es similar a los calculados para otros ecosistemas no y medianamente intervenidos de la región, tales como los ríos Blanco, Molino, Ejido, Cauca, Napi, Guají, Timbiquí y Micay (ZAMORA et al., 1981, 1982 y 1983, 1989; VASQUEZ et al., 1984, 1990). La gráfica de la estructura de la comunidad para la zona de estudio se asemeja a la curva normal (ver figura 2).

PRESUPUESTOS DE NUTRIENTES.

Aportes alóctonos de nutrientes. La zona de estudio se localiza en áreas de relictos de vegetación primaria que forma bosques en galería a lo largo de las riberas del ecosistema en estudio. La especie dominante es Roble (*Quercus humboldtii*), presentándose además, Carbonero (*Calliandra sp.*) Mimosaceae; Nacedero (*Trichanthera gigantea*) Acantaceae;

Mortiño (*Miconia sp.*) Melastomataceae; Cascarillo colorado (*Cinchona sp.*) Rubiaceae; Guamo (*Inga sp.*) Leguminosaceae; Yarumo (*Cecropia sp.*) Moraceae; Guayabo (*Psidium sp.*) Myrtaceae; Cucharó (*Clusia sp.*) Clusiaceae; Carne de Fiambre (*Ropala ovovata*) Proteaceae; Galvis (*Cassia belutina*) Cesalpiniaceae; Palo Bobo (*Heliocarpus popayanensis*) Heliconiaceae.

La altura del dosel arbóreo superior del bosque osciló entre 20 y 32 m con un diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio de 1.3 m. El dosel medio osciló entre 10 y 19 m con un DAP promedio de 0.8 m y el dosel inferior osciló entre 2 y 9 m con un DAP promedio de 0.4 m. La densidad promedio calculada fue de 1 árbol por m². La cobertura se calculó en 92%.

La tabla 7 muestra los valores de materia orgánica aportada por el bosque en las parcelas de estudio localizadas en el sector interno.

Tabla 7. Materia orgánica producida por el bosque ribereño (g/m²)

DIAS	HOJAS	TALLOS	SEMILLAS	RAICES	OTROS	TOTAL	ACUMULADO
63	46,15	61,80	1,80	0,33	0,12	110,20	110,20
97	53,60	25,40	1,40	0,28	0,47	81,15	191,35
145	49,00	17,30	1,30	0,16	0,05	67,81	259,16
186	67,70	12,30	8,75	5,60	0,73	95,08	354,24
Total	216,45	116,80	13,25	6,37	1,37	354,96	
%	61,10	32,99	3,74	1,79	0,39	100,00	

Para el período de trabajo se colectó un total de 354.24 g/m², siendo las hojas (61,10 %) el principal aporte de materia orgánica, seguido de tallos (32,99 %). Los datos obtenidos permiten calcular una producción de materia orgánica, en términos de peso seco y para las formas descritas anteriormente de 0,019 ton/ha/día, que equivale a una producción de 6,9 ton/ha/año. Un estudio similar realizado en la Ciénaga de Chucurí

(Santander, Colombia) (MORENO et al., 1987) reportó 9.3 Tn/Ha/año. Estos valores son similares a valores referenciados por otros autores para bosques ecuatoriales, los cuales reportan producciones de este tipo de material de 10 Ton/Ha/año (EWUSIE, 1978).

La tabla 8 muestra los valores de materia orgánica recolectada en las parcelas localizadas en la orilla del río.

Tabla 8. Materia orgánica colectada en la orilla del río (g/m²)

DIAS	PARCELAS	ORILLA	%
63	110,20	28,5	25,86
97	81,15	14,0	17,25
145	67,81	55,0	81,11
186	95,08	71,5	75,19
Total	354,24	169,0	47,71

Se colectaron un total de 169,0 g/m², que equivale a un 47,71 % del material colectado en el interior del bosque. Dado que el sector seleccionado para la localización de estas parcelas carece de cobertura vegetal, el material colectado proviene del sector boscoso aledaño, siendo arrastrado por escorrentía principalmente y vientos en menor proporción. La producción de material que alcanzó las riveras del río se calcula en 3,3 Ton/Ha/año. Algunos investigadores han propuesto que la materia orgánica de origen vegetal que alcanza a llegar a los ríos ejerce un gran impacto, creando o modificando hábitats y aportando nutrientes para el ecosistema, lo que

permite el establecimiento de diferentes comunidades biológicas (VANNOTE et al., 1980).

El material colectado en el interior del río sobrepasó los valores encontrados para las otras parcelas. Esto se explica en el arrastre del material caído en otros sectores del río y que alcanzó las parcelas.

Velocidad de degradación de nutrientes alóctonos. La tabla 9 muestra las variaciones en el peso del material vegetal alóctono producido por el consumo.

Tabla 9. Variaciones en el peso del material alóctono

ORIGEN DEL MATERIAL ALOCTONO	PESO INICIAL (grs)	MESES				
		I	II	III	IV	V
<i>Quercus humboldtii</i>	15	14,2	12,5	11,6	8,9	7,5
<i>Nectandra sp.</i>	13	12,7	11,5	11,0	9,4	8,2
<i>Clusia sp.</i>	25	22,7	18,5	17,0	15,0	12,0
<i>Tibouchina sp.</i>	15	10,0	6,0	3,0	2,5	0,0

El material proveniente de *Tibouchina sp.* fué el que mostró mayor velocidad de degradación,

consumiéndose en un 100 % después de 5 meses. Le siguió *Clusia sp.*, la cual se degradó

en un 52 %, *Quercus humboldtii* en un 50 % y *Nectandra sp* en un 36,92 %. Los valores obtenidos nos permiten estimar, de una manera preliminar, que se requiere de un período de 12 meses en promedio para realizar el reciclaje total del material alóctono que llega al río. La degradación del material fué realizada por microorganismos, especialmente bacterias y actinomicetales, y por la fauna béntica. A este particular, cabe destacar la presencia de diversos géneros de macroinvertebrados, los cuales pudieron ser colectados en el material colocado en las canastas. Entre los géneros más frecuentemente detectados están *Atanotolicia* y *Leptonema* (Tricoptera), *Thraulodes* (Ephemeroptera), *Anacroneuria* (Plecoptera) *Zaitavia*, *Heterelmis* y *Promoresia* (Coleoptera), *Dugesia* (Tricladida) y un género sin identificar presumiblemente del orden Acari.

La degradación por microorganismos se caracterizó por una actividad celulítica, la cual se manifestó por el consumo del material blando, dejando las porciones lignificadas prácticamente intactas .

La degradación por macroinvertebrados se caracterizó por la pérdida de porciones enteras, incluyendo material lignificado. La población microbiana desarrollada sobre el material alóctono aumenta el valor nutritivo del mismo, especialmente en cuanto al contenido protéico (POMEROY, 1983). Esto se constituye en una ventaja especial para los organismos consumidores de este material. Reviste especial importancia, que el material vegetal alóctono representa el primer nivel en los flujos de materia y energía de los ríos y lagos de montañas y piedemontes boscosos (SALAZAR y WEIBEZAHN, 1983).

Origen de los nutrientes autóctonos. No fueron realizadas determinaciones cuantitativas debido a limitaciones técnicas y metodológicas. El análisis es netamente cualitativo y descriptivo, basándose en la identificación de los potenciales productores y en el desarrollo de las comunidades asociadas.

Durante el tiempo de investigación pudo

observarse el desarrollo de comunidades perífíticas y epilíticas, conformada por un musgo, presumiblemente del género *Sphagnum*, y diferentes tipos de algas pertenecientes a los grupos descritos anteriormente (ver tabla 4).

La colonización de los diferentes sustratos ocurre lentamente y es facilitada por la secreción de sustancias que actúan como cementos celulares, permitiendo la adhesión de los organismos. Esta colonización es llevada a cabo por microorganismos fundamentalmente (bacterias y actinomicetos) y es facilitada por la presencia de material orgánico alóctono.

Posteriormente ocurre una sucesión primaria, donde se desarrollan principalmente comunidades ficológicas que favorecen la aparición de otros grupos como los protozoos, nemátodos y microcrustáceos. El microecosistema formado va adquiriendo mayor espesor debido a la acumulación de material inorgánico (sedimentos), desarrollando una especie de "suelo acuático", donde es posible el crecimiento del musgo señalado.

En este ambiente se detectó la mayor población de organismos, especialmente de macroinvertebrados, lo que hace suponer que estas asociaciones descritas constituyen la principal fuente de nutrientes autóctonos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En términos generales, el río Palacé mostró en el área de estudio características similares a otros ecosistemas estudiados en la región.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la biota en general. Las fluctuaciones observadas se deben básicamente a fenómenos naturales. Es necesario establecer los efectos de actividades antrópicas, tales como la extracción artesanal de materiales para la construcción, las actividades agropecuarias, el lavado de cabuya y la deforestación.

Los niveles poblacionales de bacterias y algas detectadas son normales en este tipo de ecosistemas y son los adecuados para la degradación de la materia orgánica en el ecosistema y la producción de nutrientes autóctonos respectivamente.

Las asociaciones ficológicas encontradas son típicas de estos sistemas lóticos y reflejan condiciones normales en el ecosistema. En las asociaciones microbianas predominaron las bacterias y las algas bacillariophyceas conocidas comúnmente como "Diatomeas". El género dominante fué *Synedra*, que al igual que las otras diatomeas detectadas se encuentra en las comunidades epilíticas y perifíticas de los ecosistemas acuáticos con subsidios de energía por parte de la vegetación ribereña y presencia de materiales silicificados.

La mayoría de las algas verdes observadas son organismos de tipo filamentosos, los cuales contribuyen en la formación de amplias "floraciones" cubriendo las rocas y otros sustratos, que forman hábitats y microhábitats para el desarrollo de otras especies.

El índice de diversidad osciló entre 2.55 y 3.73, con un índice global de 3.40, el cual indica un ecosistema de alta diversidad. La gráfica de la estructura de la comunidad para la zona de estudio se aproxima a la curva normal.

Los datos obtenidos permiten calcular una producción de materia orgánica, representada en hojas, tallos, flores y frutos, de 0,019 ton/ha/día, que equivale a una producción de 6,9 ton/ha/año. Estos valores son similares a otros referenciados por autores para bosques ecuatoriales.

Del total de materia orgánica producida en el ecosistema, 3,3 ton/ha/año alcanzaron el cuerpo de agua, equivalente al 47,6 % del total de material producido. La escorrentía por la precipitación fué el factor más importante en el arrastre de los materiales alóctonos.

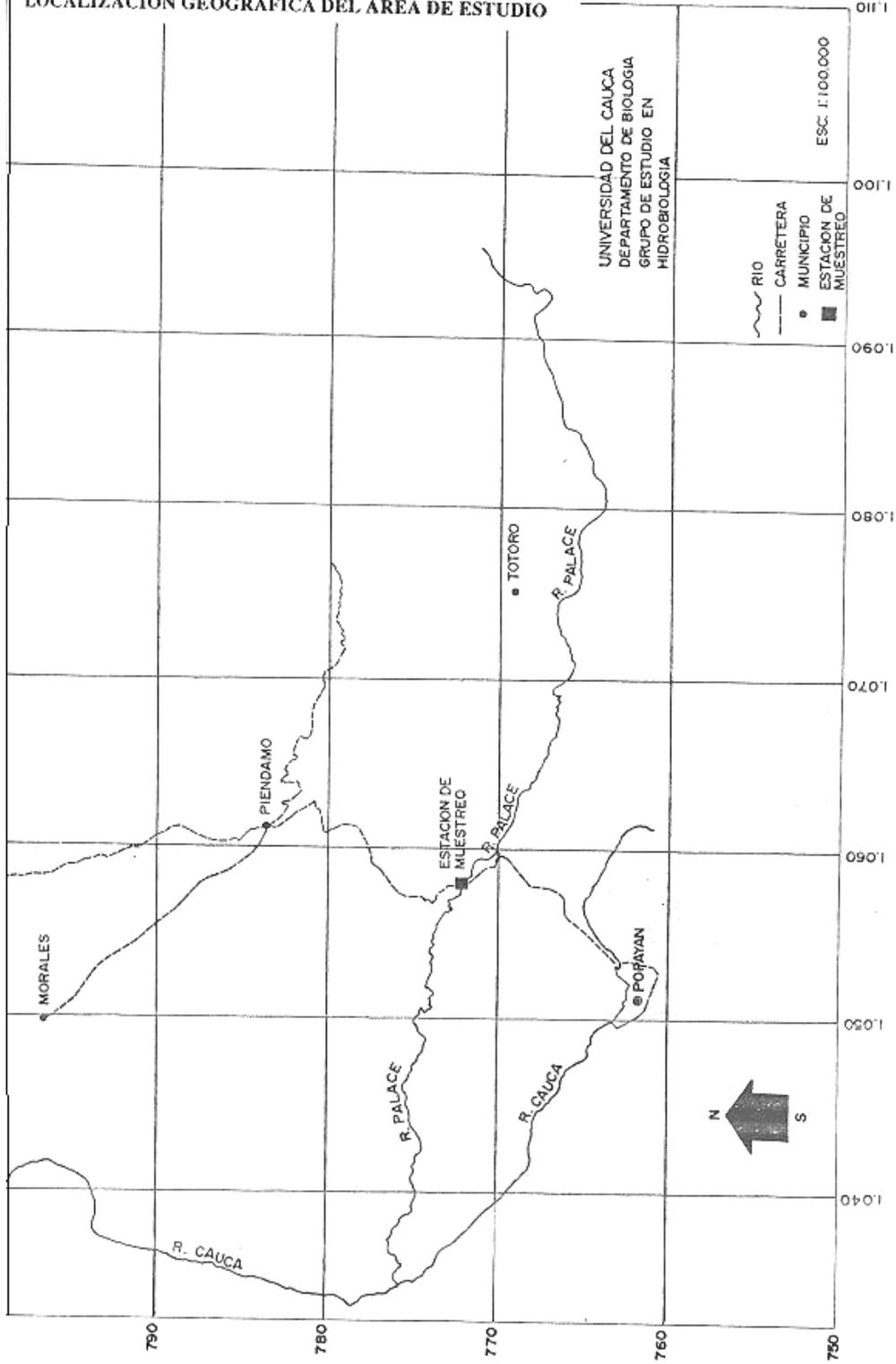
Los datos preliminares nos permiten establecer que el material alóctono requiere de períodos entre seis a doce meses para ser degradado completamente por parte de las comunidades microbianas y de macroinvertebrados. *Tibouchina sp.* mostró ser el material de más fácil y rápida degradación, mientras que el de más lenta degradación fué *Nectandra sp.*

La producción de nutrientes autóctonos es llevada a cabo por las comunidades perifíticas y epilíticas detectadas, las cuales están conformadas fundamentalmente por algas y musgos.

Es importante la realización de este tipo de estudios en otros ecosistemas de la región y durante períodos más extensos, superiores a los doce meses, con el fin de establecer los procesos de circulación de nutrientes y energía y los cambios sucesionales y estacionales de las comunidades detectadas. Igualmente, es trascendental el desarrollo de metodologías y técnicas que permitan determinar la cantidad de material autóctono producido en los sistemas acuáticos lóticos.

El entendimiento de los procesos de interacción entre el medio agua y el ecosistema aledaño es la única forma de proponer pautas para el desarrollo de planes de manejo y de utilización racional y sostenida de ambos tipos de sistemas.

LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO



BIBLIOGRAFIA

- . AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION APHA. 1985. Standard methods for the determination of water and wastewater. 15th Ed. Washington, D.C.: APHA.
- . ARRIGNON, J. 1984. Ecología y piscicultura de aguas dulces. 2da. Ed. Madrid: Ediciones Mundiprensa.
- . BICUDO, C. & BICUDO, R.M. 1970. Algas de aguas continentais brasileiras. Sao Paulo: Fundação Brasileira para o desenvolvimento do ensino de ciencias.
- . BOURRELLY, 1985. P. Les algues d'eau douce. Paris: Société Nouvelle des Editions Boubée.
- . BOYD, C. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn: Agricultural Experiment Station, Auburn University. USA.
- . BROWN, M. 1984. Mangrove litter production and dynamics. In: The Mangrove Ecosystem: research methods. Samuel c. Snedaker and Jane E. Snedaker Eds. Paris.
- . CUATRECASAS, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Bogotá: Separata Rev. Ac. Col. Ci. Ex. Fís. y Nat., Vol. X, No. 40.
- . CUMMINS, K., and MERRIT, G. 1985. Ecology and distribution of aquatic insects. Ecology, Vol. 6:59-65.
- . ESTEVES, F. 1988. Fundamentos de limnología. Rio de Janeiro: Editora Interciencia, Ltda. 574 pp.
- . ESPINAL, I. s. Y MONTENEGRO, E. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Bogotá.
- . EWUSIE, J. Y. 1978. Elements of tropical ecology with reference to the African, Asian, Pacific and New World Tropics. London: Heinemann.
- . FELL, J.W. and MASTER, I.M. 1984. Litter decomposition and nutrient enrichment. In: The Mangrove Ecosystem: research methods. Paris: Samuel C. Snedaker and Jane E. Snedaker Editors.
- . HINO, K. y TUNDISI, J. 1984. Atlas das algas da represa do Broa. Sao Carlos: Departamento de Ciencias Biológicas, Universidade Federal de Sao Carlos. 1984.
- . HIRSCH, P. 1983. Some thoughts on and examples of microbial interactions in the natural environmental. pp:3653.
- . HYNNES, . 1978. The ecology of running waters.
- . MARGALEF, R. 1980. Ecología. Barcelona: Ediciones Omega, S. A. 951 pp.
- . MORENO, L. F., GARCIA, L. C. y MARQUEZ, M. 1987 Productividad e importancia del bosque ripario del complejo de ciénagas del Chucurí (Departamento de Santander, Colombia). Actualidades Biológicas, Vol. 16, No. 61:93-102
- . MULHOLLAND, P, NEWBOLD, J.D. ELWOOD, J., and HOM, C. 1983. The effect Of grazing intensity on phosphorous spiralling in autotrophic streams. Oecologia, Vol.58:358-366.
- . NEEDHAM, J. y NEEDHAM, P. 1982. Guía para el estudio de los seres vivos de aguas dulces. Barcelona: Editorial Reverté, S. A. 131 pp.
- . POMEROY, L. 1983. Microbial roles in aquatic food webs. pp: 85-103.
- . PRESCOTT, G.W. 1984. How to know the freshwater algae. 3rd Ed. Dubuque: Wm. C. Brown Company Publishers.
- . RODIER, J. 1981. Análisis de las aguas naturales, residuales y de mar. Barcelona: Ediciones Omega. pp:790.

- ROLDAN, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Medellín: Centro de Investigaciones, Universidad de Antioquia. 1988. 217 pp.
- ROLDAN, G. 1989. Manual de Limnología. Medellín: Ediciones Previas, Universidad de Antioquia. 239 pp.
- SALAZAR, C.V. y WEIBEZAHN, F.H. 1983. Cambios químicos en las hojas de *Inga edulis* al caer en un río tropical. Caracas: Act. Biol. Ven., Vol 11 (4): 126.
- STUMM, W. & MORGAN, J. 1981. Aquatic chemistry. An introduction emphasising chemical equilibria in natural waters. New York: John Wiley & Sons. 780 p.
- SUAREZ, A., HURTADO, G., CARVAJAL, F., RODRIGUEZ, J. y RODRIGUEZ, R. 1984. Bosques de Colombia. Memoria Explicativa. Bogotá, D.E.: IGAC-INDERENA-CONIF.
- TRISKA, F., and CROMACK, K. 1980. The role of wood debris in forest and streams. Corvallis: Proceedings of the 40th annual biological colloquium in Forest: fresh perspectives from ecosystem analysis. Oregon State University Press.
- VANNOTE, R., MINSHALL, G., CUMMINS, K., SEDELL, J., and CUSHING, C. 1980. The river continuum concept. Montreal: Can. J. Fish Aquat. Sci., Vol.37: 130137.
- VASQUEZ, G. ZAMORA, H y NAUNDORF, G. 1984. Estudio limnológico e ictiológico de la cuenca alta del río Cauca. Popayán: Departamento de Biología, Universidad del Cauca. Informe de Proyecto.
- VASQUEZ, G. ZAMORA, H y NAUNDORF, G. 1990. Estudio hidrobiológico del río Cauca en el sector comprendido entre el embalse de "La Salvajina" y el puente de "El Hormiguero". Popayán: Revista Novedades Colombianas, Nueva Epoca; No. 2. Octubre.
- WETZEL, R. 1983. Limnología. Barcelona: Ediciones Omega, S. A. 565 pp.
- WETZEL, R & LIKENS, G. 1979. Limnological analyses. Philadelphia: W. B. Saunders Company. p 147.
- YACUBSON, S. 1974. Catálogo e iconografía de las Chlorophytas y Cyanophytas de Venezuela. Maracaibo: Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad del Zulia.
- ZAMORA, H., NAUNDORF, G y ZAMBRANO, L. 1981. Niveles de contaminación del río Molino con base en sus características fisicoquímicas y biológicas. Popayán: Departamento de Biología, Universidad del Cauca. Informe de Proyecto.
- ZAMORA, H., NAUNDORF, G y ZAMBRANO, L. 1982. Niveles de contaminación del río Ejido con base en sus características fisicoquímicas y biológicas. Popayán: Departamento de Biología, Universidad del Cauca. Informe de Proyecto.
- ZAMORA, H. NAUNDORF, G. y VASQUEZ, G. 1983. Estudio limnológico e ictiológico del río Blanco. Popayán: Departamento de Biología, Universidad del Cauca. Informe de proyecto.
- ZAMORA, H., NAUNDORF, G. y VASQUEZ, G. 1989. Estudio de recursos hidrobiológicos del Andén Pacífico Caucaño I Fase. Popayán: Universidad del Cauca Fundación Universitaria de Popayán. Informe de Proyecto.