

PRIMEROS DATOS PARA UNA TIPOLOGIA ECOLOGICA DE LOS RIOS DE ALTURA
EN LA REGION DE LA PAZ

J.G. WASSON ^x R. MARIN ^{xx}

1. INTRODUCCION

La administración racional de los recursos hídricos requiere un buen conocimiento de las características y potencialidades de los medios acuáticos. Pero, para caracterizar los ríos y evaluar sus potencialidades, es necesario entender el funcionamiento del ecosistema. Sin embargo, muy pocos estudios han sido realizados en cursos de agua de montañas intertropicales, y no existe ningún sistema de referencias para las regiones andinas y subandinas. Por lo tanto, el objetivo final de las investigaciones iniciadas en junio de 1987 es sentar las bases de una tipología ecológica de los ríos en la región de La Paz, que presenta tipos de recursos muy contrastados.

Muchos trabajos se han centrado en la clasificación de aguas corrientes, más que todo en regiones templadas. Los principales sistemas han sido revisados por WASSON (1988). De este análisis sobresale que en las zonas intermedias (3 - 50 m de ancho), las condiciones regionales y locales son más importantes para explicar la naturaleza de las poblaciones y el funcionamiento ecológico de un tramo que la ubicación de este tramo en la red hidrográfica. En consecuencia, se deben buscar los elementos básicos de una tipología de los ríos dentro de las características de los valles (cf. HYNES, 1975), y dentro de una clasificación de las cuencas bajo criterios geológicos, geomorfológicos y climáticos (cf. LOTSPEICH, 1980) que condicionan los caracteres del régimen hidrológico y de la físico-química del agua.

Entre las regiones ecológicas definidas bajo esos criterios, los ríos pueden ser divididos en tramos homogéneos según sus bases morfológicas y dinámicas. Luego, estaciones representativas de los tramos más importantes son estudiadas de manera profunda durante un ciclo anual. Una aproximación por compartimientos (fig.1) permite obtener datos cuantitativos sobre las poblaciones

^x ORSTOM, CP 8714, La Paz-Bolivia

^{xx} Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia



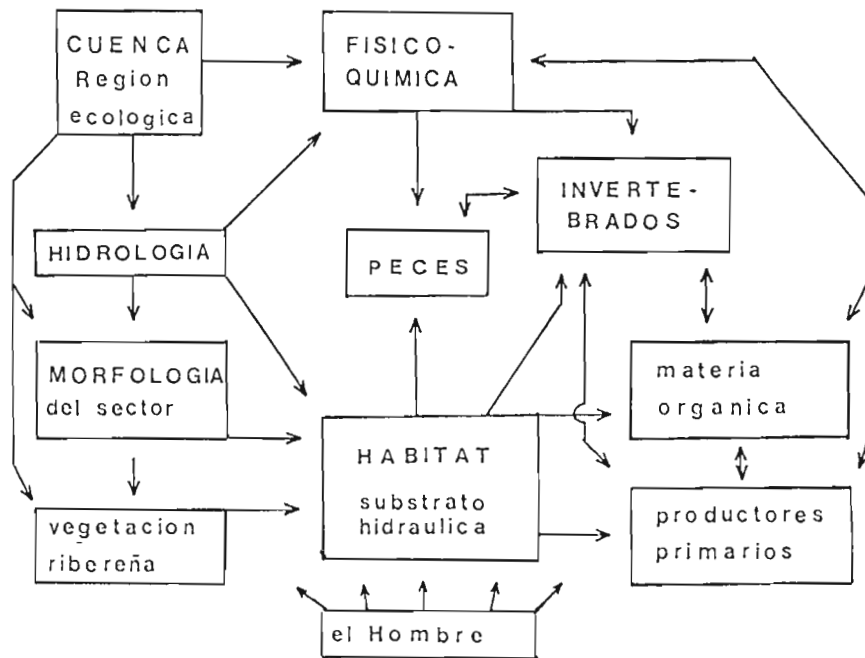


Figura 1

Los compartimientos del ecosistema aguas corrientes.

y los parámetros abióticos que pueden intervenir como "factor-clave" del funcionamiento ecológico. Dentro de una región ecológica, los resultados podrían ser ampliados a los tramos que presentan una morfología similar a aquella de la estación estudiada. La finalidad de esta tipología sería de servir como material de consulta para la administración de los recursos.

2. MATERIAL Y METODOS

La clasificación inicial de las cuencas ha sido realizada con mapas temáticos y prospección de campo. Los datos hidrológicos provienen de trabajos del PHICAB, con medidas complementarias; los análisis químicos son realizados también bajo la responsabilidad de este proyecto.

El hábitat acuático, o sea la combinación del substrato y de las condiciones hidráulicas, es descrito sobre las estaciones representativas usando los métodos desarrollados en el CEMAGREF (Francia). La descripción del substrato (según MALAVOI, 1986) incluye medidas de la granulometría superficial, y observaciones sobre la estructura. El protocolo para las medidas hidráulicas es una derivación de aquel de BOVEE (1982), adaptado por TROCHERIE *et al* (1987). Cada estación es descrita por un cierto número de transectos (8 a 15) sobre los cuales son observados la velocidad de la corriente, la altura del agua, el substrato, y otros parámetros de interés biológico. Estos datos, complementados por un levantamiento topográfico, son computarizados para describir (y cartografiar) la situación observada, y modelizar las condiciones hidráulicas para varios caudales; lo cual sirve para calcular el valor de hábitat para algunas especies de Salmónidos.

El muestreo de los invertebrados bénticos está diseñado para obtener una imagen cuantitativa de la población global de una estación. (cf. WASSON et al., 1981). Seis muestras son tomadas con una red SURBER (Área: 0,1 m², malla : 0,250 mm) en los habitats más representados. El material es fijado en formol a 5%. Los invertebrados son separados usando tamices de 5 mm, 2,5 mm y 0,630 mm. Para cada tamis, los individuos son determinados, contados y agrupados por taxa, secados durante 4 horas a 95°C y pesados después de 24 hrs. en el desecador. Los datos de biomasa son corregidos en función a las variaciones de peso ocasionadas por la fijación en formol.

La materia orgánica béntica y la vegetación macroscópica recolectadas con las muestras de invertebrados son lavadas y recuperadas con tamices de 5 mm, 1 mm y 0,250 mm. Cada fracción es secada durante 4 horas a 55°C, pesada después de 24 horas en el desecador y carbonizada a 550°C para lograr un peso seco sin cenizas.

La clorofila béntica es muestreada únicamente en substratos favorables al desarrollo de micrófitos, o sea de tamaño superior a la grava fina. La dosificación de la Clorofila es efectuada por el Instituto de Química de la U.M.S.A., por espectrofotometría a 663 micrometros, usando la fórmula de TALLING-DRIVER .

3. RESULTADOS

3.1. Clasificación de las cuencas

En los alrededores de la ciudad de La Paz, se distinguen dos grandes conjuntos de rocas : la Cordillera Real y la depresión del Altiplano rellena de sedimentos . Los caracteres geomorfológicos y climáticos permiten subdividir estas zonas geológicas. (cf. fig.2).

Al Oeste de la Cordillera Real, el nivel de base de los ríos está constituido por el lago Titicaca a 3810 m.s.n.m. Los 11 valles glaciares que se suceden entre La Paz y el Illampu, presentan todos una misma secuencia de zonas, ilustrada por el ejemplo del valle de Hichu Khota (fig.3). Río arriba, barreras glaciares determinan un perfil en gradas; los fondos de valles están ocupados por lagos, inundaciones o zonas de pendiente muy débil donde los ríos desarrollan lechos muy sinuosos y anastomosados. Luego, los ríos atraviezan colinas morenicas, con lechos de pendiente promedio y poco sinuosos. Al nivel del Altiplano, las pendientes disminuyen y los lechos asumen una morfología sinuosa o trenzada en aluviones gruesos.

Al Este, los niveles de base se sitúan en las barreras subandinas, entre 1000 y 400 m.s.n.m. Los ríos de esta vertiente caen cerca de 4000 m en menos de 40 km. Los valles son profundamente disectados y los lechos poco sinuosos. A veces, se produce la formación de zonas trenzadas con sedimentos muy gruesos.

La Cordillera constituye también una barrera climática muy marcada, determinando volúmenes de precipitaciones mucho menores al Oeste que al Este. La parte superior de la cuenca Amazónica

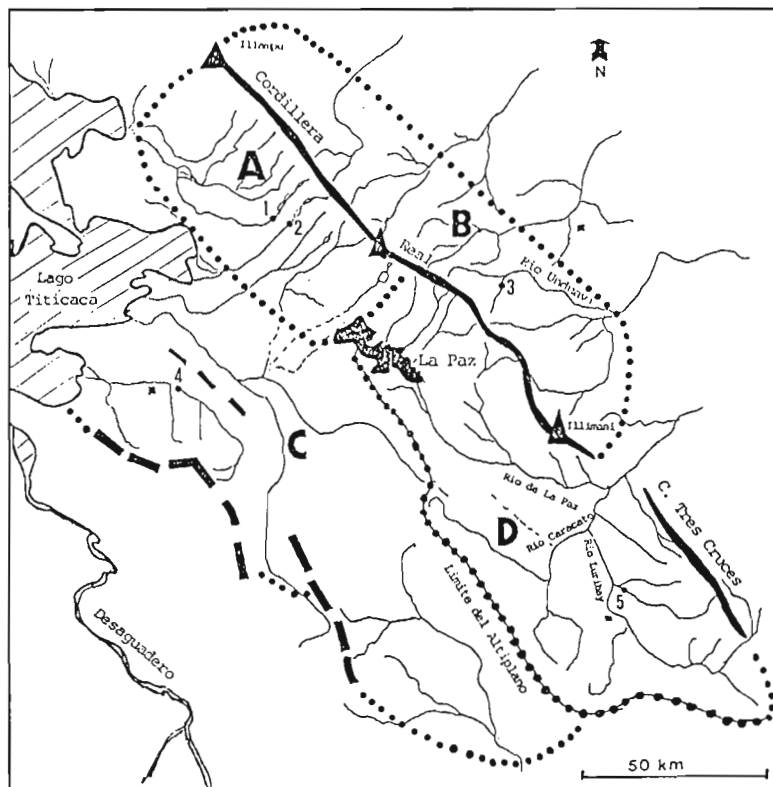


Figura 2

Mapa de la zona estudiada

recibe 4000 mm anuales, el Altiplano Norte 500 a 800 mm y los valles de La Paz y Luribay, 300 a 500 mm (ROCHE & ROCHA, 1985; ROCHE et al., 1986).

Entre el Illimani y la Cordillera Tres Cruces existe una brecha, con un paso cerca a 1700 m.s.n.m., por la cual desaguan hacia la Amazonía los ríos de la cuenca del río de La Paz. Estos ríos arrastran enormes cantidades de sedimentos. Los fondos de los valles están ocupados por lechos trenzados, extremadamente anchos (200 a más de 600 m), en los cuales corren cursos de pocos metros de ancho al estiaje.

En el Altiplano Norte, al Este del Desaguadero, los ríos se originan en serranías de alrededor de 4500-4700 m.s.n.m, y llegan rápidamente a la planicie con una pendiente muy débil. (cf. fig.3). Los lechos son sinuosos, pero relativamente estables, dentro de aluviones que contienen altas proporciones de arena y arcilla.

Finalmente se logra la distinción, en los alrededores de La Paz, de cuatro regiones ecológicas (cf. fig.2).

Región A: Cordillera Oeste .-

Región B: Cordillera Este .-

Región C: Altiplano Norte .-

Región D: Cuenca del río de La Paz .-

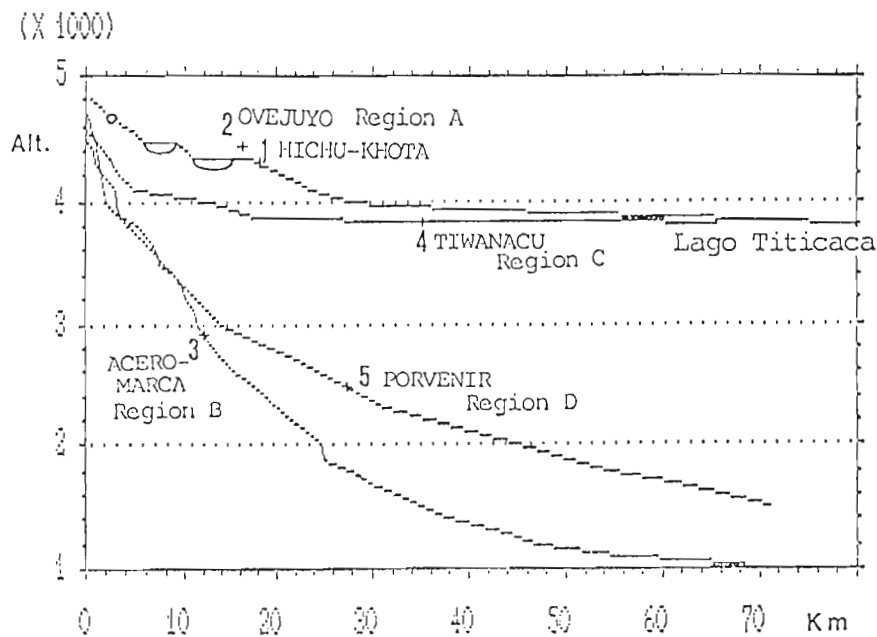


Figura 3
Perfiles de ríos representativos de las regiones ecológicas

3.2. Datos generales

3.2.1. Hidrología

Un ejemplo de régimen hidrológico válido para toda la región B es proporcionado por la estación de Puente Villa, río abajo de Unduavi. El hidrograma diario revela un régimen torrencial característico, con crecidas sumamente rápidas. El reporte de los caudales entre aguas altas (Enero - Marzo) y bajas (Julio - Septiembre) es de alrededor de 10, y el caudal específico medido es de 58 l/s/km^2 (GUYOT *et al.*, 1988). Para las otras regiones, aún cuando se observa la misma repartición anual entre las épocas húmedas y secas, los caudales no son conocidos. Los caudales específicos estimados son aproximadamente de 5 a 10 l/s/km^2 para la región A, 5 l/s/km^2 para la región C (LOZADA, 1985), y cerca de 11 l/s/km^2 para la región D (ESPINOZA, 1985).

3.2.2. Físico-química del agua

Los primeros datos, aún cuando muy parciales, revelan una distinción neta en la composición química de las aguas según la naturaleza geológica de los terrenos (cuadro N^o1).

Las aguas de la Cordillera tienen una conductividad baja, un pH neutro o ligeramente ácido, con muy pocos bicarbonatos. Opuestamente, las aguas del Altiplano y de los valles son muy conductivas, ricas en carbonatos, bicarbonatos y sulfatos, con un pH básico (cf. ROCHE *et al.*, 1986).

Sin embargo, desde un punto de vista biológico, el parámetro de más importancia parece ser la tasa de M.E.S. durante la época de lluvia. Esas tasas se mantienen bastante bajas en las altas cuencas de la cordillera, se elevan en el Altiplano, y se hacen enormes en los valles: más de 130 g/l en inicio de crecida, después de una época seca en el río Sapahaqui (cuenca del río

Cuadro 1

Parámetros Físico-químicos
Primeros Intervalos de las Tasas observadas (mg/l).

Región	A y B Cordillera	C y D Altiplano Valles
Conduct. (µS)	20 - 53	373 - 4760
pH	5,5, - 7,8	7,1 - 8,6
HCO ₃ -	11 - 35	99 - 432
CO ₃ -	0	1,8 - 11,4
SO ₄ --	2,1 - 5,2	110 - 276
Cl -	0,9 - 1,7	2,8 - 9,3
Ca ++	1,5 - 11	29 - 41,7
Mg ++	0,3 - 2	13,8 - 160
Na +	1,4 - 2,8	17 - 65,5
K +	0,3 - 2,7	3,5 - 13,5
M.E.S.	Maxi. 482	Maxi. 136 700

Cuadro 2

Características de las estaciones

Número Nombre y Código	Río Localización Altitud	Tipo morfológico Pendiente del sector Ancho del lecho promedio	Observaciones Perturbaciones	
A	est.1 Hichu-Khota HKH	Río Jacha Jahuira, río abajo Hichu Khota 4320 m.	Poco sinuoso 3,5% - 12 m.	Caudales influenciados por presas por uso agrícola. Crianza, pesca.
	est.2 Ovejuyo OVJ	Río Linco, río abajo Taypi Chaca 4260 m.	Muy sinuoso, anastomosado 0,5% - 20 m.	id.
B	est.3 Acero Marca ACM	Río Acero-Marca (afluente Unduavi) 3000 m.	Poco sinuoso 10% - 10 m.	Mina abandonada Población muy débil
C	est.4 Tiwanacu TWA	Río Tiwanacu 5 Km. antes de Tiwanacu. 3838 m.	Sinuoso 0,8% - 35 m.	Zona rural bastante poblada. Cultivos, crianzas, pesca.
D	est.5 Porvenir PRV	Río Porvenir (Confluencia del río Chíncha) 2.500 m.	Fuertemente trenzado 4,5% - 250 m.	Ensanchamiento del lecho desde hace 30 años. Erosión enorme. Productos fitosanitarios. Riego.

3.3. Estudios sobre estaciones representativas

5 estaciones han sido escogidas para el estudio detallado de las condiciones de habitat y de las poblaciones. (cf. fig. 2, 3 y cuadro II). En la región A, las estaciones 1 y 2 representan respectivamente los sectores de colinas morenicas y los sectores de fondo de valle (cf. 3.1).

3.3.1. Habitat acuático

El sustrato y la distribución de las velocidades son los factores más importantes para la repartición de los invertebrados. Para los peces, además de éstos, la altura del agua puede ser un factor crítico.

3.3.1.1. Substratos (fig. 4)

-Estación 1 .- Cinco sustratos han sido identificados; los bloques constituyen generalmente los elementos más gruesos, las rocas estando más esparcidas; los más finos son grava fina. El sustrato N^o5 tiene una granulometría apta para el desove de la trucha, pero se encuentra fuera del agua al estiaje. El conjunto del sustrato presenta una estructura de armadura, estable, con elementos lisos pero angulosos. La sub-capa está constituida por los mismos elementos, incluidos en una matriz de arena gruesa, relativamente permeable.

-Estación 2.- Los elementos más gruesos son los cascajos. El sustrato 1, depositado a granel en zonas con corriente, podría ser usado como un medio de fresa. El sustrato 2 está constituido por bancos más estables, con armadura. Un tercer sustrato está formado por una capa espesa de limo cuyo depósito es inducido por los macrófitos enraizados, muy desarrollados en esta zona. La sub-capa de arena y limo es compacta.

-Estación 3 .- El río Acero Marca ha sufrido en Noviembre de 1987 una crecida muy violenta que ha modificado profundamente el lecho de la estación, el cual parecía sin embargo muy estable. Los cinco sustratos identificados al inicio del trabajo no han podido ser muestraados, pero se puede presentar una imagen global de la granulometría del lecho anterior. Casi la mitad de los elementos tienen un diámetro superior a 25 cm y la grava gruesa es el elemento más fino. El conjunto del sustrato es de armadura, estable, con elementos rugosos y angulosos. La subcapa constituida de grava, cascajos y arena gruesa, tiene una porosidad elevada, aproximadamente del 20%. Un sustrato de cascajos depositado a granel detrás de algunas rocas podría constituir un lugar de desove.

-Estación 4.- Los cascajos son los elementos más gruesos. El sustrato 1 está localizado por encima de bancos estables e

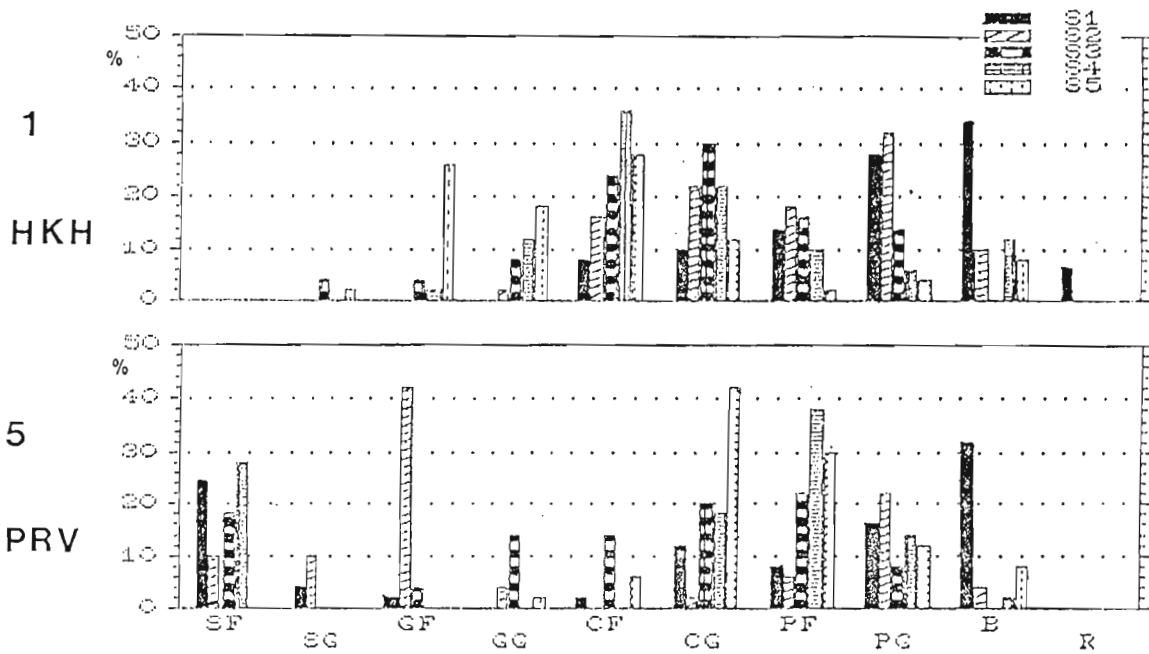
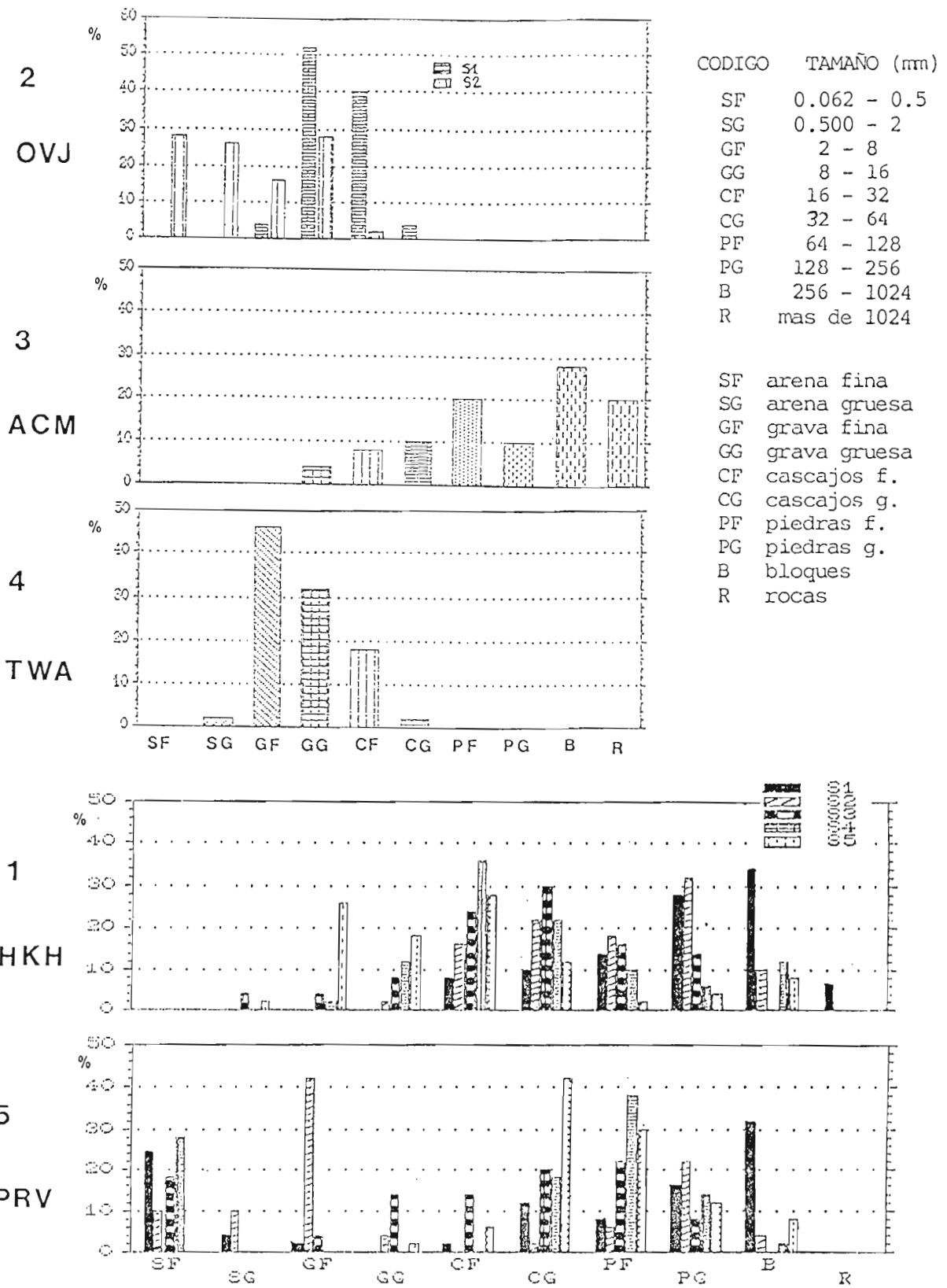


Figura 4

Granulometria superficial de los substratos.

inmersos sólo en aguas altas. El substrato 2, con armadura y bastante estable, se encuentra en zonas con corriente y permite la fijación de algas. La arena fina, depositada en capas a veces espesas en las zonas calmas, constituye un tercer substrato, muy extendido al estiaje. Esta arena, muy suelta, es arrastrada y transportada durante cada crecida. La subcapa de arena fina es muy poco porosa.

-Estación 5.- Los cuatro primeros substratos ocupan el lecho promedio, repartidos en manchas depositadas al azar en los desplazamientos de los canales activos. Están constituidos por una mezcla heterogénea de piedras y cascajos, y tienen una proporción constantemente alta de arena fina. La subcapa tiene casi la misma composición, mas limo. El substrato 5 fue descrito en el agua. Se distingue de los demás por su distribución unimodal, los elementos finos habiendo sido eliminados por la corriente. Este substrato tiene una estructura de armadura bastante estable sobre una subcapa idéntica a las demás. Pero, en el momento que la corriente alcanza una fuerza suficiente para arrastrar los cascajos gruesos que forman el elemento dominante de la armadura, todo el substrato se desestructura y se pone en movimiento. Este fenómeno ocurre a partir de las primeras crecidas, y probablemente a menudo durante la época de lluvias.

3.3.1.2. Descripción y modelización de las condiciones morfodinámicas

Hasta la fecha, solamente se han procesado los datos de la estación de Hichu-Khota. Las medidas han sido realizadas en aguas bajas.

- Substratos : Las asociaciones con predominancia de piedras son las más extendidas, pero una proporción importante del substrato está cubierto con una fina capa de limo, cuyo efecto biológico es negativo.

- Velocidades : La gama de velocidades es bastante diversa, pues cada segmento presenta un canal de escurrimiento rápido (> 50 cm/s) y zonas lentas (< 10 cm/s); estas ocupan una fracción notable de la estación.

- Altura de agua : Las alturas son inferiores a 30 cm en casi toda la estación, con una neta predominancia de las zonas con menos de 15 cm.

Los valores del habitat para diferentes estadios de la trucha marron (Salmo trutta fario L.) han sido calculados. El habitat se presenta muy desfavorable para los adultos, (inferior a 4% para toda la estación), siendo la altura del agua un limitante para este estadio. Por el contrario, el valor es bastante alto para los alevinos y juveniles (cerca de 40%). Una primera

modelización para un caudal de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, revela que los valores globales de habitat para los adultos y juveniles casi no cambian.

Teniendo en cuenta en régimen hidrológico y el período de reproducción de la Trucha arcoiris en esta región (desove máximo en Junio), llegamos a la conclusión que la estación de Hichu-Khota representa una zona interesante para el desarrollo de los alevinos y juveniles de Trucha, que luego podrán migrar hacia las lagunas cercanas.

En lo que concierne al manejo de la represa de Hichu-Khota, parece que un incremento del caudal de estiaje hasta $1 \text{ m}^3/\text{s}$ no debería afectar negativamente el habitat de los salmónidos.

3.3.2. Datos biológicos

3.3.2.1 Invertebrados

Los resultados que siguen deben ser reubicados en el contexto de una fauna acuática globalmente poco diversificada. (ROBACK et al., 1980; DEJOUX, 1988). 45 taxa, representando especies, géneros ó grupos más grandes, han sido encontrados durante las dos primeras campañas de muestreo correspondientes a la época seca (Agosto-Septiembre) y al inicio de las lluvias (Noviembre-Diciembre). Algunos grupos han sido determinados usando los primeros datos del catálogo de la fauna acuática del Altiplano. (DEJOUX, en prep.).

- Repartición faunística .- (cuadro N^o3)

Algunos taxa ubicuos se encuentran en las cinco estaciones (Hydroptilidae TB21 o Elmidae CB1); Baetis? peruvianus es también muy común, salvo en el Porvenir. El Plecóptero PB2 y los Tricladida, son limitados en la Cordillera (Regiones A y B). Los Anfipodos AB3, Moluscos MB2 (Gasterópodo) y MB1 (Ancyliidae), y los Erpobdellidae paracen limitados en la zona A. Los Dípteros reofílicos, Blephariceridae y Simuliidae, y los Efemeropteros Baetodes sp., se encuentran únicamente en el Acero Marca y el Porvenir que tienen corrientes más rápidas. Además algunos Taxa se restringen a una sola estación en la cual son abundantes y parecen ser característicos, como los Tricopteros TB2 (?Goeridae), TB11 (Psychomiidae), junto a los Leptophlebiidae EB2 y EB12 en Hichu-Khota; Se encuentran igualmente característicos los Sphaeridae MB3 en Ovejuyo, el Hydroptilidae TB16 en el Acero Marca y los Dytiscidae en Tiwanacu. Otros Taxa propios de una sola estación, pero raros, son los Tricopteros TB15 (Glossomatidae) TB18 y TB19 (Rhyacophilidae) en Hichu-Khota, y en el Acero Marca los Tricopteros TB4 (Helicopsychidae) y TB5 (Psychomiidae), Heterelmis sp. y un Psychodidae reofílico muy similar al género Maruina.

Estacion	H K H		O V J		A C M		T W A		P R V	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Taxa										
Rhyacophilidae TB 18	2				1					
Rhyacophilidae TB 19 19	1									
? Psychomyidae TB 11	9	9								
Glossosomatidae TB 15	3									
Hydroptilidae TB 21	4	6	2	6	6	1		5	5	
? Goeridae TB 2	6	7								
Rhyacophilidae TB 12		3			2	1				
Hydroptilidae TB 22			3				7			
? Psychomyidae TB 5					2					
Hydroptilidae TB 16					8					
Helicopsychidae TB 4					2					
Baetis ? peruvianus EB 4	10	9	5	3	8	4	9	2		
Leptophlebiidae EB 1	6	8			7	4				
Leptophlebiidae EB 2	5									
Leptophlebiidae EB 12	5									
Baetodes sp.						4			11	5
Plecoptera PB 2	7	6	2	2	7	2				
Plecoptera PB 3					4					
Elmidae CB1	9	11	8	8	5	1	13	8	1	1
Elmidae CB 2	10	11	8	7			9	2	3	
Elmidae CB 9	8		6				7			
Heterelmis sp. CB 3					1					
Dytiscidae							6			
Notonecta sp.		1								
Corixidae HB 1	1	2					6	3		
Tanypodinae	7	6	7		3	3	9		5	1
Orthoclaudiinae	7	7	11	8	10	9	3		7	3
Chironomi	6		1				12			
Forcypomyinae					2					
Limoniidae	7									
Tabanidae	1		1							
Empididae	3		1		7	1				
Anthonyinae	2	3			2	1	5			
Tipulidae ? Limonia		7			1			1	4	2
Blephariceridae					9	1			1	
Psychodidae ? Maruina sp.					2					
Simuliidae					7	5			6	
Amphipoda AB 3	4	1	9	8						
Hydracarina	5								2	
Gastropoda MB 2	3	1	6	8						
Ancylidae MB 1	6		10	8						
Sphaeridae MB 3			6	8						
Oligocheta	10	9	11	8	6	3	9	9		
Erpobdellidae	8	7	7	8						
Tricladida	9	7	6		4					

Cuadro 3

Lista faunística por clases de abundancia por m².

Intervalos de clases :

1: 0-4 ; 2: 4-8 ; 3: 8-16 ; 4: 16-32 ; 5: 32-64 ; 6: 64-128 ;
 7: 128-256 ; 8: 256-512 ; 9: 512-1024 ; 10: 1024-2048 ; etc...

- Poblaciones por estación .-

Consideramos Taxa dominantes en abundancia y biomasa (fig.5) y los parámetros globales de las poblaciones de cada estación para ambas campañas (cuadro N°4).

Estación Campaña	H K H		O V J		A C M		T W A		P R V	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Numero de taxa	28	19	18	12	23	14	14	8	10	7
Indice de Shannon	3.5	3	2.8	3.2	3	1	2	1.4	0.7	-
Abundancia total por m2 (x 1000)	9.6	8.1	9.5	3.35	4.2	1.1	18.6	1.3	3.4	0.08
Biomasa total g/m2	4.4	3.6	2.6	2.4	1.2	0.3	3.7	0.17	0.21	0.01
% de biomasa tamis 0.63 mm	42.3	77.6	62.7	45.8	43.9	65.3	72.6	100	100	100
tamis 2.5 mm	33	21.7	29.4	53.6	24.7	33	15.2	-	-	-
tamis 5 mm	24.7	0.7	7.9	0.6	31.5	1.7	12.2	-	-	-

Cuadro 4
Parametros globales de las poblaciones de Invertebrados.

- Estación 1 : El fenómeno más sobresaliente en Hichu-Khota es la predominancia en abundancia y biomasa para ambas campañas de los insectos Coleopteros (Elmidae), Tricópteros (Psychomiidae, (?Goeridae), Ephemeropteros (Baetidae) y Oligochetos. Los Irudineos y Tricladida son también dominantes en la primera campaña. Todos los parámetros biológicos revelan una población bastante rica y equilibrada.

Entre las dos campañas la abundancia y la biomasa total bajan ligeramente así como la diversidad, debido a una predominancia más marcada de los Elmidae y la desaparición de algunos taxa. Un cambio sobresaliente es la reducción de los invertebrados de talla grande (de 25% a 1% de tamaño > a 5 mm).

- Estación 2 : Los dominantes característicos de Ovejuyo son los Moluscos (Ancylidae y Sphaeridae) y los Anfípodos, acompañados por los Oligochetos, Orthocladinae y Elmidae. La diversidad y el número de taxa son más bajos que en Hichu-Khota, debido a un habitat menos diversificado. La biomasa es también más baja (se requiere hacer un restado del 50% de la biomasa de los moluscos por el peso de las conchas).

En la segunda campaña, la disminución importante de la abundancia de los Oligochetos y Orthocladinae afecta poco a la biomasa. Aquí también se nota la desaparición de algunos grupos y la reducción del tamaño promedio de los individuos. La población

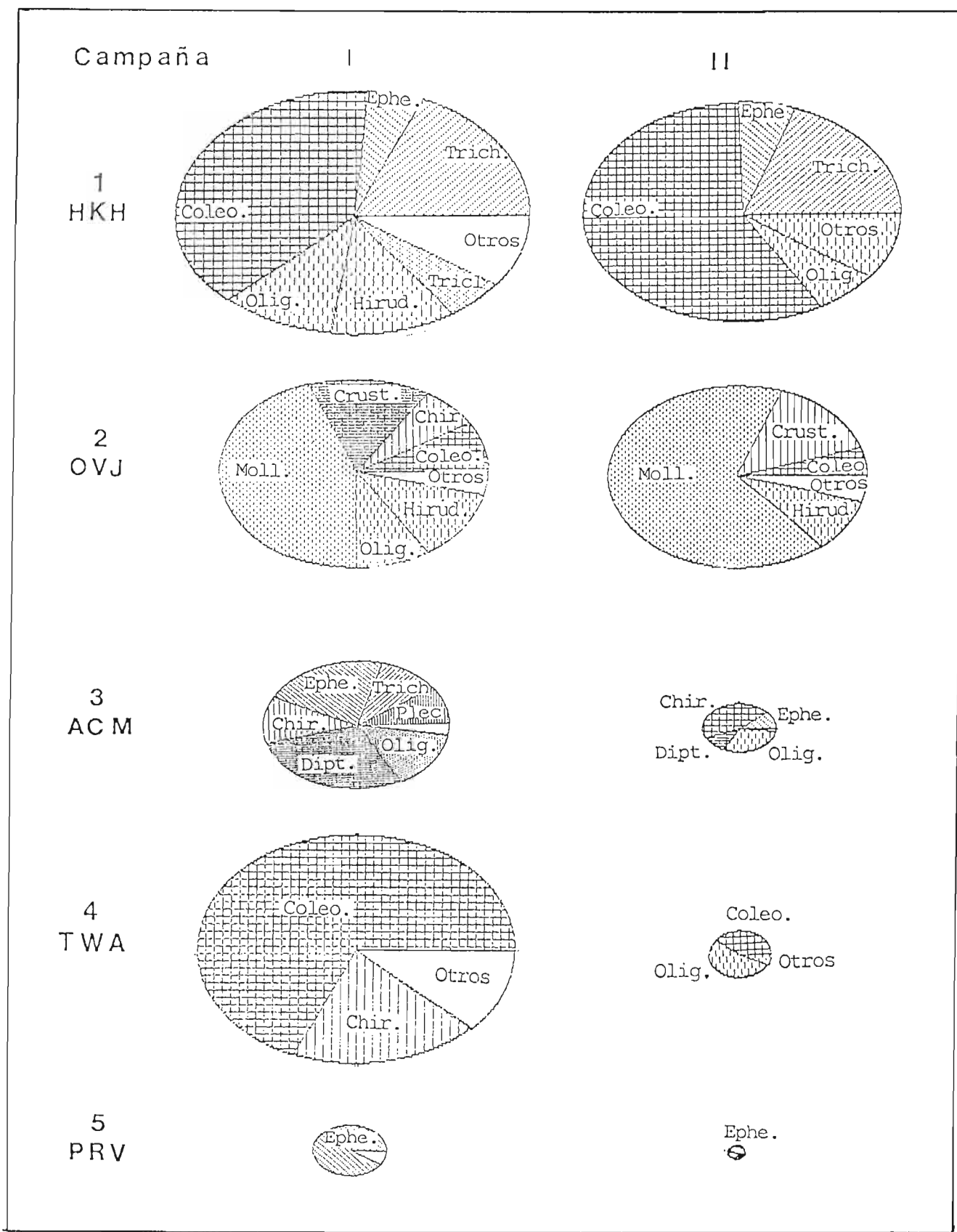


Figura 5

Invertebrados benticos - Repartición de la biomasa por grupos.

- Estación 3 : En la primera campaña, los dominantes son los insectos reofílicos (excepto Elmidae) y los Oligochetos, con una proporción importante de la biomasa, de tamaño superior a 2.5 mm; la fauna parece diversa y equilibrada.

En la segunda campaña, realizada cuatro semanas después de la crecida excepcional (cf. 3.3.2.1.), la población es muy reducida en abundancia, biomasa y densidad; la predominancia de los Orthocladinae es característica de una recolonización. Este fenómeno es actualmente observado y sólo se podrá lograr una evaluación definitiva del valor trófico de este río con los datos completos.

- Estación 4 : Los Elmidae y Chironomini dominan completamente la población al estiaje, logrando una biomasa bastante elevada pero con un 72,5% de talla inferior a 2,5 mm; la densidad y el número de taxa son relativamente bajos. Después de las primeras lluvias, la fauna se reduce a los Oligochetos, Elmidae, más 6 taxa poco abundantes, con una biomasa muy baja.

- Estación 5 : La fauna del río Porvenir es muy reducida, con sólo 10 taxa en la primera campaña; el género Baetodes sp. constituye el 91% de los 0,21 g/m² de biomasa. Desde el inicio de la época húmeda la población es casi nula.

Finalmente llegamos a constatar que cada estación tiene una fauna característica, con especies particulares, pero también a nivel taxonómico de las familias (excepto para el género Baetodes) con grupos dominantes diferentes. Los ríos de la región A parecen tener una población estable; las regiones C y D presentan, por el contrario, una fuerte reducción de su fauna al inicio de la época de lluvias. El caso es dudoso para la región B. La diferencia faunística debida únicamente a la morfología del sector es muy evidente en la comparación de las estaciones 1 y 2.

3.3.3.2 Parámetros tróficos (Cuadro 5).

Estación	H K H		O V J		A C M		T W A		P R V	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0,25 mm	3.4	3.7	26.0	23.0	5.5	1.5	5.2	0.6	0.9	0.6
M.O.B.										
1 mm	2.6	3.0	9.2	8.5	4.6	1.8	1.5	1.0	0.4	2.7
5 mm	3.8	4.5	4.5	3.5	7.2	2.0	2.0	0.2	0.1	0.2
Clorofila	18.3	28.4	12.3	7.4	37.9	77.1	14.4	10.7	0.5	0.7
Feofitina	0.7	0.0	21.8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.6	0.0

Cuadro 5

Materia Organica Bentica y Clorofila (g/m²).

Materia Orgánica Béntica (M.O.B.) y macrófitos :

La estación de Ovejuyo está caracterizada por su abundancia de macrófitos, produciendo una cantidad importante de M.O.B finas pero que no parece ser bien utilizada por los invertebrados. En las estaciones 1 y 2 las cantidades de M.O.B. son constantes en en las dos campañas. La disminución de la M.O.B. en el Acero Marca es la consecuencia de la crecida señalada. En Tiwanacu, las algas como la M.O.B. desaparecen en la época de lluvias, y en el Porvenir las cantidades permanecen siempre muy bajas.

Clorofila :

Las variaciones en los ríos de la Cordillera parecen estar ligadas a las condiciones morfodinámicas (Substratos y Velocidades). Las tasas altas en la segunda campaña del Acero Marca parecen indicar una recolonización muy activa del medio. El Porvenir se distingue, una vez más, por una capa biológica nula.

4. DISCUSION

Con esos primeros datos, aparecen los elementos sobresalientes de la Tipología de los ríos en la región de La Paz, y de sus potencialidades.

Las 4 regiones ecológicas definidas bajo los criterios geológicos, geomorfológicos y climáticos presentan ríos con diferentes tipos de funcionamiento ecológico. En la región A, ningún factor abiótico o trófico aparece como verdadero limitante; los lechos y substratos son estables aún en aguas altas, y la fauna béntica es bastante abundante y parece constante. La composición faunística y las potencialidades piscícolas son determinadas por la morfología de los tramos. El sector de Hichu-Khota simula ser bastante favorable para los juveniles de trucha.

En la región B, los factores tróficos parecen suficientes, pero las condiciones hidráulicas, muy drásticas, parecen limitar la biomasa; los datos son todavía insuficientes para definir las potencialidades.

En la región C, el medio parece bastante productivo al estiaje, pero la turbidez y el flujo de arena por encima de los substratos son factores muy limitantes para la fauna en aguas altas.

En la región D, las enormes tasas de M.E.S. durante las crecidas y la inestabilidad del substrato, son factores destructores que explican la casi ausencia de fauna. Las potencialidades piscícolas son, aparentemente en esos tramos, casi nulas.

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que nos ayudaron en este trabajo, y especialmente, en La Paz, a C. DEJOUX por su colaboración en la identificación de los invertebrados, a J.L. GUYOT por los análisis químicos y a J. QUINTANILLA por la dosificación de clorofila; en Lyon agradecemos particularmente a F. TROCHERIE, J.R. MALAVOI y L. FRAISSE por el procesamiento de datos.

Bibliografia

BOVEE (K.D.), 1982. - A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Instream Flow Information pap. 12, U.S.D.I. Fish & Wildlife Serv., Off. Biological Services, 248 p.

DEJOUX (C.), 1988. - Panorama de la fauna bentica de las aguas del Altiplano Boliviano. Actas del symposio Ibero-Americano y del Caribe sobre la Pesca y la Acuicultura, Isla de Margarita, Venezuela, 8-15 de Mayo 1988.

DEJOUX (C.) - Catalogo iconografico de los invertebrados benticos del Altiplano Boliviano. en preparacion.

ESPINOZA (O.F.), 1985. - Balance hidrico superficial de la cuenca del Rio Beni. PHICAB: SENHAMI-ORSTOM-IHH. Tesis Univ. Mayor San Andres, La Paz, Bolivia. 181 p.

GUYOT (J.L.), BOURGES (J.), HOORELBECKE (R.), CALLE (H.), CORTES (J.) & BARRAGAN (M.C.), 1988. - Exportation de matieres en suspension des Andes vers l'Amazonie par le Rio Beni, Bolivie. I.A.H.S. Symposium on Sediment Budget, Porto Alegre, Brazil. (Dec. 1988).

HYNES (H.B.N.), 1975. - The stream and its valley. Verh. Internat. Verein. Limnol., 19 : 1-15.

LOTSPEICH (F.B.), 1980. - Watersheds as the basic ecosystem : this conceptual framework provides a basis for a natural classification system. Water Resources Bull., 16(4) : 581-586.

LOZADA (G.A.), 1985. - Balance hidrico superficial de la cuenca del lago Titicaca. PHICAB: SENAMHI-ORSTOM-IHH. Tesis, Univ. Mayor San Andres, La Paz, Bolivia, 158 p.

MALAVOI (J.R.), 1986. - Le substrat des rivières à fond graveleux : Approche descriptive. D.E.A., Univ. Lyon III. 50 p. + annexes.

ROBACK (S.S.), BERNER (L.), FLINT (O.S.Jr), NIESER (N.), SPANGLER (P.J.), 1980. - Results of the Catherwood Bolivian-Peruvian Altiplano expedition. Part I. Aquatic insects except Diptera. Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 132 : 176-217.

ROCHE (M.A.) & ROCHA (N.), 1985. - Mapa pluviometrico de Bolivia y regiones vecinas. 1/4 000 000. PHICAB: SENHAMI-ORSTOM, 1 hoja offset.

ROCHE (M.A.), FERNANDEZ (C.), APOTEKER (A.), ABASTO (N.), CALLE (H.), TOLEDE (M.), CORDIER (J.P.) & POINTILLART (C.), 1986. - Reconnaissance hydrochimique et première évaluation des exportations hydriques et salines des fleuves de l'Amazonie Bolivienne. PHICAB: SENHAMI-ORSTOM-IHH-LHM. 257 p.

TROCHERIE (F.), SOUCHON (Y.) & WASSON (J.G.), 1987. - Eléments d'une démarche de détermination des débits réservés. CEMAGREF, Div. Qual. Eaux, Pêche et Piscicult., conv. DPN 85-15, rapport final, 30 p.

WASSON (J.G.), 1988. - Eléments pour une approche fonctionnelle de la typologie des Eaux courantes. 1 - Revue critique de quelques approches existantes. A paraître in : Bulletin d'Ecologie.

WASSON (J.G.), DUMONT (B.), TROCHERIE & coll., 1981. - Protocole de description des habitats aquatiques et de prélèvement des invertébrés benthiques dans les cours d'eau. CEMAGREF, Div. Qualité des Eaux, Pêche et Piscicult., étude No 1, 32 p.

ACTAS DEL SEGUNDO SIMPOSIO DE LA INVESTIGACION FRANCESA EN BOLIVIA



LA PAZ 19-22 de Abril 1988