
Tema: Caracterización de macroinvertebrados y de su ambiente físico y químico en un ecosistema fluvial.

La compleja y estrecha relación que se da entre los procesos hidrológicos, geomorfológicos y biológicos origina entre otras cosas una gran heterogeneidad de hábitats físicos en las corrientes de montaña. Encontramos una expresión de esta interdependencia del medio físico con el biótico en el concepto del continuo del río (CCR) propuesto por Vanotte *et al.* (1980). El propósito central del (CCR) es relacionar los procesos geomorfológicos, la estructura física y los ciclos hidrológicos con los patrones de: estructura y función de las comunidades; cantidad, transporte, utilización y almacenamiento de la materia orgánica en un río desde su cabecera hasta su desembocadura (Vanotte et al. 1980, Statzner & Higler 1985).

En el caso particular de la estructura de comunidades, el CCR establece que la biota adapta sus características estructurales y funcionales al ambiente circundante, el cual presenta un gradiente continuo de cambios en la relación entre las fracciones de materia orgánica (MO). El CCR hace énfasis en los cambios en la **proporción o abundancia relativa y/o biomasa** de los macroinvertebrados bentónicos a lo largo del río e intenta explicar estos cambios a través de la oferta de alimento y del ambiente fisicoquímico e hidrológico.

La heterogeneidad espacial de un río de montaña se considera en términos de un conjunto de elementos discretos denominados **unidades funcionales (UF)** o **Micro-hábitats**, que integran características del caudal, sustrato y biológicas. Estas UF's están dentro de una escala espacial de acuerdo con (Pardo & Armitage 1997). Estas unidades corresponden a compartimientos funcionales del sistema lótico, que en su conjunto representan su estructura. Las UF's definidas son: hojarasca (HOJ), epilíton (EPI), sustrato de grava y arena (GRA), briofitos (BRI) y sedimento fino (SED).

OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

1. Evaluar características geomorfológicas del cauce en los tramos de las quebradas a evaluar.
2. Determinar los niveles variables fisicoquímicas, incluyendo a los nutrientes: Nitratos, Nitritos, Amonio y Fosfatos del agua del río.
3. Determinar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, en las quebradas a estudiar.
4. Relacionar el patrón de diversidad de macroinvertebrados con las condiciones geomorfológicas, fisicoquímicas e hidrológicas de las quebradas a evaluar.

Tabla 1. Materiales requeridos

No	MATERIALES Y EQUIPOS REQUERIDOS	\$	CANT.	UBICACIÓN	RESPONSABLE
	Materiales para la estructura de comunidades				
1	Galón de alcohol al 90 %	35	2	Comprar	
2	Paquete de bolsas plásticas transparentes de calibre grueso	20	1	Todo el curso	
3	Frascos plásticos de 30 ml	30	60	Todo el curso	
4	Papel Pergamino y Lapiz	1	1	1 por grupo	
5	Marcador permanente de punta fina (1 por cada grupo de trabajo)	3	1	1 por grupo	
6	Red surber para muestreo de fauna acuática		2	Cristian Granados	
7	Tablas de acrílico + Planillas de datos		1	1 por grupo	
8	Computador portátil con batería		1	1 por grupo	
9	Bandeja para revisión de muestras		5	Lab Cal. Aguas	
	Materiales para medir hidrología				
1	Decámetro		2	Lab Cal. Aguas	
2	Cuerdas delgadas (una madeja de color)		1	Todo el curso	
3	Vara metreada de 3 m		1	Todo el curso	
4	Estacas de madera de 50cm		4	Todo el curso	
5	Martillo		1	Todo el curso	
6	Formatos de campo impresos (Enviados en Excel)		1	1 por Grupo	
7	Balde de 10 L		1	Lab. Aguas	
8	Cava de Icopor (mediana)		1	1 por grupo	
9	Probeta plástica de 2 L		1	Lab. Aguas	
10	Sal común de cocina (NaCl)	8	4 Lb	Todo el curso	
11	Cronómetro		2	Lab. Biología	
12	Metro de construcción		1	1 por grupo	
	Materiales y equipos para medir fisicoquímicos y Chl_a				
1	Luxómetro		1	Lab. Aguas	
2	Sonda Multiparámetro WTW (o sondas por cada variable)		1	Lab. Aguas	
3	Multiparámetro Terrestre		1	Javier	
4	Viales de 600ml para muestras de agua (botellas de agua vacías)		6	Todo el curso	
5	Frasco Lavador + agua destilada		1	Lab. Aguas	
6	Hielo en geles		1	Lab. Aguas	

No	OTROS	REQ.
	Espacios para procesar muestras	
1	Laboratorio de Calidad de Aguas. Análisis de Amonio, Nitratos, Nitritos y Fosfatos.	Lab. Aguas
2	Laboratorio de Biología nuevo. Espacio para revisión de macroinvertebrados.	Bloque 6
	Materiales por cada estudiante	
1	Carpa para pernoctar, linterna, botas, repelente, cámara, bloqueador Solar, alimentación, agua.	Personales
	Materiales para todo el curso	
1	Fab y límpido para limpiar los baños de mujeres y hombres.	Todo el curso

1. Determinación de la geomorfología de un tramo del río. Esta información permite evaluar las características geomorfológicas de tramo de un río, información que puede ser comparada con evaluaciones posteriores para

conocer la dinámica física del cauce, el transporte de sedimentos y distribución de sustratos y micro-hábitats.
*Los detalles de esta actividad se informan en el protocolo y tablas de Excel adjuntas.

Tabla 2. Tabulación de datos, para mediciones longitudinales y transversales del tramo del río.

Sitio	Punto de medida	Transecto	Transecto1	Distancia (m)	Altura del Lecho (m)	Profundidad de la columna de agua (m)	Tipo de sustrato	Tipo de sustrato1
	T1.2.1	1	0,5	R1 - R2				
	T1.2.2	1	1,0	R1 - R2				

Punto de medida: referencia de cada medición de altura en la sección (fig. 1b). T1.2.1: Primera medida del transecto 1, que va de R1 a R2.
Distancia: Distancia del transecto. Altura del lecho: Altura correspondiente a cada punto de medida. Profundidad de la columna de agua: Servirá para la batimetría de la tabla 4. Tipo de sustrato: Basado en la tabla tipo de sustrato de la tabla 2 del protocolo anexo. Tipo de sustrato1: Micro-hábitat en el lecho (hojarasca, sedimento, gravas, arenas, rocas, etc.), Servirá para la batimetría de la tabla 4.

2. Determinación de la hidrología de un tramo del río. Esta información es complementaria a la anterior y permitirá conocer condiciones físicas del cauce, asociadas a la velocidad de la corriente y el caudal, así como su relación con la distribución espacial de los de micro-hábitats de las comunidades acuáticas a una escala de tramo.
*Los detalles de esta actividad se informan en el protocolo y tablas de Excel adjuntas.

Tabla 3. Mediciones batimétricas del tramo de la quebrada

Tramo	Muestreo	Transecto	Rumbo	Ancho	Profundidad	Velocidad	Composición del sustrato				
				m	m	m/s	roca	grava	Hoj	Sed	Arena
1	R1 - R2										
1	R1 - R2										
1	R1 - R2										

Profundidad, ancho y área del tramo: se estiman con la longitud del tramo y el ancho promedio de los 4 transectos. Transecto: Cada sección evaluada. Distancia: Por divisiones del ancho del río, deben hacerse por lo menos 5 divisiones de 1m o de 0,5m. Profundidad: Altura de la columna de agua, para cada intervalo de distancia. Velocidad: Velocidad para cada intervalo de distancia.

Tabla 4. Tabulación de datos, para mediciones longitudinales y transversales del tramo del río.

Sitio	Transecto	Roca	Grava	Hoj	Sed	Arena	Longitud	Prof. Media	Ancho	Veloc. Promedio	Área sección	Caudal	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Prof. hidráulica	No. Froude
	Cobertura de los sustratos (%)						(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m²)	(m³/s)	(m)	(m)	(m)	
	Tot/Prom															

Sección: Distancia de cada transecto con rel. Al primero, siempre inicia en cero. Anchura: Ancho del río en cada transecto. Velocidad promedio: Promedio de las velocidades para cada transecto. Área de la Sección: Ancho del transecto x Profundidad promedio. Caudal: Área x Velocidad promedio. Perímetro mojado: ancho por 2 veces la profundidad promedio. Radio Hidráulico: Área de la sección entre el perímetro mojado. Profundidad hidráulica: Área de la sección entre el ancho. No de Froude: relaciona una profundidad y la velocidad. Ver plantilla de Excel para mayor detalle.

Requerimientos geomorfología e hidrología.

Con la información digitada y procesada en las tablas de Excel, realizar los siguientes cálculos.

- 1) **Área total del tramo** y de la **superficie húmeda** (cubierta por agua)
- 2) Apoyarse en la tabla 3, para calcular la superficie del tramo cubierta por cada tipo de sustrato y en la tabla 4 para calcular la superficie húmeda cubierta por cada micro-hábitat. Analizar las diferencias entre las dos superficies.
- 3) Calcular el área promedio de la **Sección Transversal** del tramo.
- 4) Calcular la **Profundidad Hidráulica**, dividiendo sección transversal, por anchura del cauce.

- 5) Apoyarse en la literatura para analizar los resultados de la tabla 5.
- 6) Con la información calculada ¿Qué información puede ser útil para caracterizar la geomorfología e hidrología de la quebrada?

2.1 Determinación del caudal con el método del trazador (sal). Esta técnica permite calcular el caudal de un tramo y tres tipos de velocidades de la corriente en un momento dado. Hay dos formas de aplicar la solución salida: en flujo constante y en pulso. La opción que se evaluará en esta actividad será la de pulso, en la que se vierte toda la solución salina (NaCl) de forma instantánea y se mide la conductividad aguas abajo, los detalles de este procedimiento se encuentran en Elosegui y Sabater (2009) y en el resumen en el protocolo. La manera de tabular la información es la siguiente (en el archivo de Excel se detalla mejor la tabla).

Tablas 5 y 6. Utilizadas para el cálculo de la velocidad y el caudal de un tramo.

Tiempo (s)	Cond ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Cond. corregida	Área

Cond. Basal ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	
Cond. Slon ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	
Vol. Slon (L)	
Área de la curva ($\mu\text{s}^2/\text{cm}$)	
Distancia (m)	
Tiempo mín de sal (s)	
Tiempo medio sal (s)	
Tiempo máx sal (s)	
Caudal (L/s)	
Vmax (m/s)	
Vmed (m/s)	
Vmin (m/s)	

Requerimientos de información:

Con la tabla en Excel entregada por el docente, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- 1) Figura del área bajo la curva, Caudal, Velocidad Máxima, Velocidad Media, Velocidad Mínima.
- 2) Con la utilización de figuras Comparar la relación en los sitios, con base en las variables calculadas.

3. Evaluación de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos. Esta actividad tiene por objeto, evaluar la estructura de la comunidad a escala de un tramo y de microhábitats en la quebrada Masón, para lo cual se debe realizar el procedimiento de campo y de laboratorio, de acuerdo a lo definido en el protocolo anexo.

Posteriormente hay que realizar la tabulación de las abundancias por cada grupo taxonómico (Tabla 6) y el procesamiento de la información con la ayuda de tablas y gráficos dinámicos. Finalmente, la estimación de índices de diversidad alfa, de acuerdo a lo definido en la guía de Moreno (2000) y con el apoyo de programas de distribución gratuita como el PAST o el R.

Tabla 7. Tabulación de abundancia y composición de morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos

Tramo	Micro-Habitat	Muestra	Orden	Familia	Abundancia

Micro-Habitat: Rocas, Gravas, Arneas, sedimentos, Macrofitas, Hojarasca. Replica: por lo menos tres muestras de cada tipo de sustrato. Morfoespecie: en caso de que sea posible diferenciarlas. Abundancia: No. Individuos por morfoespecie.

4. Evaluación variables fisicoquímicas. Realizar la caracterización fisicoquímica del agua, mediante la utilización de sonda multi-paramétrica y el análisis de muestras de agua en el laboratorio de calidad de aguas, siguiendo las indicaciones del protocolo adjunto. En el archivo de Excel se detallan los procedimientos para la tabulación de la información fisicoquímica, como se resume a continuación.

Tabla. 8. Variables fisicoquímicas a cuantificar y sus metodologías.

Replica	Temperatura	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Amonio	Nitrito	Nitrato	Fosfato	pH	Luz
	°C	µsm/cm	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	unidades	Lux

Resultados esperados

- 1) Tabular los datos en los formatos entregados por el docente y cargarlos en la asignación como un archivo anexo al informe.
- 2) Entregar un resumen ejecutivo de máximo 6 páginas, donde relacione los resultados encontrados.
- 3) Evaluar y analizar la estructura de la comunidad del macroinvertebrados, mediante los índices de riqueza, dominancia, similitud, diversidad alfa, citados a continuación: *Margalef, Menhinick, Simpson, Shannon, Chao 1. Test t de diversidad, Serie de Hill, Funciones de acumulación (Logarítmica, Exponencial), rarefacción.*
- 4) Interpolar los resultados obtenidos en cada micro-hábitat hasta una escala de tramo del río, apoyándose en los insumos de la tabla 4.
- 5) Documentar y analizar los resultados del índice de calidad de ribera, para los tramos evaluados.
- 6) Comparar la estructura de del ensamblaje en las diferentes unidades funcionales o microhábitats presentes en los tramos evaluados.
- 7) Relacionar los resultados de la estructura evaluada con las variables geomorfológicas, hidrológicas y fisicoquímicas, a escala de tramo.
- 8) Relacionar los resultados de la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados con las variables ambientales, mediante figuras de columnas, por cada sitio, de acuerdo con las indicaciones del docente.
- 9) Justificar la aplicación de este estudio como un uso potencial para el diagnóstico ambiental y ecológico de un ecosistema fluvial.