

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE ALGUNOS FACTORES ECOHIDRÁULICOS
SOBRE LA DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y PREFERENCIA DE
SUBHÁBITAT DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN
TRAMO DEL RÍO PALACÉ**



**FERNELLY ROJAS VELASCO
ALEXY OROZCO VALENCIA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2009**

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE ALGUNOS FACTORES ECOHIDRÁULICOS
SOBRE LA DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y PREFERENCIA DE
SUBHÁBITAT DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN
TRAMO DEL RÍO PALACÉ**

**FERNELLY ROJAS VELASCO
ALEXY OROZCO VALENCIA**

**DIRECTOR.
Mg. HILLDIER ZAMORA GONZALEZ**

**ASESORA
Mg. MARÍA CRISTINA GALLEGO R**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Biólogo

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2009**

Nota de aceptación:



MSc. Hildier Zamora González
Director.



MSc. Geovani Varona B.
Jurado.



Ing. Jorge Luis González
Jurado.

Fecha de sustentación: Popayán, Noviembre 5 de 2009

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a:

A Dios, por habernos permitido culminar nuestra formación profesional en el área de biología.

A nuestros padres, en especial a nuestras madres, Sara María Velasco (fernely) y Ana Lid Valencia (Alexis), quienes con su amor, entrega, esfuerzo y apoyo incondicional durante la carrera contribuyeron a lograr este objetivo.

Al profesor Hildier Zamora. Director del trabajo, por sus valiosos aportes, enseñanzas, y gestión para sacar adelante este proyecto.

Al profesora, **María Cristina Gallego**, quien con su apoyo y orientación que apporto para la elaboración y cumplimiento de los objetivos de este trabajo.

A los profesores del programa de biología que contribuyeron a nuestra formación profesional.

A nuestros amigos y compañeros, que nos ayudaron en el trabajo de campo, toma de muestras y análisis estadístico, en especial a *Lilia Eugenia Cuero P* por su apoyo y colaboración en las jornadas de campo y laboratorio, y *Julián A Dorado* por su valiosa ayuda con el manejo de programa spss por su colaboración a: Fausto Adrián, José Arley Y Pedro Nel Pérez, y a todos los auxiliares de laboratorio de biología.

A todas aquellas personas que resultaron involucradas de una u otra manera en el desarrollo de este trabajo y estuvieron dispuestos a colaborarnos.

Gracias a todos

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	10
INTRODUCCION.....	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACION	15
4. OBJETIVOS.....	17
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
5. MARCO TEORICO	18
5.1. LOS RIOS.....	18
5.2. PERFIL LONGITUDINAL TEORICO DE UN RÍO.....	18
5.3. HIDRODINAMICA.....	19
5.3.1. Variabilidad de flujo:.....	19
5.3.2. Velocidad de la corriente:	19
5.3.3. Temperatura:	20
5.4. CARACTERISTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS RIOS	20
5.4.1. Características químicas.....	20
5.4.2. Generalidades Biológicas de los rios.....	21
5.5. ESTRUCTURA FISICA DE LOS RIOS.....	23
5.6. VARIABLES QUE AFECTAN LA INTEGRIDAD BIÓTICA.....	24
5.7. HÁBITAT.....	25
5.7.1. Subhabitat.....	26
5.7.2. Preferencia de Hábitat	26
5.7.3. Habitat Potencial.....	28
5.8. CALIDAD BIOLOGICA.....	29
5.8.1 Evaluación biológica	30
5.8.2. Determinación de la Calidad biológica.....	30
6. METODOLOGIA	32
6.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO	32
6.2. ZONAS DE MUESTREO.....	33
6.3. RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	34
6.4. VARIABLES ECOHIDRAULICAS	35
6.5 HÁBITAT POTENCIAL Y PREFERENCIA DE SUBHÁBITAT	37

6.6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	39
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	40
7.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS.....	40
7.1.1 Zona de rápidos (Z1)	40
7.1.2 Zona de somero (Z2)	41
7.1.3 Zona de tabla (Z3)	42
7.2 COMUNIDAD DE MAE PRESENTES EN LAS ZONAS DE MUESTREO.....	43
7.3 VARIABLES ECOHIDRÁULICAS	50
7.3.1 Zona 1.....	50
7.3.2 Zona 2.....	52
7.3.3 Zona 3.....	53
7.4 VARIABLES ECOHIDRAULICAS Y LOS MACROINVETEBRADOS.	55
7.4.1 Zona 1.....	55
7.4.2 Zona 2.....	57
7.4.3 Zona 3.....	60
7.5 ANALISIS DEL INDICE DE HABITAT POTENCIAL.....	63
7.6 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ECOHIDRÁULICOS SOBRE LOS MACROINVETEBRADOS DEL RÍO PALACE	65
7.6.1 Análisis estadístico de los macroinvertebrados y las variables ecohidráulicas.....	66
7.6.2 Velocidad contra órdenes	68
7.6.3 Profundidad contra ordenes.....	70
7.6.4 Caudal contra Órdenes.....	71
7.6.5 Sustrato contra Ordenes.....	73
7.7. PREFERENCIA DE SUBHABITAT	76
7.7.1 índice de Preferencia Zona 1	76
7.7.2 índice de Preferencia Zona 2.....	77
7.7.3 índice de Preferencia Zona 3.....	78
7.8 CALIDAD BIOLOGICA.....	80
8. CONCLUSIONES.....	82
9. RECOMENDACIONES.....	87
10. BIBLIOGRAFÍA.....	88

TABLAS

Pág.

Tabla 1. Convenciones índice de Erdakov <i>et al</i> (1979).	28
Tabla 2. Clasificación de sustrato (bovee, 1977; raleigh et al, 1984).....	36
Tabla 3. Rangos estimados para la profundidad.	37
Tabla 4. Rangos estimados para la velocidad.....	37
Tabla 5. Clasificación del sustrato.....	38
Tabla 6. Valores de clasificación para las celdas según el sustrato.....	38
Tabla 7. Total de órdenes, familias, géneros por celdas.	44
Tabla 8. Abundancia de órdenes por zonas.	44
Tabla 9. Abundancia demacroinvertebrados acuáticos en la zona 1	49
Tabla 10. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la zona 2.....	49
Tabla 11. Abundancia demacroinvertebrados acuáticos en la zona 3.....	50
Tabla 12. Promedio de las variables hidráulicas para la zona 1	51
Tabla 13. Promedio de las variables hidráulicas para la zona 2	52
Tabla 14. Promedio de las variables hidráulicas para la zona 3	53
Tabla 15. Promedios de profundidad, velocidad y caudal en Z1, Z2 y Z3.....	54
Tabla 16. Correlaciones bivariadas de RHO SPEARMAN.....	65
Tabla 17. Valores del índice Erdakov et al (1979), en Z1 (rápidos).....	76
Tabla 18. Índice de Erdakov e tal (1979), en Z2 (somero),.....	78
Tabla 19. Índice de Erdakov e tal (1979), en Z3 (tabla).....	79
Tabla 20. Puntuación BMWP.col para los MAE colectadas en el río Palacé.....	81

FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Perfil longitudinal teórico de un sistema fluvial.	18
Figura 2. División del cauce, pozas y rápidos.	19
Figura 3. Localización de los MAE en los ríos.	22
Figura 4. Variables externas e internas que afectan la integridad biótica.	25
Figura 5. Macrohábitat, hábitat y subhábitat.	26
Figura 6. Índice de Erdakov, <i>et al</i> (1.979).	28
Figura 7. Índice de conformidad de la celda (Bovee, <i>et al</i> , 1.982).....	29
Figura 8. Ubicación del área de estudio vereda calibío municipio de Popayán.	32
Figura 9. Método de celdas transversales homogéneas	34
Figura 10. Red de pantalla.....	35
Figura 11. Configuración general de un molinete.....	36
Figura 12. Zona de rápidos.....	40
Figura 13. Aspecto general de C20 y C16	40
Figura 14. Vegetación Asociada a la Rivera en la zona 1	41
Figura 15. Zona de somero.....	41
Figura 16. Zona de Tabla.....	42
Figura 17. Aspecto General de los Sustratos en C1-2 y C3-5.....	43
Figura 18. Abundancias entre las diferentes zonas, órdenes, familias y géneros.....	44
Figura 19. Comparación entre las diferentes zonas y la abundancia por géneros.....	45
Figura 20. Distribución de las abundancias de los órdenes, celda y zonas.....	48
Figura 21. Comparación de las variables hidráulicas en Z1, Z2, Z3.....	54
Figura 22. Velocidad asociada a los Macroinvertebrados z1.	55
Figura 23. Profundidad asociada a los Macroinvertebrados z1.	56
Figura 24. Sustrato asociada a los Macroinvertebrados z1.....	57
Figura 25. Velocidad asociada a los Macroinvertebrados z2.	58
Figura 26. Profundidad asociada a los Macroinvertebrados z2.....	59
Figura 27. Sustrato asociada a los Macroinvertebrados z2.....	60
Figura 28. Velocidad asociada a los Macroinvertebrados z3.	61
Figura 29. Profundidad asociada a los Macroinvertebrados z3.....	62
Figura 30. Sustrato asociada a los Macroinvertebrados z3.....	63
Figura 31. Valores del APU por celda en Z1, Z2, Z3.....	64
Figura 32. Preferencia de algunos órdenes por una zona.	67
Figura 33. Velocidad contra coleópteros.....	68
Figura 34. Velocidad contra Tricópteros	69
Figura 35. Velocidad contra Ephemeroptera.....	70
Figura 36. Profundidad vs Coleóptera.....	70
Figura 37. Caudal contra Coleóptera	71
Figura 38. Caudal contra Ephemeroptera	72
Figura 39. Caudal contra Tricópteros.....	73
Figura 40. Sustrato contra Ephemeroptera	73
Figura 41. Sustrato contra Díptera	74
Figura 42. Sustrato contra Tricópteros.....	74
Figura 43. Preferencia de subhábitat umbralizada z1 (Rápidos).	77
Figura 44. Preferencia de subhábitat umbralizada z2 (Somero).....	78
Figura 45. Preferencia de subhábitat umbralizada z3 (Tabla),	79
Figura 46. Ubicación geográfica de los valores BMWP col.	80

ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Fotos zonas de muestreo.....	92
ANEXO B. Correlaciones Rho de Spearman	94
ANEXO C. Relaciones Chi-Cuadrado	95

ECUACIONES

	Pág.
Coefficiente de conformidad.....	38

RESUMEN

Los estudios para los grupos de los macroinvertebrados acuáticos (MAE), habitualmente se enfocan en determinar estructura de la comunidad, cálculos de índice de diversidad y bioensayos, entre otras metodologías (Zamora, 1999), aplicadas en general en un segmento particular del hábitat acuático.

Debido a que no se tiene muchos precedentes de cómo los factores intrínsecos de los ríos (abióticos), determinan los hábitats (microhábitat) que los MAE ocupan, y mucho menos como estos factores influyen en la dinámica, densidad, distribución Abundancia y preferencia de subhábitat se decidió realizar esta investigación. Es de vital importancia no dejar de lado estos parámetros ya que, los factores abióticos (profundidad, velocidad de la corriente, turbulencia, calidad fisicoquímica, la atmósfera, la penetración lumínica, área, entre otros, se relacionan con las comunidades que lo habitan (Diez, H. 2006)

En este trabajo de investigación se estudiaron parámetros ecohidráulicos como son: profundidad, sustrato, velocidad de la corriente. Con el propósito de establecer la forma como estos factores influyen en la distribución, abundancia y preferencia de subhábitat para los órdenes: Trychoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Odonata Y Diptera, en un tramo del río Palacé.

Se realizó el estudio en un tramo del río Palacé ubicado en el municipio de Popayán en donde se tomó 100 metros aguas abajo del río y se identificaron tres zonas (z1=rápidos, z2=aguas bajas y z3= remanso) aplicando la metodología de muestreo por celda homogéneas, se tomó lectura de los factores (profundidad, velocidad y sustrato) también se recolectaron los MAE empleando una red de bentos, para su posterior análisis y relación con los factores hidráulicos.

Como resultado se obtuvieron un total de 9866 individuos de las tres zonas, destacándose en la zona 2 con un total de 4081 individuos siendo los más abundantes en orden decreciente los siguientes ordenes de macroinvertebrados: Ephemeropteros, Trychoptera Coleóptera y Plecóptera. La zona se caracteriza también por tener un sustrato tipo gravillas, gravas, bloques y rocas, con una velocidad promedio de 1.345 m/s, profundidad de: 0.409 metros, caudal de $0.336\text{m}^3/\text{s}$ y un área de 0.227m^2 . Las variables ecohidráulicas evaluadas en el río Palacé (profundidad, velocidad y sustrato) presentan una elevada correlación con $P < 0.01$ dejando en evidencia su interdependencia e importancia como factores modeladores de los hábitats y subhábitat disponibles para los macroinvertebrados en las zonas estudiadas, Además esta investigación permitió apreciar que los órdenes estudiados no se distribuyen uniformemente en el tramo transversal.

INTRODUCCIÓN

Los ríos han sido los ecosistemas más aprovechados por el ser humano a lo largo de su evolución, suministrando varios recursos como el agua para riego, abastecimiento urbano e industrial, recreación y pesca. Son muchas las actividades humanas que alteran los componentes de los ecosistemas fluviales, generados por el afán de satisfacer las demandas crecientes; La generación de bienes ha ejercido gran presión sobre las fuentes de agua, afectando su cantidad y calidad. La frecuencia de los caudales circulantes por una corriente natural y la cantidad son componentes esenciales en un sector hidrográfico, de tal manera que la variación del caudal a escala temporal y espacial determina los procesos ecológicos fundamentales del río y su ribera asociada, afectando la disponibilidad, persistencia y conectividad del hábitat fluvial e influyendo en la tasa de entrada, transformación, flujo de nutrientes y materia orgánica en los hábitat disponibles. (Poff. *et al*, 2004).

Los factores abióticos (profundidad, velocidad de la corriente, turbulencia, calidad fisicoquímica del agua, la atmósfera y el medio terrestre que lo rodea) se relacionan con el ecosistema acuático definen en gran parte la estructura del hábitat y la estructura de las comunidades (Diez. *et al*, 2006). La alteración de los valores naturales de cualquiera de ellos en los ríos perturba el funcionamiento, el grado de competencia y predación entre especies, la estructura Y la composición del ecosistema fluvial.

Los organismos reaccionan frente a factores ambientales, y sólo pueden ocupar un cierto hábitat cuando los valores de esos factores caen dentro del rango de tolerancia de la especie. Debido a que el hábitat describe una localización, podemos definirlo a distintos niveles dependiendo del espacio en que habita el grupo específico. Esto también está limitado según la distribución dentro de la cual cada especie se encuentra retenida por factores tanto de su fisiología como estructura física. (Smith. *et al*, 2001).

Los hábitats acuáticos de los Macro Invertebrados Acuáticos, (MAE) son muy variados a cada uno les corresponde una comunidad determinada dependiendo de su alimentación, fisiología, morfología externa y reproducción entre otros.

Conocer la preferencia de hábitat de una especie es un tema de particular interés en múltiples disciplinas como biología, ecología, evolución, áreas relacionadas con la administración y conservación de recursos naturales. Esta información permite inferir las necesidades ecológicas, es decir, las condiciones y los recursos bióticos y abióticos que requiere un organismo para explicar su abundancia, distribución espacial (Manly. *et al*, 1993), evolución y persistencia en el tiempo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Influyen las variables ecohidráulicas (velocidad, profundidad, sustrato) de un tramo en el río Palacé en la distribución, abundancia y preferencia de sub-hábitat de los macroinvertebrados objeto de esta investigación?

H₁: Influye Influyen las variables ecohidráulicas analizadas en la distribución, abundancia y preferencia de sub.- hábitat de los macroinvertebrados

H₀: No Influyen las variables ecohidráulicas analizadas en la preferencia de sub.- hábitat de los macroinvertebrados.

3. JUSTIFICACION

La preocupación general que despertó la conferencia de Río de Janeiro sobre la disminución de la Biodiversidad en los ecosistemas tropicales sensibilizó la opinión pública y se empezaron a recuperar aquellos ecosistemas naturales poco o nada intervenidos o con posibilidades de recuperación. Desde entonces una gran cantidad de esfuerzo en el ámbito internacional se ha dirigido hacia la preservación de los océanos y los bosques húmedos tropicales. (David. *et al*, 1993). No obstante, ecosistemas como los cuerpos de agua corriente han recibido menos atención. Ellos están siendo afectados por la acción de factores antropogénicos como: Las grandes obras de ingeniería, la transformación del paisaje, los cambios en el uso de la tierra, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de sus recursos, la contaminación, la ocupación de las planicies de inundación, los cambios de cursos, la derivación de canales para usos agropecuarios, etc. (Karr. *et al*, 1991).

Los estudios para los grupos de macroinvertebrados (MAE) generalmente incluyen el análisis de la estructura de su comunidad, cálculo de índices de diversidad, y bioensayos, entre otras metodologías. Estas metodologías se basan en los atributos morfológicos, fisiológicos, reproductivos y de comportamiento de los organismos bénticos, los cuales les permiten adaptarse a condiciones ambientales, en un segmento particular del hábitat acuático (sub-hábitat) (Zamora. *et al*, 1992). A pesar que se posee información sobre su importancia como organismos bioindicadores de contaminación o intervención de algún tipo no tenemos muchos precedentes de cómo los factores intrínsecos (abióticos) de los hábitats (sub-hábitat) que estos ocupan en los ríos influyen en la dinámica, densidad y distribución de estos organismos.

Los macroinvertebrados acuáticos juegan un papel ecológico clave en los diferentes tramos de los ríos: Algunas especies de peces y otros organismos emplean en algún momento de su desarrollo macroinvertebrados como fuente de

alimento. Permiten el funcionamiento de niveles tróficos de los tramos fluviales inferiores, algunos grupos funcionales realizan acciones fragmentadoras, detritívora, moledora, influyendo de esta manera en la disposición y distribución de la materia orgánica (MO). Al pasar la M.O. a tamaños más pequeños puede ser fácilmente arrastrados por las corrientes presentes en el río, dejando de esta manera disponible la energía acumulada en la materia orgánica para organismos de menor tamaño, con otras funciones tróficas en los diferentes biotopos del cauce (Grimaldo. *et al*, 2004).

Teniendo presente que en el departamento del Cauca no existen trabajos relacionados con la preferencia de subhábitat aplicada a los MAE, se decidió examinar algunos factores ecológicos, hidráulicos que pueden influir en su presencia o ausencia, densidad y distribución en algunos subhábitats acuáticos presentes en un sector del río Palacé.

Las variables para el análisis son la profundidad, velocidad, caudal, presencia o ausencia del organismo, además, suele incorporarse el tipo de sustrato y ocasionalmente algunas como la temperatura, número de Froude, PH, oxígeno, (Diez. *et al*, 2006). Entre otras, que asociadas y aplicadas a los estudios ecológicos, permitiría obtener información eco-ambiental importante que puede ser empleada en el análisis y determinación de posibles preferencias o adecuaciones de los organismos a un espacio o condición en el hábitat que ocupan e inferir potenciales efectos de las presiones antropogénicas sobre las comunidades de MAE y sus subhábitats preferidos.

De esta manera generar datos no solo constituye una oportunidad para avanzar en el conocimiento científico y ecológico de los ecosistemas acuáticos naturales del cauca, sino que además contribuye a la obtención de información técnica, básica para la estructuración y fortalecimiento de información que pretenda evaluar la calidad conjunta del hábitat que ocupan los MAE.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la preferencia de subhábitats de los órdenes: *PLECOPTERA*, *EPHEMEROPTERA*, *TRICOPTERA*, *ODONATA*, *COLEOPTERA* Y *DIPTERA* estudiados en un sector del río Palacé en el departamento del Cauca.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la influencia que tienen algunos parámetros, ecohidráulicos frente a la distribución y abundancia de los MAE presentes en las zonas de estudio del río Palacé.
- Establecer el área potencial útil para los MAE registrados en cada punto de muestreo y en cada transecto
- Determinar durante el periodo de investigación la calidad biológica del sector estudiado en el río Palacé (BMW).

5. MARCO TEORICO

5.1. LOS RIOS

Los ríos son sistemas lineales que evacuan hacia los océanos el agua caída sobre las masas continentales. La energía cinética contenida en el agua es disipada y la morfología de los cauces fluviales se modifica según la pérdida de ésta energía a lo largo del curso del río. El proceso hidráulico se desarrolla en forma previsible dentro del cauce, las condiciones geográficas de las cuencas fluviales imponen ciertas características al río, se observan morfologías similares cuando se asemejan la topografía, altitud y pluviosidad. (Leopold, L. *et al*, 1964). Las diferencias suelen ser mayores entre los distintos sectores de un mismo río que entre sectores homólogos de ríos distintos, para su estudio el sistema fluvial debe tomarse en su conjunto como un todo estableciendo los diversos tramos basados en la graduación de características a lo largo de su curso.

5.2. PERFIL LONGITUDINAL TEORICO DE UN RÍO

Los ríos tienden a tener perfiles longitudinales, en forma de línea cóncava abierta hacia arriba. Figura. 1, lo que implica que en un mismo río dependiendo de los accidentes del terreno, se suceden una serie de tipos de corriente con fuerte pendiente cerca de la fuente y mínima pendiente cerca de la desembocadura.

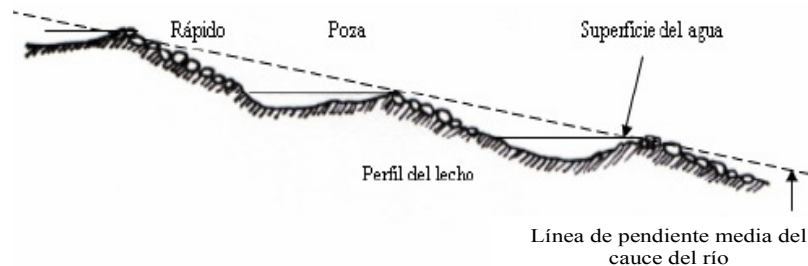


Figura 1. Perfil longitudinal teórico de un sistema fluvial. Fuente: Manual de la calidad del agua .Universidad de la concepción Santiago de chile.

Los diferentes tipos de curso fluvial sustentan diferentes comunidades de organismos lo que ha sido la base para clasificaciones por zonas geográficas y ecológicas (Welcomme, L. *et al*, 1992). En la figura 2, se observan pozas y rápidos que conforman la morfología fluvial, existe una clasificación basada en las corrientes del río, las cuales dependiendo del curso rápido o lento generan hábitats en cortas distancias

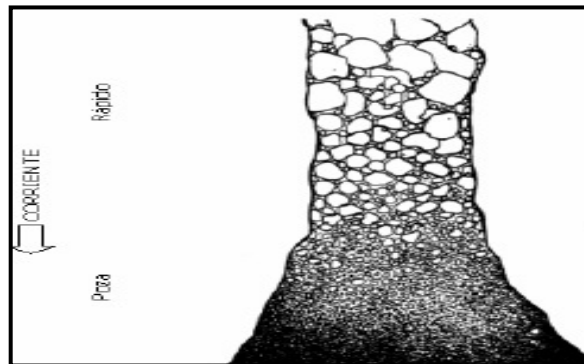


Figura 2. División del cauce, pozas y rápidos. Fuente: Manual de la calidad del agua .Universidad de la concepción Santiago de chile.

Esta zonación de los ríos es dependiente de los factores morfo-dinámicos tales como la pendiente, la anchura, la granulometría y la temperatura. (Illanes, L. *et al*, 1963).

5.3. HIDRODINAMICA

5.3.1. Variabilidad de flujo

La configuración del flujo depende principalmente de la esorrentía producida por precipitaciones o fusión de nieve sobre la cuenca fluvial y en menor grado por retención y afluencia del agua subterránea.

5.3.2. Velocidad de la corriente

En general la velocidad es afectada por la forma, la pendiente, anchura del río, profundidad y rugosidad del lecho, también hay que considerar las precipitaciones

y ritmo de deshielo los ríos de orden menor tienden a tener flujos más rápidos. (Smith, L. *et al*, 2001). De la velocidad de corriente puede deducirse aproximadamente del tamaño de partículas en el lecho.

5.3.3. Temperatura

Es un factor altamente variable, dado por: latitud y altitud, composición del sustrato, turbiedad, aportes freáticos o pluviales, viento y cubierta vegetal, lo que se acentúa en aguas con menor profundidad. Los ríos por su turbulencia mantienen una gradualidad de temperaturas entre el borde y el agua ubicada al centro en una misma zona.

5.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS RIOS

5.4.1. Características químicas

La composición química de aguas naturales es regulada por factores climáticos tales como las precipitaciones, procesos de erosión, meteorización, evaporación, sedimentación y también la influencia de componentes biológicos del sistema como por ejemplo la vegetación, la actividad microbiológica del suelo que influye en la composición de las aguas de escurrimiento

Al disminuir la velocidad aumentará la tasa de sedimentación formando bancos y zonas de anegamiento, al contrario al aumentar la velocidad de corriente se favorecerán los factores erosivos, aumenta la inestabilidad del río y se dificulta el asentamiento de organismos bentónicos.

Existen tres mecanismos que regulan la composición química natural de las aguas de río: precipitaciones, naturaleza geológica de las rocas y el proceso de evaporación-transpiración.

La conductividad puede cambiar a lo largo del año y podría ser mayor en estaciones secas comparado con estaciones húmedas dado por las concentraciones de sustancias disueltas.

Relevantes son los factores de dilución, efectos de ribera, desagües, evaporación, cristalización de sales, absorción por los organismos vivos entre otros.

El grado de acidez (pH) puede fluctuar haciéndose más ácido por aportes forestales, grados de descomposición, inundaciones según el tipo de suelo o más básico al concentrarse las sales de calcio por evaporación. Este factor presenta fluctuaciones diurnas, por actividades respiratorias y fotosintéticas de la biota.

El oxígeno es uno de los principales factores que influye en la distribución de algunos organismos, La dinámica física del cuerpo de agua, la vegetación, localidad en el río, desarrollo de la zona litoral, profundidad, los vientos entre otros. Mantienen las masas de agua bien oxigenadas, más aún en ríos de alta pendiente, el oxígeno presenta variaciones a lo largo del día.

5.4.2. GENERALIDADES BIOLÓGICAS DE LOS RIOS

Las comunidades acuáticas

En las diferentes zonas de los sistemas fluviales se observa dominancia de diversas comunidades tales como Bacterias, Macrófitas, macroinvertebrados, Bentos, Necton entre otros. Están directamente relacionadas por la estructura del sistema fluvial, la figura 3. Presenta las ubicaciones de los MAE más estudiados.

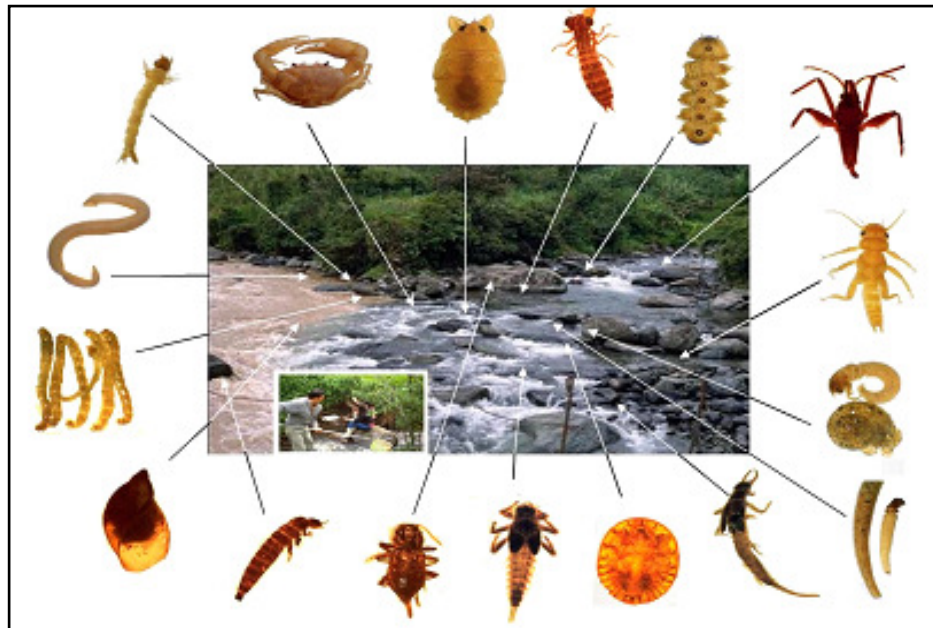


Figura 3. Localización de los MAE en los ríos. Fuente: Roldán, 2007.

Clasificación de los Macroinvertebrados Acuáticos según el tipo de hábitat que ocupan.

De acuerdo al tipo de hábitat que ocupan, los macroinvertebrados pueden ser clasificados como (Samuel, S. *et al*, 2003):

- **Fijadores:** Aquellos capaces de adherirse o agarrarse al sustrato, evitando así, ser arrastrados por el flujo de la corriente
- **Escaladores:** Se adhieren a las macrófitas sumergidas al mismo tiempo que se alimentan mientras se mantienen ascendiendo.
- **Sujetadores:** Tienen la capacidad de adherirse a ambas; ya sea sujetándose al sustrato rocoso o a la vegetación acuática sumergida. Otros construyen casas orgánicas e inorgánicas con las cuales se protegen.
- **Madrigueras:** Se alimentan de FPOM – material orgánico de partícula fina mientras excavan en el sustrato.

- **Nadadores:** Son capaces de controlar la velocidad y direccionalidad de sus movimientos. Pueden avanzar desde la superficie hasta el fondo de la columna de agua.
- **Patinadores:** Algunos órdenes de insectos logran desplazarse sin romper la tensión superficial del agua.
- **Saltadores:** Larvas de organismos colémbolos que con su apéndice posterior en forma de resorte, salta entre la vegetación acuáticas.
- **Flotadores:** Generalmente son las larvas de culícidos que suspendidos de su filotráquea en forma de sifón (tubo respiratorio) se ubican en la interfase airea-agua.

5.5. ESTRUCTURA FISICA DE LOS RIOS

Todos los ríos del planeta tienen una serie de características comunes que se derivan de la corriente del agua, pero también numerosas particularidades en función de las características climáticas y de la cuenca que drenan: área, geología, suelos topografía, usos del suelo, cubierta vegetal e impactos humanos entre otros. De hecho los cauces fluviales pueden ser diferentes entre si desde estrechos cañones de montaña hasta grandes ríos de llanuras aluviales. La estructura física de los cauces es una de las características que más influyen tanto en la estructura como en el funcionamiento del ecosistema fluvial, por tanto su descripción tiene gran interés. En una escala de tiempo reducida, los ríos que atraviesan cañones tienden hacer muy sombríos y tener escasa producción primaria, mientras que los ríos trezados de piedemonte suelen ser mucho mas abiertos aunque menos estables (Barrios, J. *et al.* 2007).

La forma de los cauces de los ríos tiene muchas implicaciones biológicas a múltiples escalas. A escala macroscópica, de kilómetros o centenares de kilómetros, la morfología fluvial determina la distribución y abundancia de los hábitats y refugios, y la posibilidad de dispersión para las especies con mayores requerimientos especiales. A escala de tramo o sección fluvial, es decir entre la

forma del cauce unas decenas de metros y 1 kilómetro de cauce, la heterogeneidad de las formas en el lecho, como abundancia de rápidos y pozas, determinan de la diversidad de los hábitats, y en consecuencia, la diversidad de los organismos. A escala de unos pocos metros a centímetros, la distribución de distintos tipos de sedimento influyen en las conexiones entre el agua superficial y la de escorrentía, o en la estabilidad y el crecimiento de los organismos y la biota acuática. En una de estas escalas, la pendiente, la rugosidad del cauce, el caudal y la velocidad de la corriente establecen condiciones acordes al gradiente fluvial, influyendo en las comunidades acuáticas (Barrios, J. *et al*, 2007).

5.6. VARIABLES QUE AFECTAN LA INTEGRIDAD BIÓTICA

Como consecuencia de la reorientación conceptual de la bioindicación surgió la necesidad de definir un marco referencial de aquellos factores naturales susceptibles de ser modificados por la actividad humana y de cuyo estado depende la integridad biótica de los cuerpos de agua. Con éste propósito existen cinco grupos de variables cuyas modificaciones afectan directamente a la integridad biótica. (Figura 4). (Segnini, *et al*, 2003):

- **LA CALIDAD DEL AGUA:** temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, acidez, alcalinidad, sustancias orgánicas o inorgánicas, metales pesados y sustancias tóxicas.
- **LA ESTRUCTURA DEL HÁBITAT:** tipo de sustrato, profundidad del agua, velocidad de la corriente y complejidad espacio-temporal del hábitat físico.
- **EL RÉGIMEN DEL FLUJO:** volumen de agua y variaciones temporales del caudal.
- **LAS FUENTES ENERGÉTICAS:** tamaño, cantidad y tipo de la materia orgánica entrante y los cambios temporales en el patrón de suministros energéticos.
- **LAS INTERACCIONES BIÓTICAS:** competencia, depredación, enfermedades, parasitismo y mutualismo

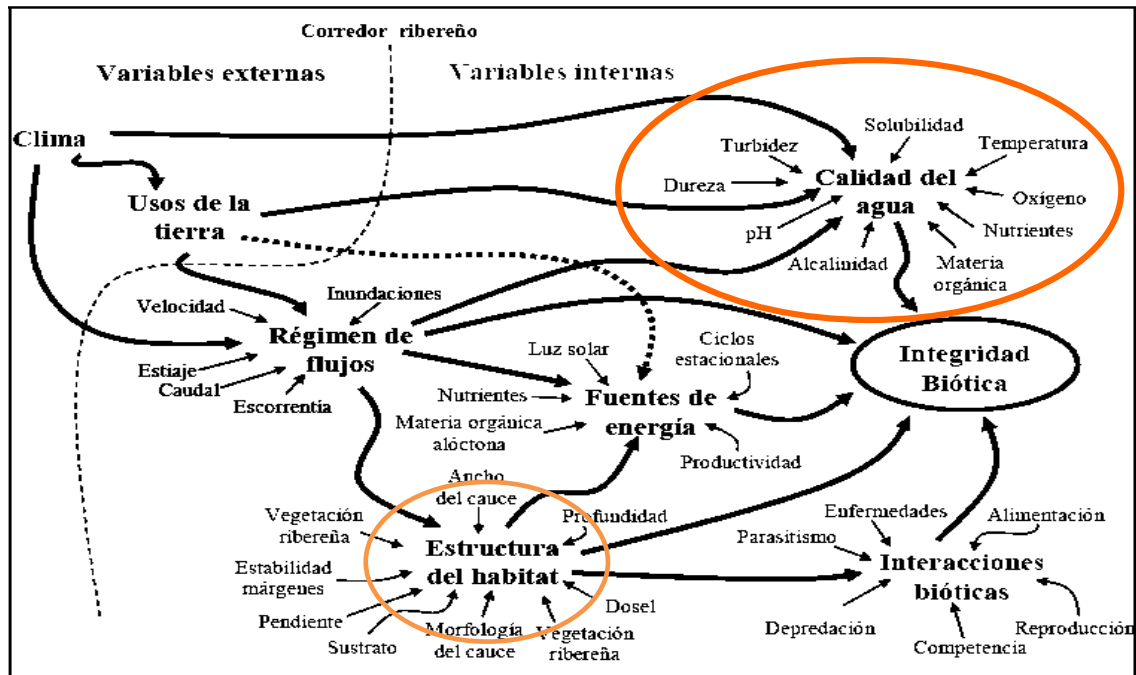


Figura 4. Variables externas e internas que afectan la integridad biótica .Fuente: Manual de la calidad del agua .Universidad de la concepción Santiago de Chile.

La evaluación de la condición de un cuerpo de agua debe estar basada en la valoración de los componentes más representativos de la integridad biótica como aquellos relacionados con la estructura de la comunidad, la composición taxonómica, la condición individual y con los procesos biológicos.

5.7. HÁBITAT

Para cualquier especie, el hábitat es definido como el lugar donde existen recursos y condiciones físicas y bióticas que permiten la sobrevivencia, reproducción y establecimiento de un organismo (Batzli & Lesieutre, 1991; Lubin, *et al*, 1993); o el área (espacialmente limitada) en la cual, la densidad o cualquier parámetro poblacional es diferente entre localidades o parches contiguos (Morris, 2003).

5.7.1. Subhábitat

Teniendo en cuenta la definición de hábitat podemos considerar que un subhábitat es una parte mas pequeña donde el individuo interactúa mas directamente con los componentes bióticos y abióticos de una parte de un área.

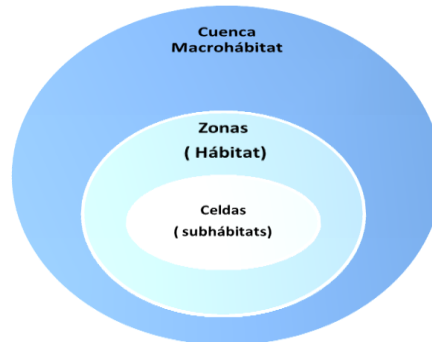


Figura 5. Microhábitat, hábitat y subhábitat.

5.7.2. Preferencia de hábitat

La preferencia de hábitat por parte de una especie es una temática de gran importancia en biología, pues las intervenciones humanas en los ecosistemas lóticos afectarán de forma directa o indirecta los recursos, condiciones y por ende el hábitat de las especies; modificando la abundancia, distribución espacial y probabilidad de extinción local. (Manly, *et al*, 1993),

Actualmente es un tema difícil de abordar, debido a que la literatura existente es difusa, incluye contradicciones teóricas y los métodos matemáticos para inferir preferencia son repetitivos y no han sido priorizados (Montenegro, J. *et al*, 2008).

Un primer paso en la aproximación a la caracterización de las preferencias de hábitat o subhábitat (s) de un organismo consiste en cuantificar una serie de variables ligadas a la presencia de sus individuos en el área de estudio, para valorar posteriormente su relevancia como factores determinantes de su distribución (Morrison, *et al*, 1998).

La preferencia de hábitat se entiende como una consecuencia de la selección o uso asimétrico de unos recursos sobre otros por parte de cada individuo de la población, de forma no aleatoria, entre los hábitat potenciales (Krausman, 1999; Morris, 2003). La preferencia de hábitat sólo puede ser inferida, o evaluada de manera indirecta, por medio del uso que hace el organismo de algunos recursos físicos y biológicos en hábitats diferentes (Litvaitis, *et al*, 1994; Matthiopoulus, 2003).

Adicionalmente la selección de un hábitat también depende de la calidad del mismo, que usualmente es inferida a partir de parámetros poblacionales, ya que asume que hay una relación lineal entre estos parámetros y la calidad del hábitat (ej. mayor tasa de natalidad implicando mayor calidad).(Hall, *et al*, 1997) para que un hábitat sea seleccionado, éste debe estar disponible para la especie, es decir, que el hábitat y los recursos a ser usados no posean factores limitantes (ej. físicos, biológicos y químicos).

INDICES DE PREFERENCIA DE HABITAT

Con el fin de cuantificar la proporción relativa de uso o la preferencia de hábitat se han diseñado numerosos Índices, cuya calidad, depende del cumplimiento de los siguientes criterios (Lechowicz, 1982):

- Tener rangos equivalentes de aceptación o rechazo de la preferencia.
- Poseer valores claros de rechazo y aceptación de la preferencia presentándose el valor máximo cuando únicamente un hábitat es usado y el valor mínimo cuando este no lo es.
- Ser aplicables para modelos aleatorio.
- Poco sensible a errores de muestreo.
- Permitir realizar comparaciones estadísticas entre subgrupos.
- Arrojar resultados comparables independientemente del tamaño muestral y/o la abundancia de recursos.

El índice de Erdakov *et al*, (1979) es un índice de preferencia que trabaja de la siguiente forma: el rango de preferencia calculado por este se presenta entre valores de -1 a +1, de los cuales si el valor calculado es > 0 Indica que Prefiere, Si es < 0 Indica que Evita o no usa el hábitat. Figura 6, Tabla 1.

$$E_i = \frac{p_{U_i} - [(U - u_i)/((C - 1)U)]}{p_{U_i} + [(U - u_i)/((C - 1)U)]}$$

Figura 6. Formula del Índice de Erdakov, Efimov, Galaktionov & Sergeev (1979).

Tabla 1. Convenciones índice de Erdakov, *et al*, (1979).

<i>E_i</i>	=	Índice de Erdakov, Efimov, Galaktionov & Sergeev (1979).
<i>C</i>	=	Número de categorías de hábitat
<i>U_i</i>	=	Número de individuos que usan la categoría “i”
<i>U</i>	=	Número total de individuos
<i>P_{ui}</i>	=	U / u_i , proporción de uso de la categoría “i” con respecto a U

5.7.3. Hábitat potencial.

Se define el Índice de Hábitat Potencial ó (APU) como el equivalente al porcentaje del hábitat, expresado como superficie del cauce inundado o como anchura por unidad de longitud de río, que puede ser potencialmente utilizado con una preferencia máxima por una población o una comunidad fluvial.

El estudio del Hábitat Potencial Útil permite conocer las posibilidades de uso del río por parte de un organismo, en función de las características de la corriente a medida que va variando el caudal. Se trata de establecer una combinación de

condiciones hidráulicas (velocidad, profundidad) y características del cauce (sustrato), óptimas para cada especie y estado de vida.

Se debe considerar en múltiples celdas, variables como: profundidad, velocidad, tipo de granulometría determinada y caudal. El producto de estos valores permite obtener el índice de conformidad, por el área o superficie real de la celda.

El APU es de esta forma el hábitat (en términos de área) potencial útil de cada celda, Área es la superficie real de la celda y el IC es el índice de conformidad de la celda (Bovee, *al et*, 1982) figura 7

$$(IC): \sqrt[3]{C_h \times C_v \times C_s}$$

Figura 7. Índice de conformidad de la celda (Bovee, *al et*, 1982)

5.8. CALIDAD BIOLÓGICA

En un ecosistema lótico, se determina usando las características y propiedades de los organismos y comunidades, presente en ellos, así como sus adaptaciones al medio, definidas en su mayoría por los factores abióticos y en especial por los factores limitantes existentes en esos ecosistemas.

Los macroinvertebrados acuáticos son generalmente abundantes, relativamente fáciles de recolectar y tienen el suficiente tamaño para ser observados. Presentan las siguientes ventajas, prácticamente universales, son sedentarios, son extremadamente sensibles a perturbaciones, presentan largos ciclos de vida, muestran una respuesta inmediata ante un determinado impacto, existe un patrón de estímulo-respuesta ante alteraciones físico-químicas. (Zamora, H. *et al*, 1992).

En ríos de montaña de aguas frías, muy transparentes, oligotróficas y muy bien oxigenadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de Plecópteros, Trichópteros y Ephemeropteros; pero también se espera encontrar en bajas proporciones, Odonatos, Hemípteros, Dípteros, Neurópteros, Ácaros, Crustáceos, y otros grupos menores (Roldán, *et al*, 1999). Por el contrario, en ríos y quebradas que están siendo contaminadas con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutrofizadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de Oligoquetos, Quironómidos y ciertos Moluscos; ocasionalmente, pueden presentarse algunos individuos que se consideran indicadores de aguas limpias. Las características de olor y color de las aguas, puede dar un diagnóstico rápido acerca de la calidad del agua. En otras palabras, puede afirmar con relativa seguridad si el ecosistema no está perturbado (Toro, J. *et al*, 2003).

5.8.1. Evaluación biológica

Es la determinación cualitativa o cuantitativa del estado, actual es decir, el grado o nivel de alteración o no, en relación con las características en condiciones naturales o normales de un cuerpo de agua, se hace utilizando como parámetros de medición y análisis, las características y propiedades de los organismos y comunidades para el cálculo de índices o el manejo de matrices, para tal fin.

5.8.2. Determinación de la Calidad biológica

En un ecosistema acuático, esta determinada por la dominancia de las poblaciones de organismos adaptados, característica, o propios de la calidad de sus aguas, los cuales utilizamos como bioindicador bien sea cualitativamente o cuantitativamente, según el índice que se aplique.

Para la evaluación de la calidad de las aguas desde el punto de vista biológico se puede utilizar cualquiera de los grupos bióticos, como las bacterias, algas, macrófitas, protozoos, macroinvertebrados o peces, mediante el análisis de la estructura de su comunidad, el cálculo de índices de diversidad adecuados para

homologarlos a índices de calidad, sometiendo organismos vivos a ensayos de laboratorio (bioensayos), o la aplicación de su carácter bioindicador, entre otras metodologías. Sin embargo, actualmente esta tomando cada día mas fuerza y por lo tanto es mas común, la utilización de las poblaciones y comunidades de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales MAE para tal fin, pues se presenta una serie de características favorables que los han llevado a ser preferidos por los ecólogos y limnólogos como elementos de análisis de calidad biológica de las aguas epicontinentales. (Zamora, H., *et al*, 1992).

6. METODOLOGIA

6.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA Y CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio (Figura 8) se encuentra ubicada en la región andina en el departamento del cauca, municipio de Popayán, vereda calibío cerca del kilómetro 11 de Popayán con coordenadas geográficas de N: 02° 32.' 00,8" --- OW: 76° 33'. 0,37" a una altura de 1.778 msnm, con una extensión de 100 metros de largo en y 20 de ancho en el río para su respectiva observación y muestreo.

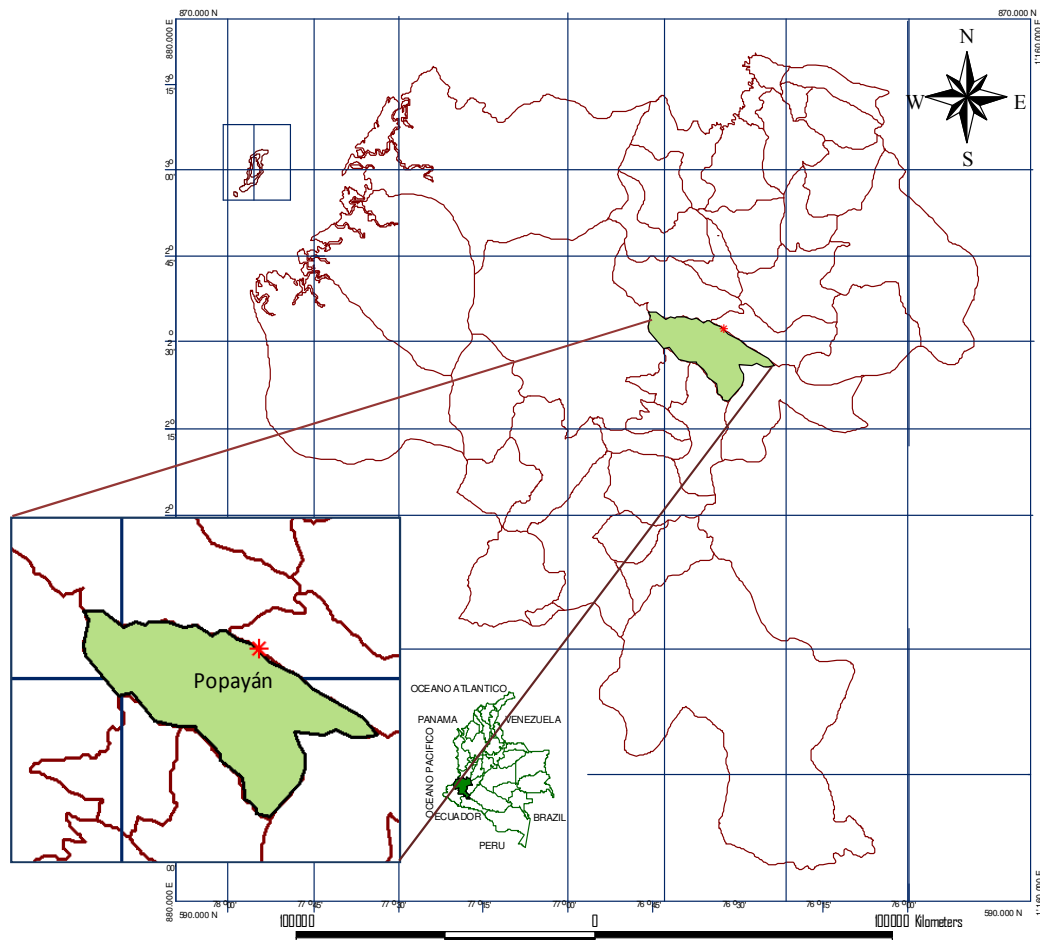


Figura 8. Ubicación del área de estudio, vereda Calibío Municipio de Popayán.

La longitud total del río es de aproximadamente 84 kilómetros desde su nacimiento hasta su desembocadura al río cauca. El río Palacé se forma a partir de las aguas

de escorrentías superficial del cerro pozo negro a 3500 metros sobre el nivel del mar, las cuales forman una amplia laguna conocida como Calvache, de la cual se origina el cauce principal de río. En río se considera de tercer orden según el concepto de Vannot, (1980), recibiendo en su trayecto numerosos pequeños tributario Guambio, Agua Colorada y Mota. En el recorrido se encuentra algunos asentamientos humanos entre los cuales están Gabriel López, Polindara, Calibío y la Rejoja.

6.2. ZONAS DE MUESTREO

Para realizar el estudio de una parte o tramo del río Palacé, se establecieron los sitios para la tomas de datos de la siguiente manera:

- Empezamos seleccionando un tramo con hábitats representativos y delimitamos tres zonas especificas a estudiar así **zona 1**: rápidos, **zona 2**: somero, **zona 3** : tabla
- Mediante el empleo de un decámetro determinamos el ancho y el largo de las tres zonas (20 X 2 metros). De acuerdo con esta medida se dividió cada zona del río en celdas las cuales correspondieron a cada subhábitat, procurando que todas tuvieran un mismo tamaño así que las celdas de cada tramo transversal quedaron de 1 metro de ancho por 2 metros de largo. Figura 9.
- De acuerdo a lo anterior se establecieron un total de 60 celdas distribuidas de la siguiente manera: para la **zona uno**: 20, para la **zona dos**: 20 y para la **zona tres**: 20 que abarcaran de orilla a orilla del cauce del río.

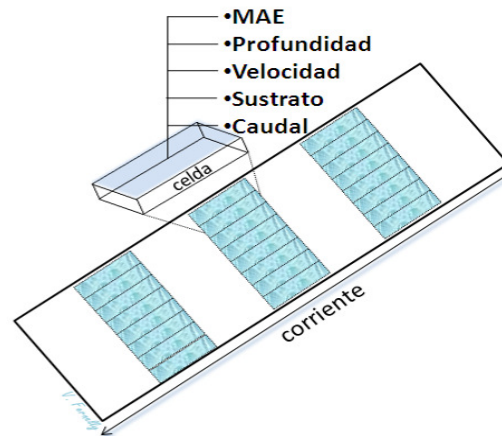


Figura 9. Método de celdas transversales homogéneas

6.3. RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

Se colectaron los MAE en cada una de las 20 celdas en cada zona, por cada campaña de muestreo, se preservaron en frascos plásticos con un porcentaje de alcohol al 75%, luego se llevaron al laboratorio de biología de la universidad del Cauca, para su posterior identificación taxonómica hasta el nivel de género empleando las diferentes guías y documentos para identificación de MAE del grupo de recursos hidrobiológicos continentales de la universidad del cauca.

Por lo regular las aguas corrientes pocas profundas son los sustratos mas productivos. Aquí la red de mano es el artefacto más eficiente para obtener una abundante y variada fauna béntica.

La red de mano usada en estudio, tiene las siguientes características: red de 1 metro de ancho, por 1.20 metros, malla de 1mm. Sujeta a dos soportes se madera. Una persona se coloca contra de la corriente sujetando la red a un ángulo de 45° grados, otra persona en dirección de la corriente remueve el sustrato con pies y manos aguas arriba las larvas presentes en el sustrato removido son arrastradas por la corriente y atrapadas por la red. Figura 10.

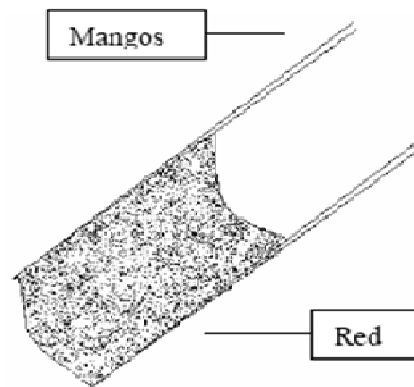


Figura 10. Red de pantalla (Fuente: Guía para identificación de macroinvertebrados acuáticos. Roldán, P. *et al*, 1996.).

6.4. VARIABLES ECOHIDRAULICAS

Se tomaron en campo el mismo día de colecta de los macroinvertebrados, los factores analizar por cada celda de las secciones transversales fueron: velocidad, profundidad y el tipo de sustrato presente en cada celda.

Para medir la velocidad de la corriente se empleo un molinete marca Messtechnik®, tipo C2.10.150, con una barra de fijación de 9 milímetros por 1 metro de longitud, con una hélice tipo 4, de diámetro igual a 50 milímetros. Posee un contador para registrar el número de revoluciones, se sitúo la hélice a una profundidad promedio de acuerdo a la altura de la columna de agua en cada celda, consiguiendo así el número de revoluciones para cada celda en un tiempo de 60 segundos. Posteriormente con los datos recolectados se creo una matriz, para calcular los valores de la velocidad media. Figura 11.

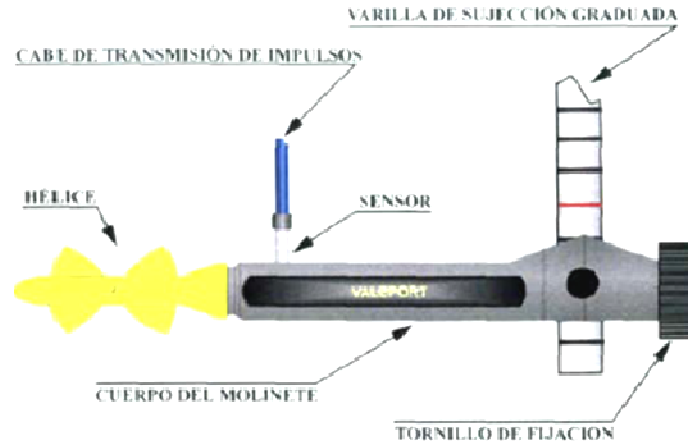


Figura 11. Configuración general de un molinete.

Para la profundidad fue empleada una regla métrica graduada en centímetros fabricada en aluminio. Se midió encada punto, la altura de la columna de agua en el centro de la celda.

Las muestras del sustrato se tomaron en cada celda manualmente con una pala de jardinería y fueron depositadas en bolsas plásticas posteriormente se determino composición granulométrica, indicando el tipo de sustrato que predominaba; para su posterior análisis y clasificación se manejo el criterio de las seis categorías (finos, arena, gravillas, gravas, bloques y roca madre) empleadas para evaluar el sustrato (Bovee, 1977; Raleigh, *et al*, 1984 y Overton, *et al*, 1997).
 Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de sustrato (bovee, 1977; raleigh et al, 1984)

CLASIFICACIÓN DE SUSTRATO	
tipo de sustrato	tamaño (mm)
Finos	< 0,5
Arenas	0,5-30
gravillas	30-60
Gravas	60-250
bloques	250-1000
Roca	1000>

6.5. DETERMINACIÓN DEL HABITAT POTENCIAL Y PREFERENCIA DE SUBHÁBITAT

Se determina primero el índice de conformidad (Ecuación 6.1) y el índice del hábitat potencial, se tomaron los valores de la velocidad, profundidad y sustrato en un rango de 0 a 1, se debe tener en cuenta el tamaño del área en el cual se encontraron los individuos con su respectivo valor de altura de la columna de agua, su velocidad media existente, además se incluyen todos los objetos contenidos dentro del cauce y las formaciones especiales del lecho.

Con base en lo anterior se registraron los valores con sus rangos para profundidad y velocidad; el sustrato y su clasificación para las celdas. Tabla 6, se baso en la clasificación de las Tablas 3, 4,5, por rangos de profundidad, velocidad, clasificación de sustrato y clasificación de celdas según el sustrato (Bovee, 1977; Raleigh, *et al*, 1984)

Tabla 3. Rangos estimados para la profundidad.

PROFUNDIDAD	
Rango	Valor
0 ---- 20 cm.	1
20 ----- 39 cm.	0.8
40 -----59 cm.	0.6
60 -----69 cm.	0.4
70 > cm.	0.2

Tabla 4. Rangos estimados para la velocidad.

VELOCIDAD	
Rango	Valor
0 ---- 1.0 m/s	1
1.0 ----- 1.5 m/s	0.8
1.5 -----2.5 m/s	0.6
2.5 -----3.0 m/s	0.4
3.0 > m/s	0.2

Tabla 5. Clasificación del sustrato.

CLASIFICACIÓN DE SUSTRATO		
código	tipo de sustrato	tamaño (mm)
1	finos	< 0,5
2	arenas	0,5-30
3	gravillas	30-60
4	gravas	60-250
5	bloques	250-1000
6	roca	1000>

Tabla 6. Valores de clasificación para las celdas según el sustrato.

CÓDIGO	SUSTRATO	VALOR
1	finos	0,0
2	arenas	
2	arenas	0,25
3	gravillas	
3	gravillas	0,50
4	gravas	
3	gravillas	0,75
4	gravas	
5	bloques	1,0
4	gravas	
5	bloques	

De esta manera obtenemos el coeficiente de conformidad que esta dado por la siguiente ecuación:

$$(IC): \sqrt[3]{C_h \times C_v \times C_s} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Donde:

(Cv): velocidad, (Ch): profundidad, (Cs): sustrato.

Son específicos para cada celda (subhábitat) y zona (hábitat) del tramo longitudinal (Mayo et al 2000). Después el número obtenido se multiplica por el área real de cada celda para obtener el índice de hábitat potencial o APU, así:

ÍNDICE DE CONFORMIDAD (IC) X ÁREA REAL (AR) = ÍNDICE DE HÁBITAT POTENCIAL Ó APU

El Área es la anchura real de la celda dependiente del incremento de profundidad. Este cálculo se aplica a cada celda, considerando los distintos órdenes de macroinvertebrados identificados, obteniéndose distintos valores de APU para cada celda y transecto (Mayo, *et al*, 2000).

PREFERENCIA DE SUBHÁBITAT.

Para determinar la preferencia de subhábitat se evaluó la aplicación del índice de Erdakov, Efimov, Galaktionov & Sergeev (1979).

6.6. ANALISIS DE RESULTADOS

Para comparar las zonas (Hábitats) en base a las variables profundidad, velocidad, sustrato, y sobre las abundancias de los órdenes de macroinvertebrados presentes en cada una de las zonas, se utilizó la prueba estadística de Kruskal - Wallis (Sig.: 0.05). Por otro lado, para comprobar la importancia estadística de las variables ecohidráulicas sobre la preferencia de subhábitat, se aplicó la prueba de Chi - cuadrado χ^2 (Sig.: 0.05). La relación entre las variables ecohidráulicas y los órdenes estudiados, se evaluó por medio de correlaciones bivariadas de Rho de Spearman (Sig.: 0,05).

Se empleo el programa HaviStat © v.1.0, (Montenegro & Acosta, 2008), para determinar la preferencia de subhábitat, mediante la aplicación y evaluación del índice de preferencia de Erdakov, *et al* (1979) para cada una de las celdas ó subhábitats,

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS

7.1.1. Zona de rápidos (Z1)



Figura 12. Zona de rápidos

Las aguas que circulan por esta zona presentan rizaduras y burbujeos (marcas blancas) sin presencia de turbulencias, con profundidades de hasta 60 cm los sustratos predominantes en estas zonas son del tipo rocas bloque y gravillas a excepción de algunas celdas, que además presentan algo de arena C20, C16. Figura 12 y 13. El aspecto general del tramo transversal (Z1) puede ser apreciado en el anexo A.



Figura 13. Aspecto general de C20 y C16 con presencia de arenas, bloques y rocas

Otra diferencia se establece de acuerdo con la vegetación asociada a las riveras del cauce lográndose apreciar que las celdas C1 a C 8 poseen mayor cantidad de vegetación asociada con presencia de árboles de mas de 6 metros de altura los cuales brindan sombra constantemente a estos puntos, las celdas de C20 a C16 presentan arbustos y pastos asociados a su rivera aquí en estas celdas la radiación impacta de manera directa sobre su superficie. Figura 14. La cobertura es importante pues las raíces sumergidas las raicillas someras son útiles para gran cantidad de insectos acuáticos y a otros animales del ecosistema pues brindan protección y refugios adecuados para la supervivencia.



Figura 14. Vegetación Asociada a la Rivera en la zona 1

7.1.2. Zona de somero (Z2)



Figura 15. Zona de somero

Es una zona de velocidad poco elevada, que no están aislada del flujo principal y puede sufrir alteraciones por las variaciones del caudal. Sus profundidades no exceden los 40 cm se presentan como zonas con orillas protegidas por bloques y presencia de grava, gravillas, rocas y arenas, entre los que circula el agua con relativa lentitud. Figura 16. El Aspecto general de la zona 2 y sus celdas se presenta en el Anexo A

7.1.3. Zona de tabla (Z3)



Figura 16. Zona de Tabla.

Con profundidades entre 4 -85 cm. No hay rizaduras en la superficie, pudiéndose ver claramente el lecho si el agua está limpia. La granulometría presente es de arenas, gravas, gravillas, bloques y rocas, se presenta vegetación asociada a la rivera en el margen derecho con una cornisa con encueva, estos lugares brindan un amplio refugio para los MAE, aquí se presentaron celdas con arenas, gravillas, hojarasca y bloques. Figura 16 Y 17. El aspecto de la zona (Z3 tabla) puede ser apreciado en el anexo A.

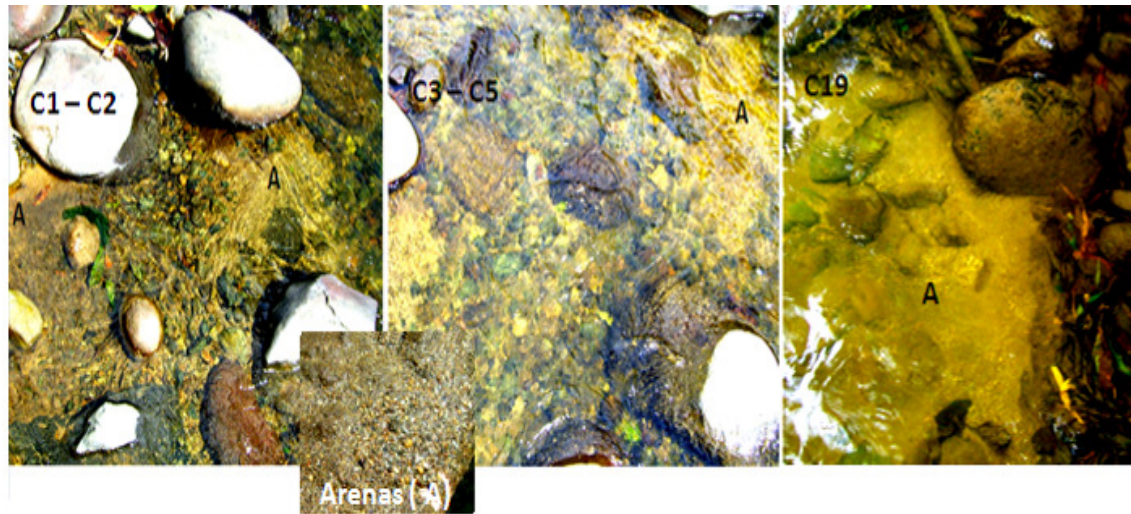


Figura 17. Aspecto General de los Sustratos en C1-2 y C3-5 presencia de arenas, gravas, bloques en Z3.

En las zonas loticas los sustratos más representativos son los materiales vegetales en descomposición, gravas, piedras y arenas. También las zonas más ricas son aquellas en donde la velocidad de la corriente no es fuerte (Roldan, 2006), esto es consistente con lo que se pudo observar durante las campañas de muestreo

7.2. COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS PRESENTES EN LA ZONAS DE MUESTREO

Durante los cinco meses de muestreo se colectaron para la zona 1 (rápidos), organismos pertenecientes a 26 géneros, 17 familias y 7 ordenes para un total de 2848 macroinvertebrados identificados; La zona 2 (aguas someras) fueron registrados organismos pertenecientes a 26 géneros, 18 familias y 8 ordenes un total de 4081 macroinvertebrados identificados. La zona 3 (tabla) presento 30 géneros, 21 familias y 8 órdenes, un total de 2937 macroinvertebrados. Tabla 7 y Figura 18.

Tabla 7. Total de órdenes, familias y géneros por zonas.

ZONA	ORDENES	FAMILIAS	GÉNEROS
1	7	17	26
2	8	18	26
3	8	21	30

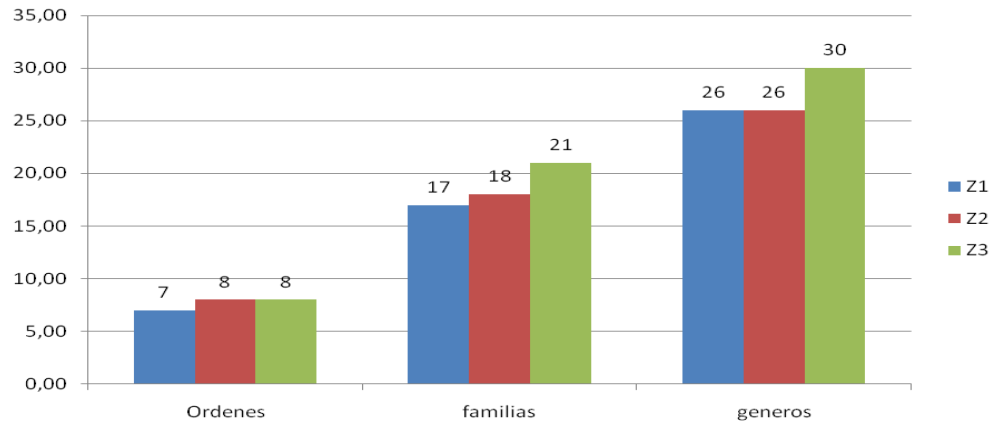


Figura 18. Abundancias entre las diferentes zonas, órdenes, familias y géneros.

Las abundancias para cada uno de los órdenes en sus respectivas zonas de muestreo durante el periodo de colecta (5 meses) se presentan en la Tabla 8, las Tablas 9,10 y 11 presentan los MAE por orden, familia, géneros para cada una de las zonas y sus celdas.

Los *EPHEMEROPTEROS* presentaron las mayores cantidades de individuos, le sigue en orden descendente los *TRICÓPTEROS*, *DÍPTEROS*, *COLEÓPTEROS*, *PLECÓPTEROS* y finalmente los *PLECÓPTEROS* y *ODONATOS* con menores valores. Figura 19.

Tabla 8. Abundancia de órdenes por zonas.

ZONA	COLEOPTERA	DIPTERA	EPHEMEROPTERA	ODONATA	PLECOPTERA	TRICHOPTERA
Z1	158	276	2048	11	43	277
Z2	115	247	3263	7	69	344
Z3	71	233	2316	15	49	222

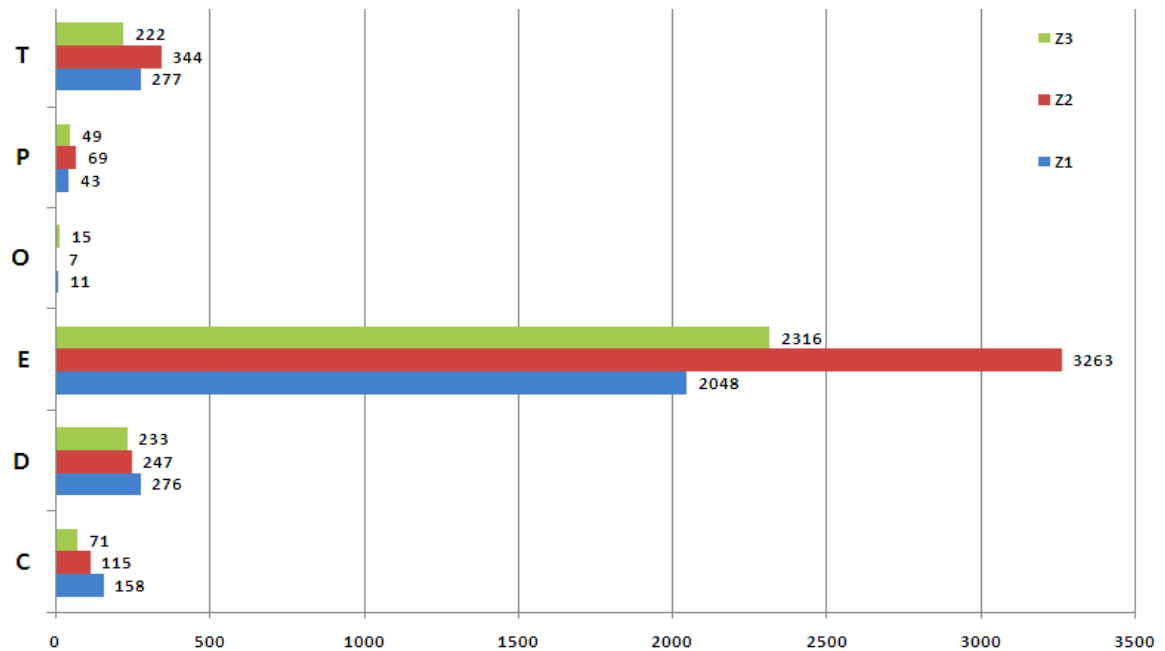


Figura 19. Comparación entre las diferentes zonas y la abundancia por orden, *EPHEMEROPTERA* (E), *TRICÓPTEROS* (T), *DÍPTEROS* (D), *COLEÓPTEROS* (C), *PLECÓPTEROS* (P), *ODONATOS* (O)

En cuanto a los macroinvertebrados en cada una de las zonas y las celdas de acuerdo con la figura 20 se aprecia que en la zona 1,2 y 3 el orden con la mayor abundancia fue el *EPHEMEROPTERA*, representados por un total de 2048 individuos para la zona 1 (rápidos) se encontraban distribuidos preferiblemente en mayor cantidad en las ocho primeras celdas (C1 a C 8) y las tres ultimas (C18 y C20).

Por otra parte los *EPHEMEROPTERA* de la zona 2 (somero) con un total de 3263 reportaron la mayor cantidad de individuos, distribuidos generalmente en las ocho primeras celdas de esta zona con una tendencia a la disminución partir de la celda 10 hasta la celda 17. Los efemerópteros representados con 2316 individuos en la zona 3 (tabla) tuvieron mayor cantidad presentes en las celdas de C1 a C8 y con una disminución notoria de C9 a C16, aumentando casi de manera progresiva de la celda C18 a C 20.Figura 20.

Comparando los *DIPTERA* de las tres zonas se pudo establecer que registra una menor cantidad de individuos para la zona 3 con 233 conteos en relación con los 247 y 276 de las zonas 2 y 1 respectivamente; se observó en la fig. 21, estos están presentes de forma homogénea en todas las celdas de la zona 1 y 2 a diferencia de la zona 3 donde están ausentes en las celdas de C 9 a C 17. Figura 20.

De acuerdo con la figura 21, los *COLEOPTEROS* presentaron mayor número de individuos en la zona 1 y 2 con 158 y 115 individuos colectados, se presentaron ausencias en la celda 11 de la zona 1 y la celda 14 de la zona 2, en la zona 3 se pudo apreciar una reducción muy acentuada de este orden con un total de 71 individuos colectados para el periodo de muestreo, distribuidos de C1 a C8 y de C17 a C20 con ausencia en las celdas de C9 a C16. Figura 20.

Los *TRICHOPTEROS* presentaron mayor número de individuos en la zona 2 y 3 con un total de 344 y 222 individuos colectados, registraron mayor presencia de individuos en las celdas 1,2,20 y 2, 19,20 en la zona dos y tres respectivamente. En la zona 1 se obtuvieron 277 ubicados en las celdas 1 a 6, 9, 10,13 y de las celdas 16 a la 20 con ausencia en las celdas 7, 8, 11,12 y 14,15. Figura 20.

El orden de los *PLECOPTEROS*, presentó mayor distribución en las zonas 1 y 2 con un total de 43 y 69, con más abundancia en las celdas de c1 a c 6, además en c8, c13, c15 y c16. Con mayor presencia en la zona 2. En la zona3 se encontraron dispersos, con el menor número de organismos colectados con un total de 49 individuos, distribuidos en las celdas 1 a 7, 9, 10,11 y 18, 19,20, sin presencia de ellos en las celdas 8, 12, 13, 14, 15,16 y 17. Figura 20.

Los *ODONATOS* se presentan con 11 individuos para la zona 1, 7 en la 2 y 15 en la 3, en la zona 1 (Z1) se presentaron en las celdas: C1, 2, 8,20, para Z2 fueron colectados en: C1, 8, 11,15, y en la zona 3 (Z3) los hubo en las celdas: C1, 9,20 en las demás estuvieron ausentes. Figura 20.

Los *TRICHOPTEROS* y los *ODONATOS*, fueron los órdenes con menor número de individuos colectados para el periodo de muestreo en todas las zonas registrando también las menores abundancias por zonas y celdas. Figura 20.

Los órdenes que presentaron mayor abundancia de individuos para las tres zonas (Z1, Z2, Z3) fueron: *EPHEMEROPTERA*, *DIPTERA*, *COLEOPTERA*. De igual forma podemos apreciar que se distribuyen ampliamente en las diferentes celdas de los tramos transversales (zonas) presentándose el primero como el mas abundante en para las tres zonas (hábitat). Figura 20.

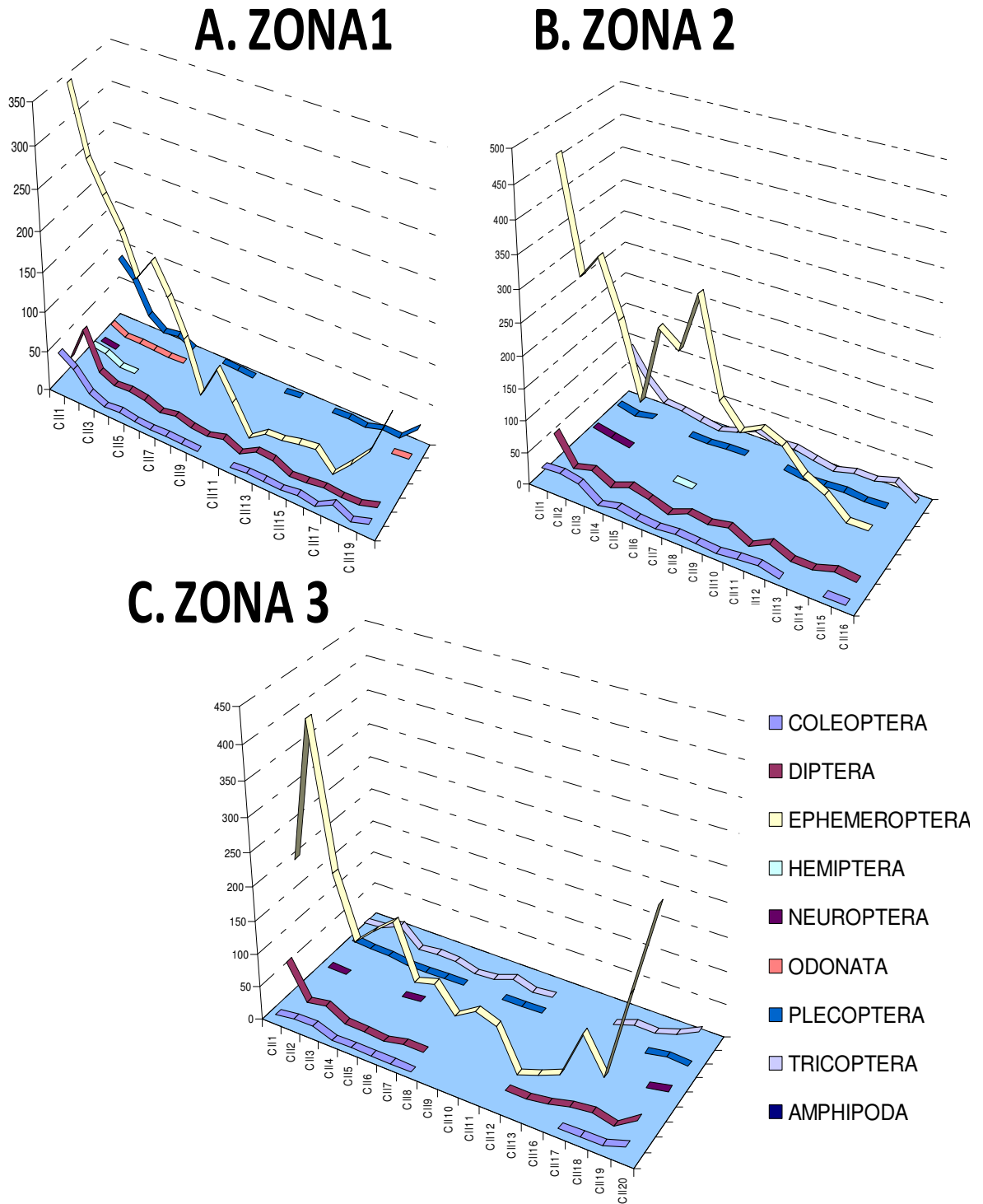


Figura 20. Distribución de las abundancias de los órdenes, celda y zonas

Tabla 9. Abundancia demacroinvertebrados acuáticos en la zona 1

ORDEN	FAMILIA	GENERO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	
COLEOPTERA	ELMIDAE	g1	1																				
		g2		10	2	2	5	2		3	1	2			1	3	2		2		1		
		g3	37	8	2	1	1			2		1							3	1	5	1	5
		g4	6	10	6																7	2	4
	PSEPHENIDAE	g5	2																				
	PTILODACTYLIDAE	g6	4	5	2	1			1								1	2					1
DIPTERA	SIMULIIDAE	g7	10	36	8	6	13	8	2	9	7	2	2			1	2			1	2		1
	BLEPHAROCERIDAE	g8		4	1																		
		g9	15	31	16	10	5	7	6	3			3	9	1	13	11		4	6	3	6	12
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	g10	72	70	69	90	52	91	31	21	3	15	13	2	4	2	9	12	1	4	23	39	
		g11	41	23	9	14	7	4	25	9		5				5		4		3	2	6	
		g12	21	9	52		3		5			1				2		1				5	12
	LEPTOPHLEBIIDAE	g13	8	2													2						1
		g14	138	93	58	44	61	69	47	51	26	44	28			11	7	7	3	4	7	14	32
		g15	69	71	43	48	23	11	31	13	4	9			3	5	3	10	9	2	15	10	17
OLIGONEURIDAE	g16	1	1	1						1													
MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	g17	14	11	2	2			2											1		3	
ODONATA	COENAGRIONIDAE	g18	2	2																		2	
	POLYTHORE	g19	2							1												1	
PLECOPTERA	PERLIDAE	g20	1																				
		g21	13	4	4	3	2	3		1		2					2			1		3	5
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	g22	65	45	12	12	10	4			4	3			2		2		1	5	5	13	
		g23	19	15	7	1	4	2		1					1	1			3		1	10	
	HYDROBIOSIDAE	g24	2	7	4		2			2											1	1	1
	LEPTOCERIDAE	g25	1	2						2													2
ODONTOCERIDAE	g26		2																				

Tabla 10. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la zona 2.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
COLEOPTERA	ELMIDAE	g1	2															
		g2	2	1	2		1			4								
		g3	5	11	8	1	7	3	1	1	3	1	1	2	1		1	1
		g4	14	13	10													
	PSEPHENIDAE	g5	2															
	PTILODACTYLIDAE	g6	3	1	3									4	6			
DIPTERA	SIMULIIDAE	g7	11	6	8	1	9	4		1	6	4		3	2		3	4
	TIPULIDAE	g8			1				1							1		
	BLEPHAROCERIDAE	g9		1	2													
g10		22	5	6	8	12	9			14	2	14	2	7	2	5	8	8
EPHEMEROPTERA	CHIRONOMIDAE	g11	28	4	7				1		3			8			4	
		g12	107	79	67	85	46	81	79	110	90	42	35	36	21	37	25	13
		g13	30	33	56	24	3	28	11	31	5	10	14	8	5		5	6
	BAETIDAE	g14	29	12	36	2		13	4	5	3	5			4		2	
		g15	183	108	115	99	49	96	109	116	54	70	78	61	70	38	28	35
		g16	18	1			15	11				16	13	15	10	7	4	
TRICORYTHIDAE	g17	100	63	60	39	22	28	30	64	28		19	21	5	11	4	13	
HEMIPTERA	NAUCORIDAE	g18	1					2			1				4			
MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	g19	1						1				2					
		g20	13	7	2								2					
ODONATA	COENAGRIONIDAE	g21	1							1			1				1	
	POLYTHORE	g22	1															
PLECOPTERA	CALOPTERYGIDAE	g23	2															
		g24	13	6	11		4	3	5	6		6	2	3	5	2	3	
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	g25	67	30	15	5	6	4	8	17	7	16	11	7	11	10	13	3
		g26	21	14	3	5	2	1	6	3	10	4	2		4	4	10	
	HYDROBIOSIDAE	g27	3	4		7	2			6							1	
	LEPTOCERIDAE	g28			1							1						

Tabla 11. Abundancia demacroinvertebrados acuáticos en la zona 3

ORDEN	FAMILIA	GENERO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C16	C17	C18	C19	C20	
COLEOPTERA	ELMIDAE	g1		1	5		1		1	1							1		2	2	
		g2	4		5		1											2	2	1	6
		g3	1	8	2	1		1										1	2	2	6
	PSEPHENIDAE	g4		1																1	
	PTILODACTYLIDAE	g5	1	1														1	2	2	3
DIPTERA	SIMULIIDAE	g6	4		1					1						2	2	1	3		
	TIPULIDAE	g7			1			1	1						1					1	
	CHIRONOMIDAE	g8	1					1	8	2					1						
		g9	62	11	18	3		1										8	13	7	30
		g10																1			
	BLEPHAROCERIDAE	g11	2	6	3	4	6		1	7							4	4	5	2	3
	EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	g12	37	191	27	6	29	54	21	34	36	33	20	4	6	4	15	21	20	41
g13			18	23	12	9	13	15	12	6					2	3	7	3	12	4	
g14			8	7	10	2	13	5		2			1				1	2	4	6	10
LEPTOPHLEBIIDAE		g15	72	119	108	69	60	62	52	43	9	42	45		7		26	5	84	70	
TRICORYTHIDAE		g16		1																1	
HEMIPTERA	NAUCORIDAE	g17	71	73	48	27	25	29		9	12					21	52	17	60	188	
		g18	1						1		1										
MEGALOPTERA	CORYDALIDAE	g19								3											
		g20	3	2			1	4		1										3	10
ODONATA	GOMPHYDAE	g21	1																		
		g22	5									5									1
PLECOPTERA	PERLIDAE	g23																		3	
		g24	9	6	5	1	1	2	3		2	3	4						1	7	5
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	g25	12	11	10		2	1	1	1	7	1	5				4	7	12	20	
		g26	6	10	22	8	8	8		3	8	4	3					4	4	8	14
	HYDROBIOSIDAE	g27	1	1	2			1				1	1							1	
AMPHYPODA	LEPTOCERIDAE	g28			1		1									1	4			3	
		HYALELIDAE	g29			1															

7.3. VARIABLES ECOHIDRÁULICAS

Se presentan resumidas en tablas para cada una de las zonas de la siguiente manera.

7.3.1 Zona 1

Esta zona posee: velocidad de 1.7418m/s, profundidad 0.44675 m y caudal de 0.56275 m³/s, en promedio. La velocidad promedio 1,616 m/s, se presenta para las celdas (C1 – C5), (C20 – C18) registrándose el menor valor de 0.98 m/s en C1, valores que comparados con las celdas (subhábitats) de la zona media (C6 - C17) con 1.826, m/s. son relativamente menores, para esta zona.

La profundidades de las celdas no variaron mucho en la zona 1(Rápidos) siendo los más altos las de las celdas: 6, 13, 16, 17, 18, 19 y 20 con un promedio de 0.51

metros, los menores valores se registran en las celdas C1 – C5 con un promedio de 0.39 metros de profundidad. El sustrato presentó un mayor predominio de gravillas y gravas en las celdas C1–C5, C19 y C20. Bloques de roca en C13 y C 17. El caudal en C1-C3 presenta valores promedios de $0.494\text{m}^3/\text{s}$, para C19, C20 tenemos valores de $0.43\text{m}^3/\text{s}$ y en las celdas C4-C18 valores de $0.6\text{ m}^3/\text{s}$ un poco mas elevado que para las celdas anteriormente mencionadas.

Tabla 12. Promedio de las variables hidráulicas para la zona 1

CELDA	PROFUNDIDAD (m)	VELOCIDAD (m/s)	SUSTRATO	CAUDAL (m^3/s)
1	0,322	0,980	0,50	0,157
2	0,364	1,715	0,50	0,575
3	0,456	2,032	0,75	0,751
4	0,42	2,540	0,75	1,074
5	0,387	2,178	0,75	0,919
6	0,49	1,820	0,25	0,666
7	0,456	1,385	0,25	0,532
8	0,428	1,772	0,75	0,600
9	0,336	1,406	0,25	0,463
10	0,398	3,874	0,75	0,563
11	0,342	3,756	0,75	0,608
12	0,45	0,987	0,25	0,309
13	0,544	1,572	1	0,505
14	0,474	1,720	0,25	0,761
15	0,5	1,685	0,75	0,663
16	0,506	1,017	0,5	0,482
17	0,484	0,914	1	0,386
18	0,484	1,248	0,25	0,382
19	0,504	1,183	0,75	0,405
20	0,59	1,052	0,75	0,454

7.3.2. Zona 2

La tabla 13 de variables para la zona 2 (somero). Muestra que la zona presento en promedio: 0.38 m de profundidad, 1.35 m/s de velocidad y caudal de 0.34m³/s. se observa que en las celdas C 1,3,7,9,11, una profundidad promedio de 0,29 metros a diferencia de C 2,4,5,10,13 con 0.35m, y las celdas C6,8,12,14,15,16 con 0.54m, la menor velocidad de 0.74 m/s, en C 1,4 5, para C 2,3,6,7,8, registro valores de 1.193m/s, por ultimo las celdas C9-C16, presentaron valores de 1.66 m/s, poco mas elevada, el caudal presento valores promedios de 0.2m³/s en las celdas C1-5, 7,9,11, el valor de 0.47 m³/s, registro para C6,8,10, y C12-16,

Tabla 13. Promedio de las variables hidráulicas para la zona 2

CELDA	PROFUNDIDAD (m)	VELOCIDAD (m/s)	SUSTRATO	CAUDAL (m ³ /s)
1	0,212	0,679	0,5	0,102
2	0,378	1,136	0,5	0,217
3	0,256	1,012	0,25	0,164
4	0,372	0,690	0,5	0,152
5	0,302	0,873	0,5	0,176
6	0,456	1,288	0,25	0,350
7	0,294	1,238	0,25	0,298
8	0,534	1,292	0,5	0,397
9	0,236	1,513	0,75	0,258
10	0,3 2	1,647	0,5	0,353
11	0,292	1,575	0,75	0,286
12	0,546	1,754	0,75	0,475
13	0,37	1,739	1	0,365
14	0,628	1,533	0,75	0,520
15	0,536	1,607	1	0,513
16	0.812	1,946	0,75	0,846

7.3.3. Zona 3

Como se indica en la tabla 14 las variables hidráulicas para la zona 3 (tabla) presento valores de profundidad, velocidad y caudal promedio de 0,4833_m, 1,0932_{m/s}, 0,49425 _{m³/s} respectivamente. La profundidad en C1,3,4, es la menor con 0.22_m en promedio, un 0.42 _m es para C 2,5,7,10,12,14,20, y el valor de 0.609 _m, se presento en C 6,8,9,11,13,15,16,17,18,19. Para el caudal se obtuvo 0.143_{m³/s} de C1-5, las celdas C20, tienen 0. 343_{m³/s}, a diferencia de 0.567 _{m³/s}, de C6 -19, la velocidad promedio de C1 a C8 fue de 0.693 _{m/s} para las demás se presento 1.460 _{m/s} en promedio.

Tabla 14. Promedio de las variables hidráulicas para la zona 3

CELDA	PROFUNDIDAD (m)	VELOCIDAD (m/s)	SUSTRATO	CAUDAL (m ³ /s)
1	0,198	0,000	0,25	1,083
2	0,316	0,180	0,25	0,050
3	0,182	0,629	0,25	0,087
4	0,286	0,775	0,5	0,172
5	0,454	0,686	0,5	0,261
6	0,54	0,825	0,5	0,322
7	0,446	0,931	0,25	0,341
8	0,52	0,824	0,25	0,335
9	0,616	1,106	0,25	0,469
10	0,462	1,384	0,25	0,455
11	0,724	1,480	0,25	0,743
12	0,468	1,633	1	0,522
13	0,642	1,631	0,75	0,821
14	0,346	1,668	0,75	0,442
15	0,686	1,699	1	0,863
16	0,542	1,607	0,75	0,675
17	0,616	1,506	0,25	0,710
18	0,664	1,325	0,25	0,674
19	0,538	0,967	0,25	0,517
20	0,42	1,008	0,75	0,343

La tabla 15 presenta los valores promedios de profundidad, velocidad y caudal en las tres zonas de muestreo Z1, Z2, Z3, para los cinco meses de campaña. La

Figura 21. Ilustra las diferencias entre las tres zonas y las respectivas variables ecohidráulicas.

Tabla 15. Promedios de profundidad, velocidad y caudal en Z1, Z2 y Z3

ZONAS	VARIABLES HIDRAULICAS		
	PROFUNDIDAD _m	CAUDAL _{M/S}	VELOCIDAD _{M³/S}
Z1 (RAPIDOS)	0,446	0,562	1,741
Z2 (SOMERO)	0,38	0,34	1,35
Z3 (TABLA)	0,4833	0,494	1,093

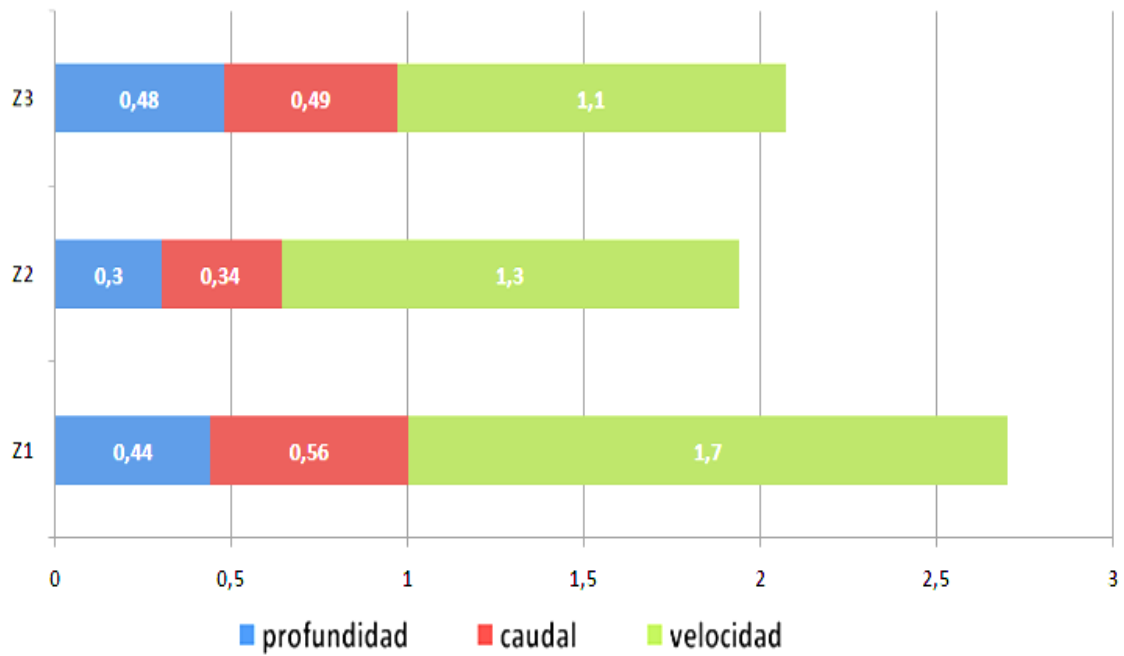


Figura 21. Comparación de las variables hidráulicas en Z1, Z2, Z3

7.4. VARIABLES ECOHIDRAULICAS Y LOS MACROINVETEBRADOS

7.4.1. Zona 1.

MACROINVETEBRADOS CONTRA VELOCIDAD MEDIA

En la Figura 22 se muestra la velocidad media relacionada con el total de individuos encontrados en la zona 1 en los 5 meses de muestreo en cada celda. Cabe resaltar que los mayores numero de individuos fueron colectados en las celdas 1, 2, 3,4, 5 y en las 18, 20, para estas celdas la velocidad fue baja con un valor mínimo de 1,0 m/s para las celda 1,12 ,16 y un valor máximo de 3,9 m/s para las celdas 10, 11. Determinando que al parecer la velocidad del agua es un factor bastante influyente en los MAE.

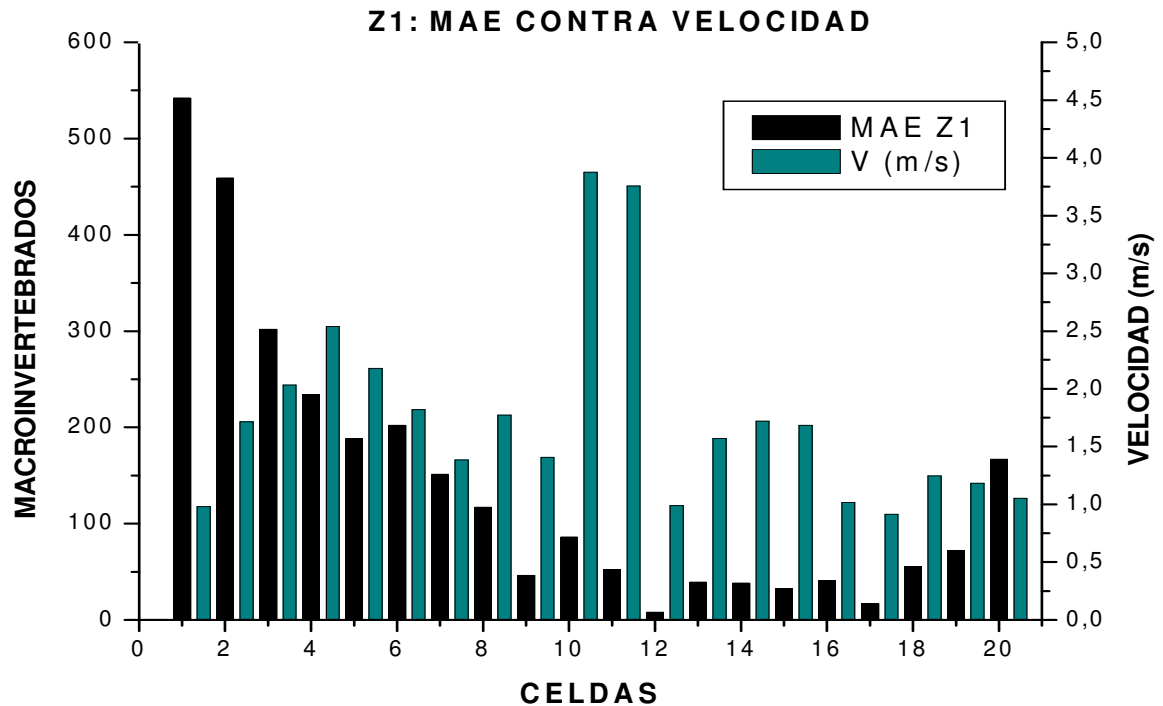


Figura 22. Velocidad asociada a los Macroinvertebrados.

MACROINVERTEBRADOS CONTRA PROFUNDIDAD

Los macroinvertebrados acuáticos con la profundidad, Figura 23, muestra que las celdas 13, 15, 17, 18, 19, 20, con profundidades de 0.54m, 0.50m, 0.48m, 0.48m, 0.50m y 0.59m. Respectivamente y las menores velocidades se registran en 1, 2, 4, 5, 9 y 11.

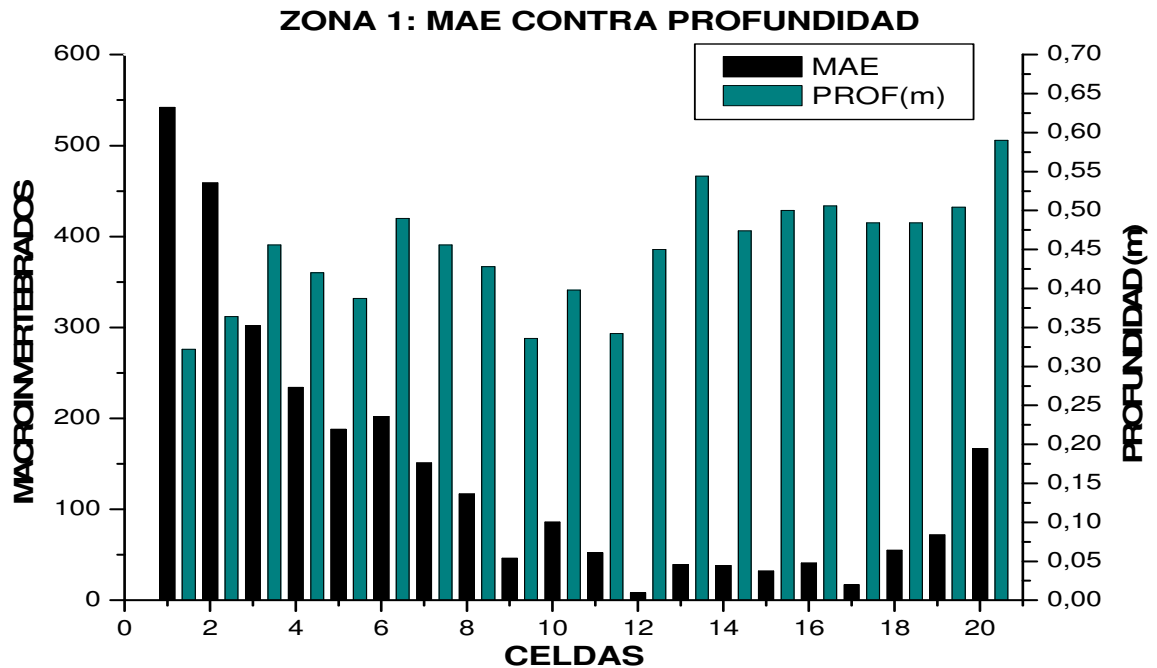


Figura 23. Profundidad asociada a los Macroinvertebrados.

SUSTRATO CONTRA MACROINVERTEBRADOS

En la grafica 24, indica que los valores altos del sustrato se registraron en las caldas 3,4,5, 8,10,11 13,15 19 y 20.con minerales categorizados en gravillas, gravas y bloques con valor de de 0.75 y 1.0 los menores valores se obtuvieron en las celdas 9,12,14y18, indicando presencia de sustrato con pequeña granulometría(0.25). Los macroinvertebrados se presentaron con mayores abundancias en las celdas laterales donde los valores del sustrato oscilan entre 0.25 y 0.75.

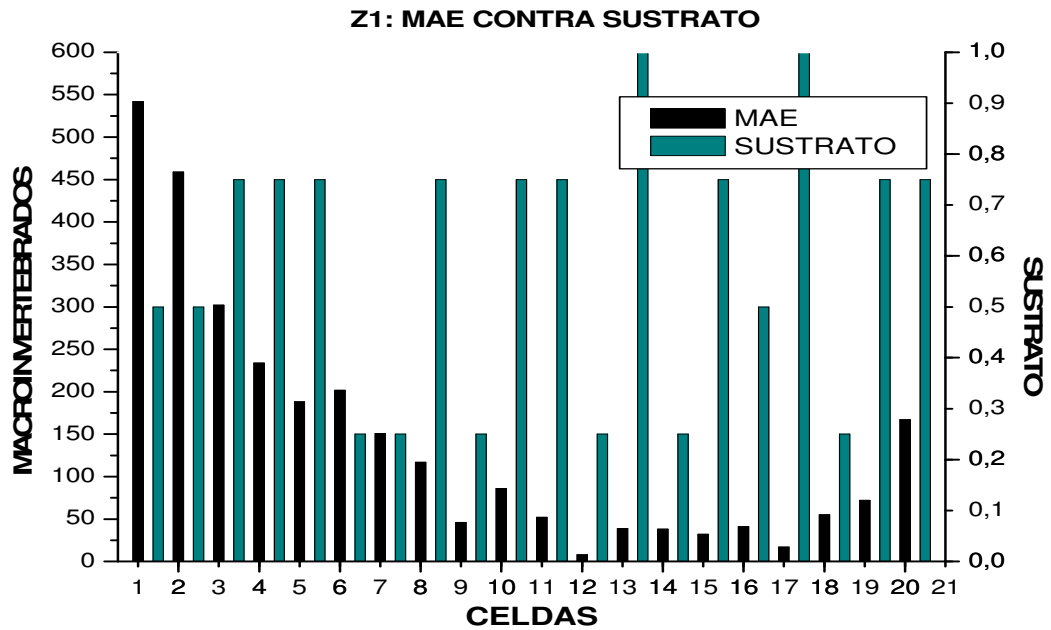


Figura 24. Sustrato asociada a los Macroinvertebrados.

7.4.2. Zona 2.

MACROINVERTEBRADOS CONTRA VELOCIDAD MEDIA

En la zona dos se puede observar que en las celdas 1,2, 3, 4, 5, 6,7, y 8 presentaron las menores velocidades con: 0.68, 1.13, 1.01, 0.69, 0.8, 1.2, 1.2, 1.2 m/s. Los mayores valores se registraron en las celdas C9 – C16 que están entre los 1.5 y 1.9 m/s respectivamente. la velocidad del agua es bastante importante para la distribución de los organismos, en las celdas de la zona dos, ya que el mayor número de individuos se presentan en las celdas laterales del margen izquierdo con velocidades entre 0.65 y 1.25 m/s, con una tendencia a disminuir a medida que aumenta la velocidad en las celdas. Figura 25.

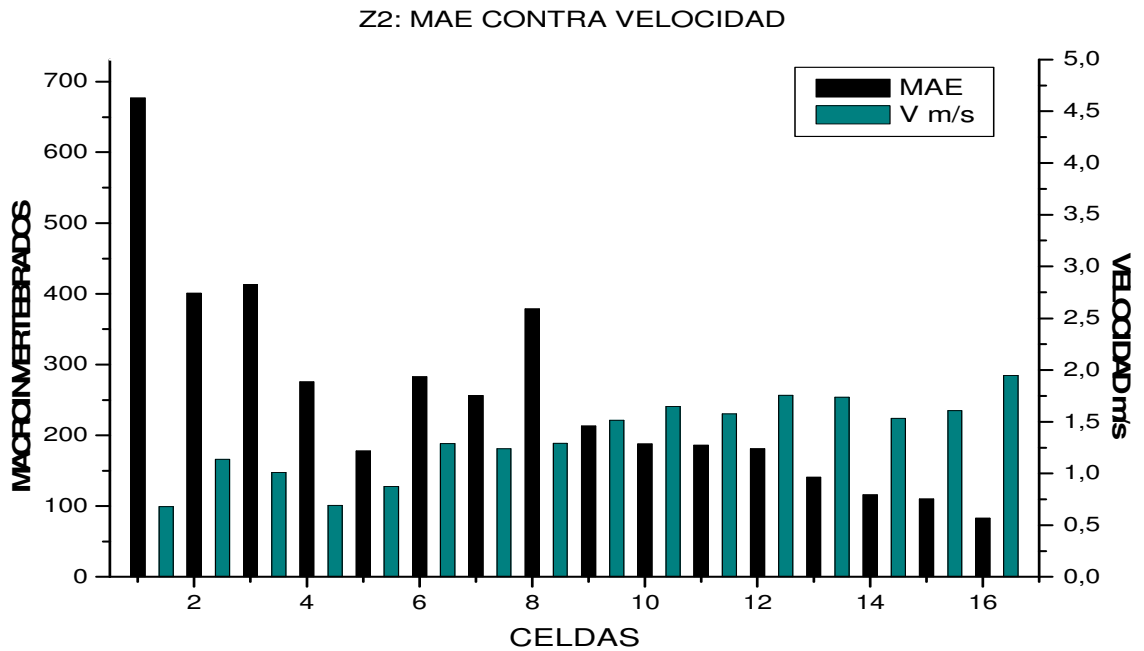


Figura 25. Velocidad asociada a los Macroinvertebrados.

PROFUNDIDAD CONTRA MACROINVERTEBRADOS

La profundidad de la zona dos, presentó que el mayor número de organismos (MAE) estaba en celdas que tenían menor profundidad c1, c2, c3 y c8. Las mayores profundidades se registraron en las celdas 8, 12, 14, 15, 16 con valores de 53 cm, 54 cm, 62 cm, 53 cm y 67 cm respectivamente. Las menores se registraron en las celdas 3, 9, 10, y 11 con valores de 25 cm., 23 cm, 32 cm y 29 cm. la profundidad en este hábitat (zona 2) fue el mas bajo en relación a las otras zonas. Figura 26

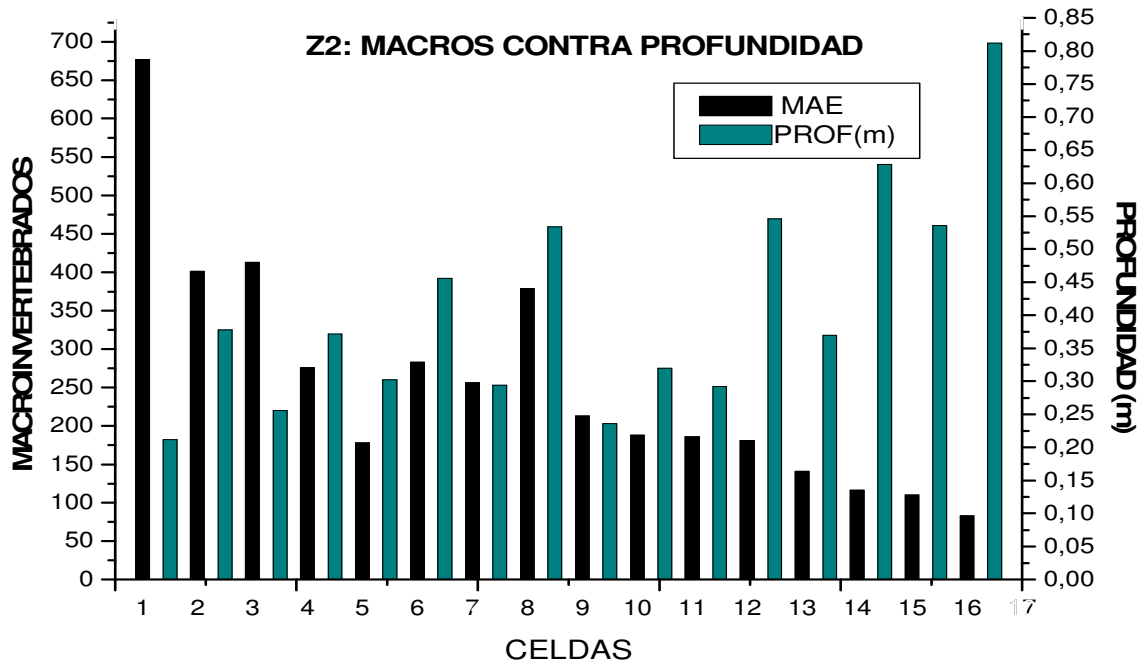


Figura 26. Profundidad asociada a los Macroinvertebrados.

SUSTRATO CONTRA MACROINVERTEBRADOS

En el análisis del sustrato se realizó a través de una escala que va de 0 hasta 1.0. En la gráfica se observa que los macroinvertebrados con mayor número de individuos se encontraron en celdas de la orilla izquierda c1, c2, c3, y c8 además se puede mostrar que los valores altos del sustrato se registraron en las celdas c9, c11, c12, c14 y c16, con valores de 0.75 y c13, c15 con valor de 1.0. Se encontraron minerales categorizados en gravillas, gravas, bloques y gravas y bloques. Los menores valores en las celdas c3, c6, c7 con arenas y gravillas (0.25). Figura 27.

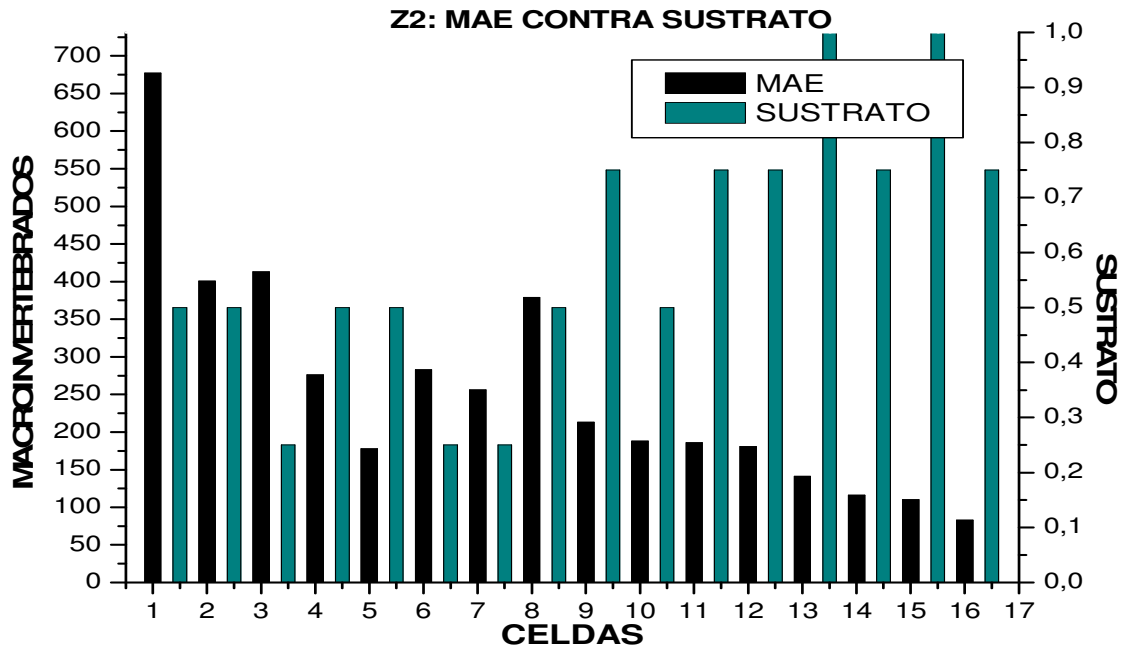


Figura 27. Sustrato asociada a los Macroinvertebrados.

7.4.3. Zona 3.

VELOCIDAD CONTRA MACROINVERTEBRADOS

En la grafica siguiente se muestra la velocidad media para la zona tres comparada con el total de individuos encontrados en los 5 meses de muestreo. Los mayores numero de individuos fueron colectados en las celdas c1,c2, c6,c16 y c20. La velocidad fue baja con un valor mínimo de 0,18 m/s para las celda c1, y c2, c3, por debajo de los 0.20 m/s. se registraron valores máximos para las celdas c12 c13, c14, c15, c16. La velocidad del agua es un factor bastante influyente para la ubicación de los organismos en esta zona. Figura 28

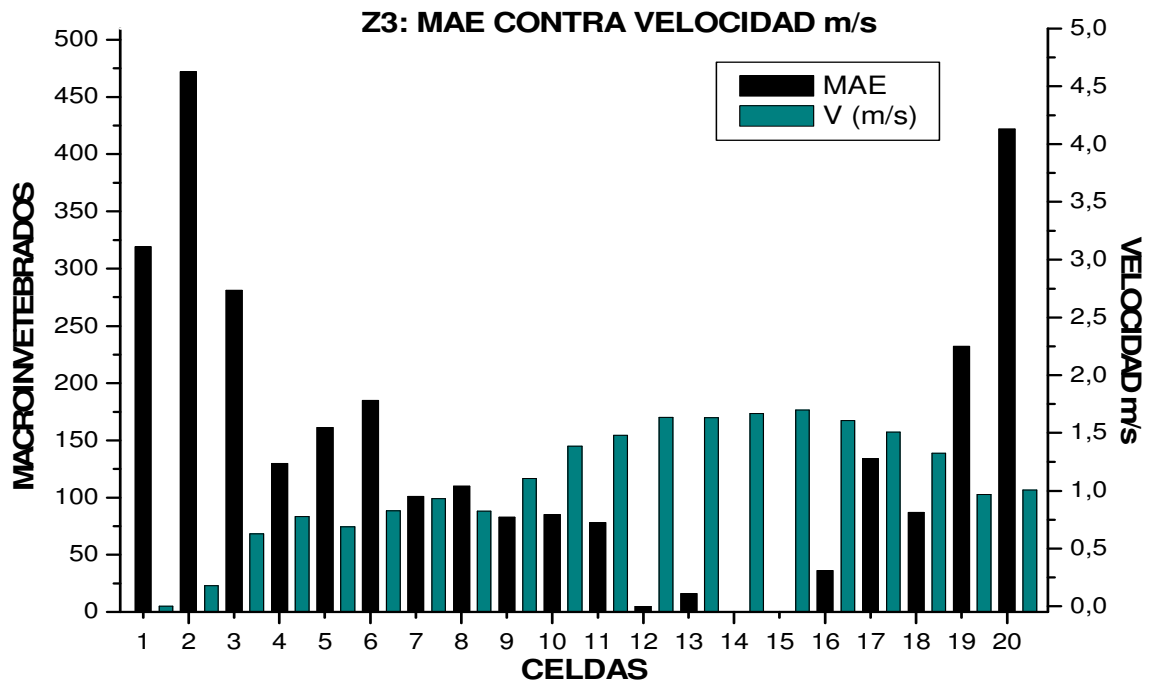


Figura 28. Velocidad asociada a los Macroinvertebrados.

PROFUNDIDAD CONTRA MACROINVERTEBRADOS

Ahora Comparando los macroinvertebrados acuáticos con la profundidad en la zona tres como muestra la grafica a continuación, podemos expresar que en las celdas 6, 9, 11,13, 15, 17 y 18 registraron la mayor profundidad que fue de 54cm, 52cm, 61cm, 64 cm, 68cm, 72 cm y 66 cm respectivamente, y la menor fue en 1, 3, 4, 7 y 20, con 18cm ,19cm, 28cm 44 cm y 42 cm. También se puede afirmar que el mayor numero de individuos fueron encontrados en la las primeras 3 celdas y en las ultimas dos. Figura 29.

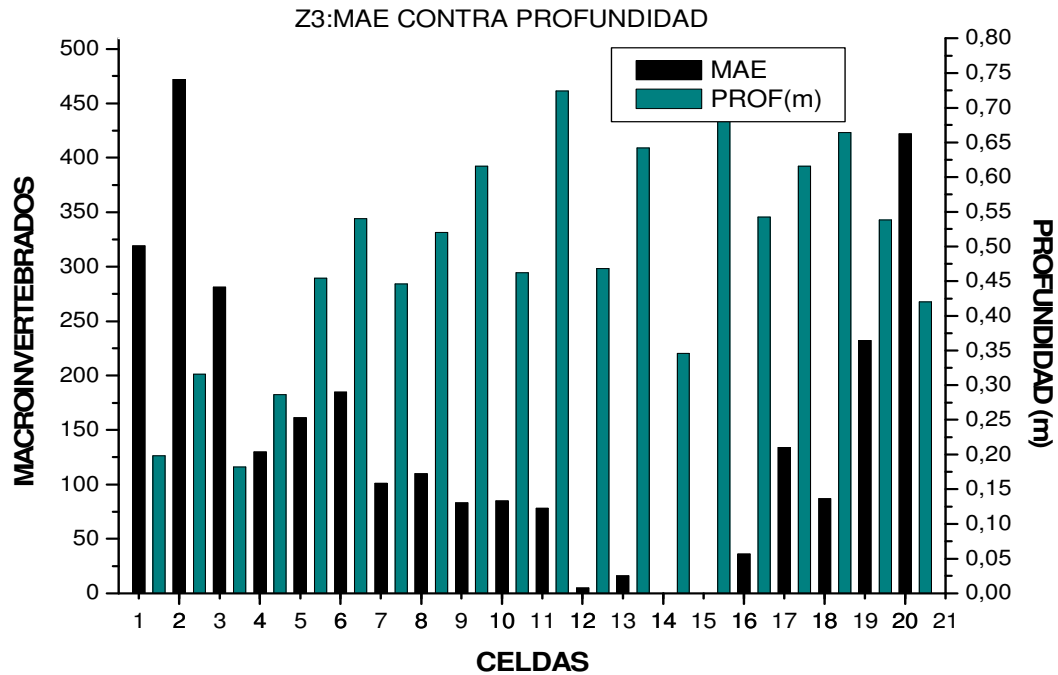


Figura 29. Profundidad asociada a los Macroinvertebrados.

SUSTRATO CONTRA MACROINVERTEBRADOS

En la grafica del sustrato asociada a los macroinvertebrados, se puede apreciar que los MAE encontrados presentan un mayor número de organismos en las celdas c1, c2 c3, c19, y c20 para la zona. También se puede mostrar que los valores altos del sustrato se registraron en las caldas c13, c14 y c16 con valores de 0.75 y c12, c15 con valores de 1.0. Se encontraron minerales categorizados en gravas y bloques. Los valores menores en las celdas c1, c2, c3, c6, c7, c8, c9, c10 c11, c17, c18 y c19 con un valor de 0.25 de sustrato categorizado, lo que significa que en estas celdas el mineral era pequeño en su tamaño correspondiente a gravas y gravillas. Figura 30.

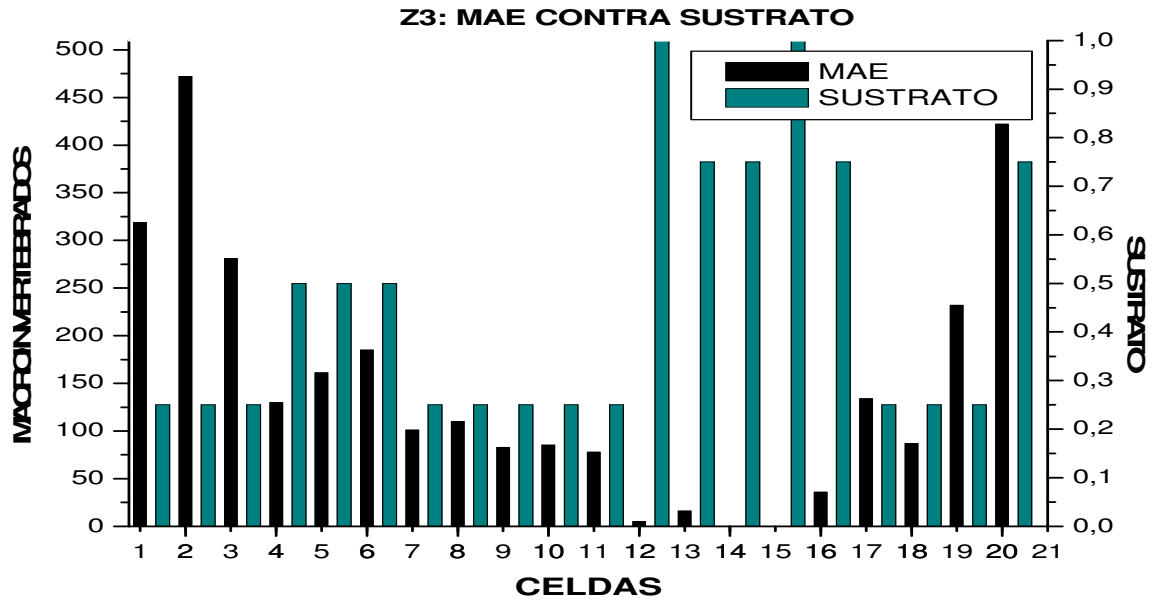


Figura 30. Sustrato asociada a los Macroinvertebrados.

7.5. ANALISIS DEL INDICE DE HABITAT POTENCIAL.

Este índice de hábitat potencial o (APU) es un equivalente al porcentaje de condiciones óptimas, normales, bajas o mínimas que posee el subhábitat en este caso cada celda. Que puede ser potencialmente utilizado con una preferencia máxima o poca preferencia por una población o una comunidad de macroinvertebrados. Esto permitió conocer las posibilidades de uso del río por parte de la especie o especies consideradas en este estudio. Figura 31.

Para poder evaluar el Índice de hábitat potencial se considero antes el índice de conformidad, calculado como el producto de los 3 factores ecohidráulicos; Velocidad, profundidad y sustrato en las tres zonas y en cada una de las celdas. En la zona uno, se considera para las celdas 13 y 17 el potencial es alto con respecto a las demás celdas, en cambio para las celdas 7,9, 14 y 18 fue el menor valor registrado.

Lo que indica el índice es que en las celdas de menor valor no presentan las condiciones óptimas para el aprovechamiento de los organismos, caso contrario

los que registran mayor valor. Para la zona 2 se puede decir que las celdas que presentaron las mejores condiciones del subhábitat fueron las celdas 13, 15 y las menores fueron 1, 3, 7, las demás tienen unos valores normales de condiciones de potencial y aprovechamiento del área estudiada. En la zona tres podemos describir que es una zona irregular ya que se presentan celda intermedia de condiciones óptimas como son: 12,14, 16, 20 y mínimas las celdas 11,17, 18, las otras se encontraban en rangos normales. Los valores altos de APU no indican la preferencia o abundancia de los MAE en las celdas.

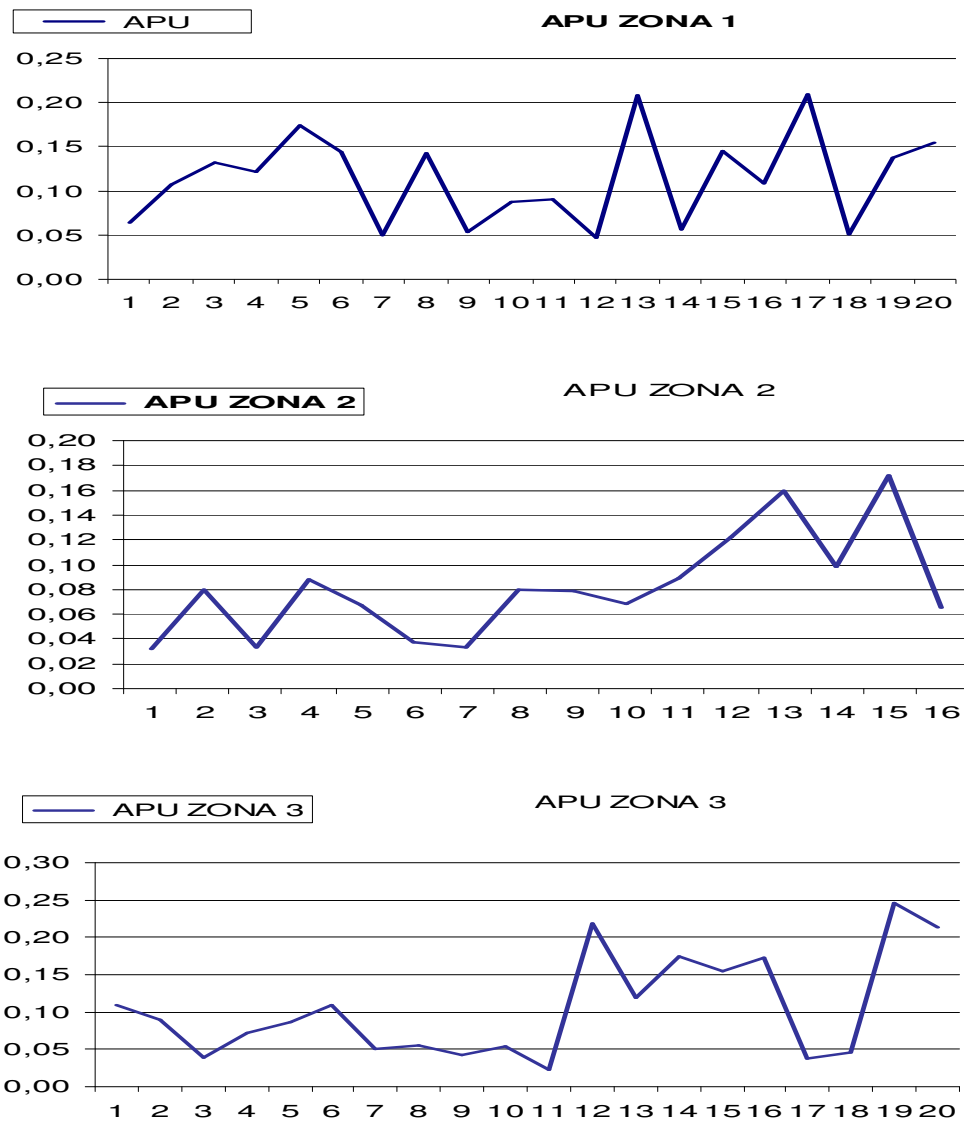


Figura 31. Valores del APU por celda en Z1, Z2, Z3.

7.6. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ECOHIDRÁULICOS SOBRE LOS MACROINVERTEBRADOS DEL RÍO PALACE

Se estableció mediante el análisis de correlaciones bivariadas para los macroinvertebrados del río Palacé en las zonas estudiadas contra las variables de velocidad, profundidad, caudal y sustrato. El resultado se presentan en la Tabla 16, donde la variable de la velocidad correlaciona para Coleóptera, Ephemeroptera, Trichoptera de manera negativa, la profundidad correlaciona para Coleóptera, Ephemeroptera, Díptera, Plecóptera, Trichoptera manera negativa, el caudal se relaciona con Coleptera, Ephemeroptera Y Trichoptera de manera negativa, por ultimo el sustrato se correlaciono para, Ephemeroptera, Plecóptera, Y Trichoptera. (Anexo B.)

Tabla 16. Correlaciones bivariadas de RHO SPEARMAN

V	COEFICIENTE	COLEOPTERA	EPHEMEROPTERA	DIPTERA	ODONATA	PLECÓPTERA	TRICHOPTERA
(m/s)	Cocor	-,145(*)	-,162(**)	,001	-,089	-,095	-,187(**)
	Sig. (bilateral)	,015	,007	,987	,137	,113	,002
(m)	Cocor	-,279(**)	-,285(**)	-,227(**)	-,117	-,133(*)	-,185(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,051	,026	,002
m ³ /s	Cocor	-,240(**)	-,279(**)	-,044	-,099	-,114	-,212(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,459	,099	,057	,000
s	Cocor	,114	-,354(**)	,106	,018	-,145(*)	-,212(**)
	Sig. (bilateral)	,057	,000	,076	,768	,015	,000

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). * La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). Velocidad (m/s), profundidad (m), caudal (m³/s), sustrato(s), variable (v) y coeficiente de correlación (cocor)

La influencia negativa indica que cuando los valores de las variables en las zonas aumentan, causa efecto sobre las poblaciones de macroinvertebrados. Por ejemplo, cuando los valores de velocidad en las zonas y sus celdas (subhábitats) aumentan los macroinvertebrados disminuirían en estos y viceversa.

7.6.1. Análisis estadístico de los macroinvertebrados y las variables ecohidráulicas.

La prueba de kruskal – Wallis, en la comparación de las tres zonas en función de las variables ecohidráulicas, la prueba dio significativa para profundidad ($X^2 = 10,402$, gl= 2, Sig. < 0.01), sustrato ($X^2 = 18,897$, gl= 2, Sig. < 0.01) y caudal ($X^2 = 6,627$, gl= 2, Sig. < 0.05).

La prueba Post Hoc de Turkey para profundidad mostró que someros (Z2) fue menos profundo que Z1 y Z3, mientras que la zona de rápidos (Z1) fue considerada significativamente similar a Z3 (tabla).

Referente al caudal las zonas de somero (Z2) y tabla (Z3) presentaron los caudales menores para todo el periodo de estudio. Es de notar que Z3 presentó celdas C1 – C5 con caudales cuyos valores son bastante bajos en relación con las presentes en Z1 y Z2 en el caso de Z2 es un poco mas homogénea en cuanto a la baja profundidad

Con el fin de comparar las tres zonas en función de los macroinvertebrados objeto de estudio se realizó la prueba de kruskal - Wallis, (Sig. < 0.05; 2 gl) la prueba dio significativa para *Ephemeroptera* ($X^2 = 10,305$, gl= 2, Sig. < 0.01) *Diptera* ($X^2 = 8,842$, gl= 2, Sig. < 0.01) y *Tricoptera* ($X^2 = 4,625$, gl= 2, Sig. < 0.05). Posteriormente se realizó la prueba de chi cuadrado ó X^2 para las variables ecohidráulicas para tratar de establecer su importancia estadística a manera de factor determinante de una posible preferencia.

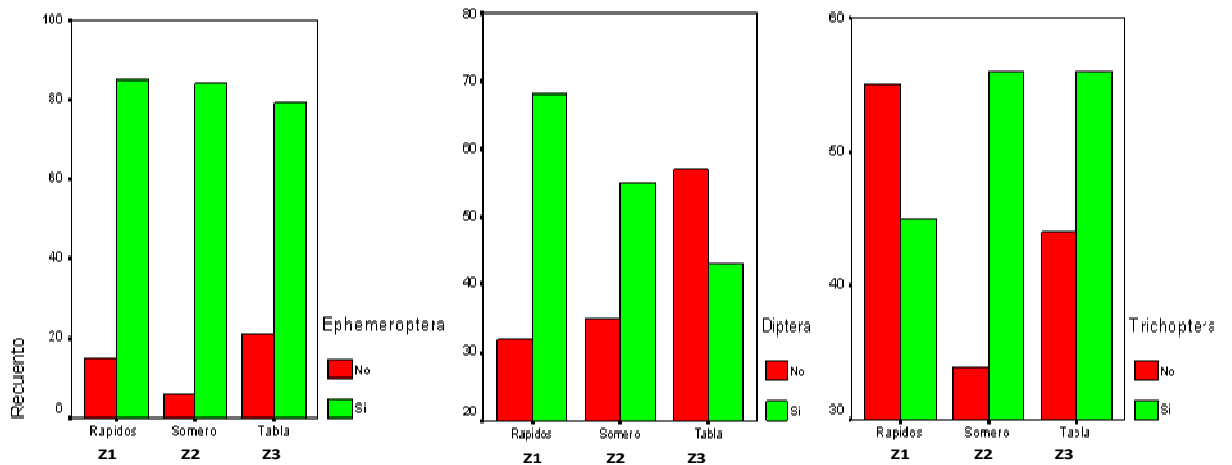


Figura 32. Preferencia de algunos órdenes por una zona.

La prueba de kruskal – Wallis (Figura 32) indica que el orden de los EPHEMEROPTEROS presenta más preferencia por las tres zonas. Probablemente por que las celdas C1 – C5 que presentan características muy similares para las tres zonas, por su parte *DIPTERA* presenta mayor preferencia por la zona1 (Z1), es de esperar el resultado por presentar una fauna diversa con adaptaciones estructurales como ven-tosas para resistir la velocidad de la corriente; intermedia para la zona 2 (Z2) y menor para la zona 3 (Z3). *TRICHOPTERA* manifiesta según el análisis estadístico una preferencia por Z2 y Z3. La mayoría de los Trichópteros viven en aguas corrientes bajo piedras, troncos y material vegetal algunos viven en aguas “quietas” y remansos de ríos y quebradas Roldan, P. (2003), las larvas de este género en su mayoría son perforadoras y fragmentadoras del detrito formado semillas y hojas que caen del dosel, estos también emplean el material vegetal para construir las casa o refugios tan característicos de este orden, estas zonas prestarían condiciones favorables según las necesidades del Orden

7.6.2. Velocidad contra órdenes

Se realizó la prueba de chi cuadrado (χ^2) para las variables ecohidráulicas categorizadas, para los coleópteros. ($\chi^2 = 9,929$, 2 gl, Sig. < 0.01;) la velocidad Resulto significativa, siendo mayor la preferencia por las zonas y celdas que presentan aguas con velocidad baja. Figura 33.

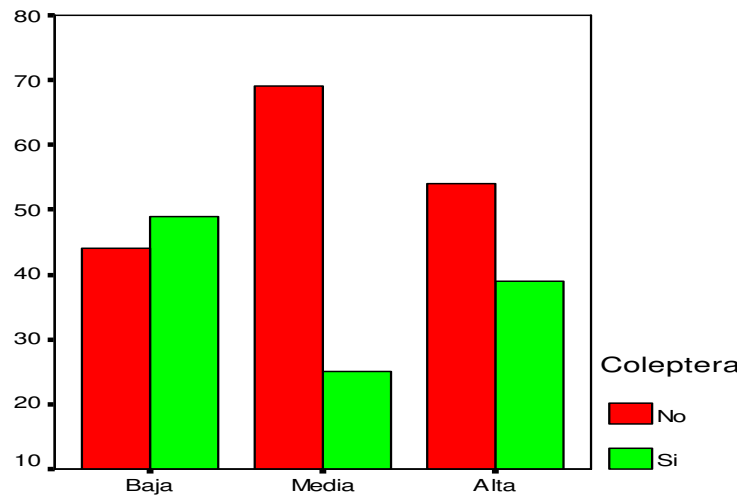


Figura 33. Velocidad contra coleópteros, eje x representa la velocidad categorizada.

Se les ha encontrados en zonas próximas a las riveras tanto en ecosistemas loticos y lenticos donde las velocidades no son altas, estos pueden ser carnívoros herbívoros y detritívoros Venegas W (2004).

Para el orden de los *TRICÓPTERA*, la prueba ($\chi^2 = 7,749$. 2 gl Sig. < 0.05;) resulto significativa para la velocidad, siendo la mayor preferencia para sitios con aguas de velocidad baja, sin mucha diferencia entre media y alta. Figura 34.

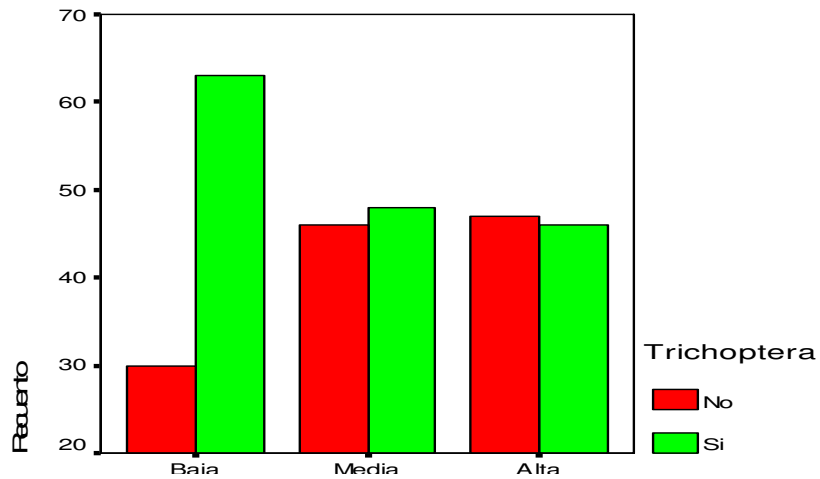


Figura 34. Velocidad contra Tricópteros

La mayoría de los géneros de este orden son desfibreadores, usan materia orgánica para alimentarse y construir refugios, aunque otros emplean partículas finas de arenas se presentan por lo general en zonas con sustratos pedregosos y lugares donde el agua posee poca corriente y es bien oxigenada. Baptista, *Et al.* (1995) Las abundancias altas suelen presentarse en las áreas influenciadas por la disponibilidad de material vegetal situación que es bastante evidente hacia las orillas del río.

La velocidad y los EPHEMEROPTEROS con la prueba estadística de ($\chi^2 = 9,929. 2 \text{ gl sig.} < 0.01;$) indica que al parecer que este orden es muy cosmopolita en cuanto a las zonas muestreadas y sus velocidades. Los EPHEMEROPTEROS son hábiles nadadoras y se desplazan con movimientos similares a los delfines. Leska, (1998). Sus ninfas son prácticamente herbívoras alimentándose en zonas donde la productividad es mayor y que se presentan condiciones ideales para la proliferación de algas. Figura 35.

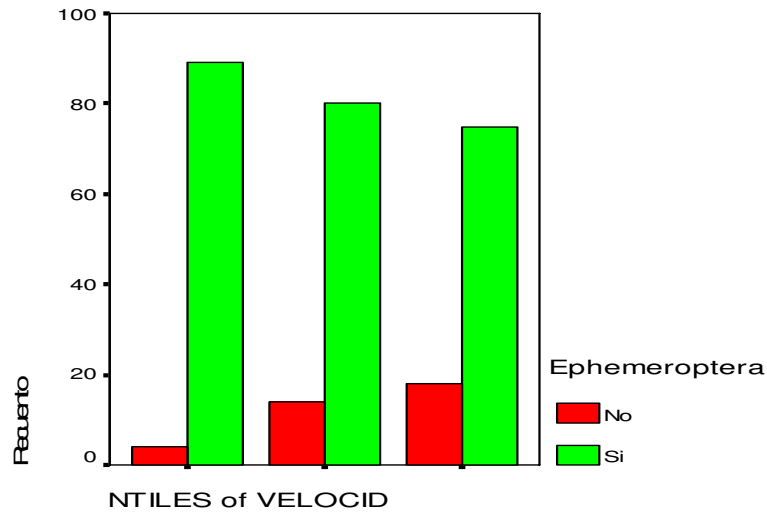


Figura 35. Velocidad contra Ephemeroptera

7.6.3. Profundidad contra órdenes

La prueba de chi cuadrado para el orden de los coleópteros ($\chi^2 = 15,136$ Sig. < 0.01; 2gl). Se observa que los Coleópteros prefieren las celdas con profundidades bajas y que aquellas con profundidades altas y medias. Figura 36.

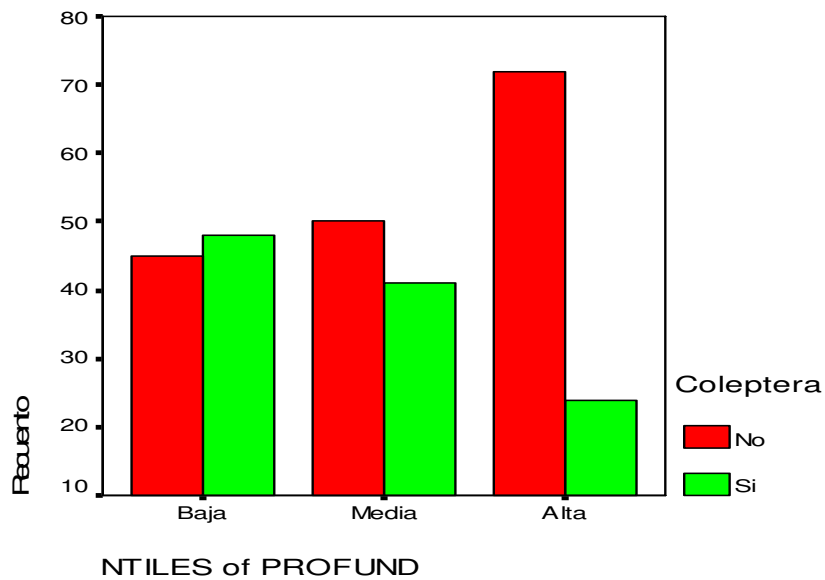


Figura 36. Profundidad contra Coleóptera

7.6.4. Caudal contra Órdenes

La prueba χ^2 , para el orden de los coleópteros ($\chi^2 = 14,869$. 2 gl sig. < 0.01;). Según la Figura 37. El mayor número de coleópteros se ubicaron en la zona donde el caudal presenta celdas con valores bajos de caudal,

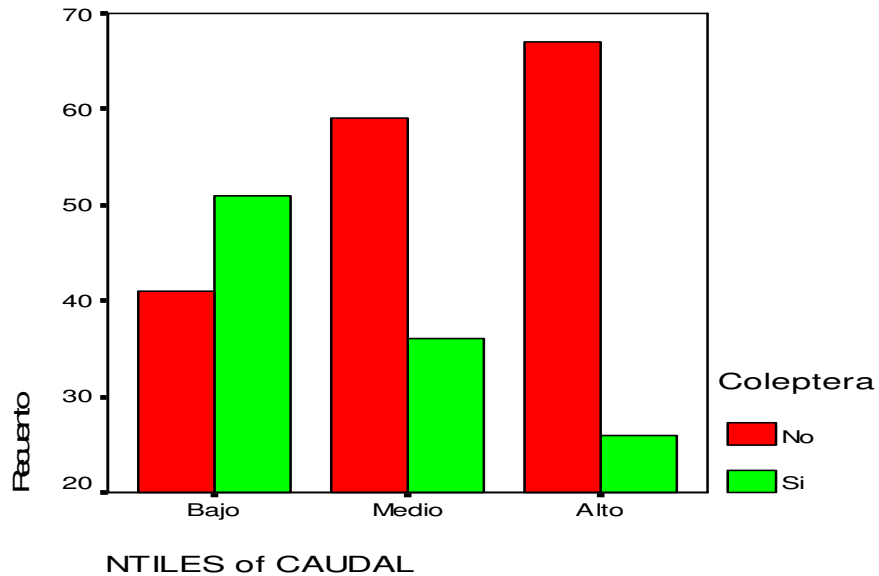


Figura 37. Caudal contra Coleóptera

Para el orden de los *EPHEMEROPTEROS*, registro un valor muy significativo ($\chi^2 = 23,083$. 2 gl, sig. < 0.01), para el caudal, según la grafica estos tienen mayor preferencia para las zonas que tienen caudal bajo, notándose una disminución progresiva por aquellas que presentan caudales medios y altos. Figura 38.

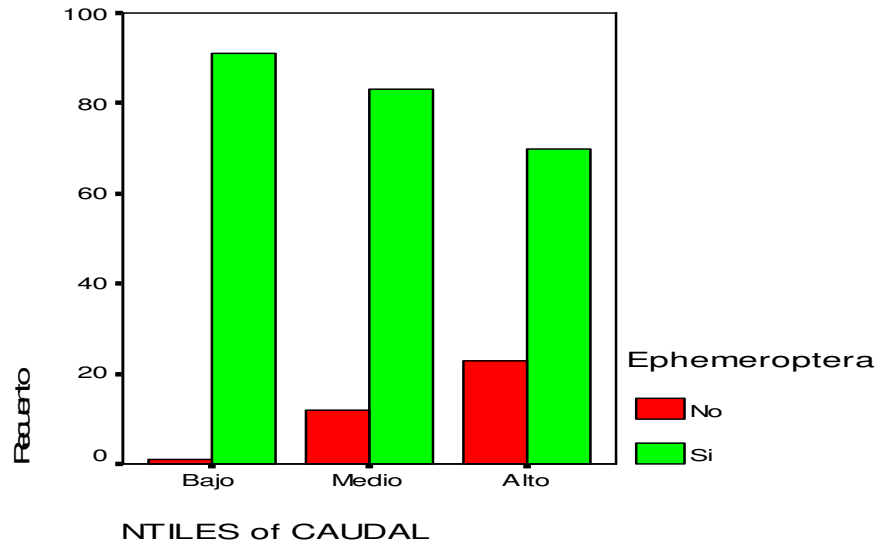


Figura 38. Caudal contra Ephemeroptera

Los Ephemeropteros son hábiles nadadores y sus cuerpos están anatomorfológicamente adaptados para sortear corrientes fuertes es posible que eviten zonas de caudales altos por razones de coste energético y beneficios alimenticios. Es importante también tener presente que durante el periodo de estudio se presentó como el orden mas abundante en las tres zonas asociados a los subhábitats próximos a las orillas.

El valor del caudal con la prueba de χ^2 , registro para el orden de TRICOPTEROS ($\chi^2 = 11,515. 2 \text{ gl, sig. } < 0.01$). Según la Figura 39. Presentó mayor número en zonas con celdas donde el caudal tenga valores bajos y medios. Por su rol trófico estas zonas posiblemente les brindaron una mayor estabilidad en los subhábitats y por ende condiciones favorables para su establecimiento en zonas con esta característica.

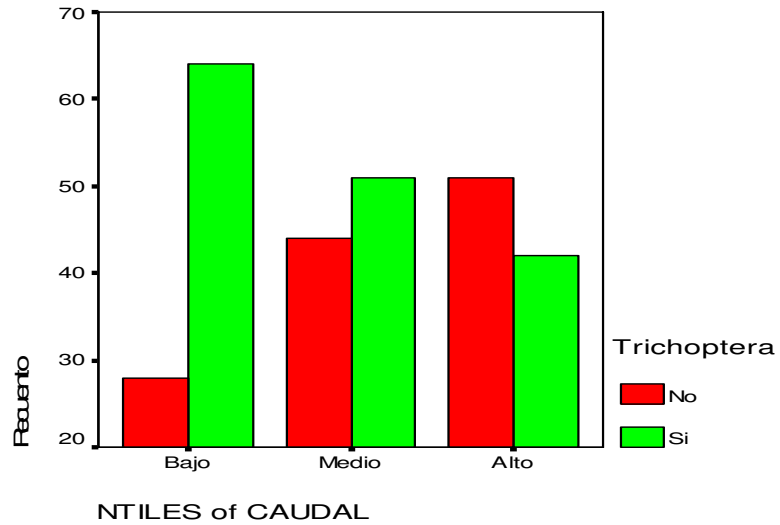


Figura 39. Caudal contra Tricópteros

7.6.5. Sustrato contra Órdenes

En el análisis del sustrato, con la prueba de χ^2 registros para el orden de los EPHEMEROPTEROS, ($\chi^2 = 54,209.4$ gl, sig. < 0.01). La prueba fue muy significativa. El rango de 0.25 (Arenas y gravillas) fue el más preferido por este orden, le siguió el de 0.75, (gravillas, gravas y bloques), 0.50 (gravillas y gravas) respectivamente. Figura 40.

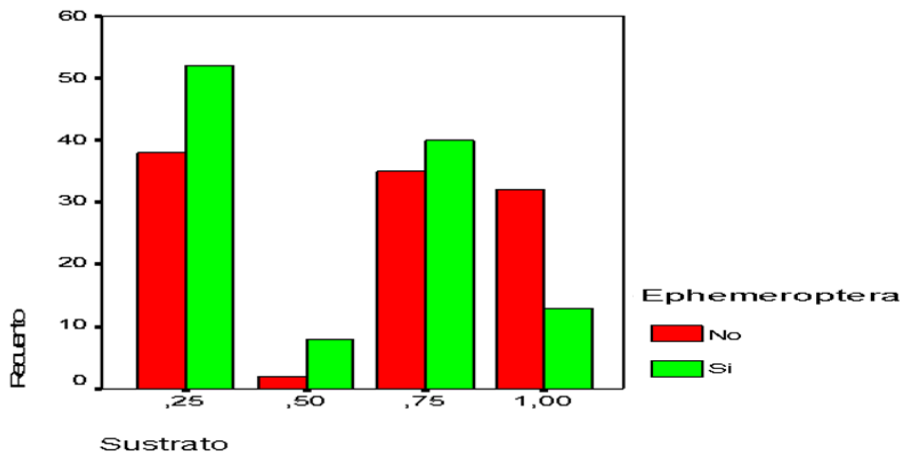


Figura 40. Sustrato contra Ephemeroptera

El valor del sustrato con la prueba de χ^2 , registro para el orden de los Dípteros ($\chi^2 = 18,708.4$ gl, sig. < 0.01). Podemos apreciar en la Figura 41 que mayor número de organismos prefieren celdas con sustratos de valores 0.25, 0.75, 0.50 mientras que para celdas con sustratos de 1.0 y no presentan preferencia.

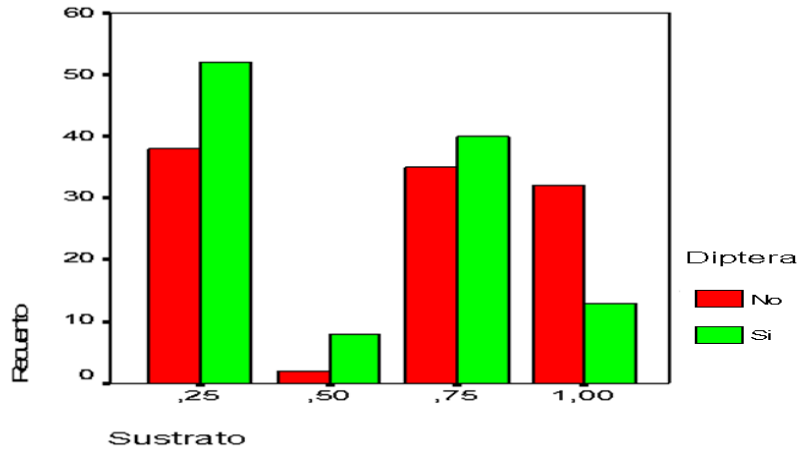


Figura 41. Sustrato contra Díptera

El valor del sustrato, registró para el orden de los tricópteros ($\chi^2 = 23,417.4$ gl, sig. < 0.01). La Figura 42 indica que mayor número de organismos de este orden prefieren sustratos de rango 0.25, seguido por los de .0.75 y 0.50 siendo menos preferidos el de sustratos con rango 1.

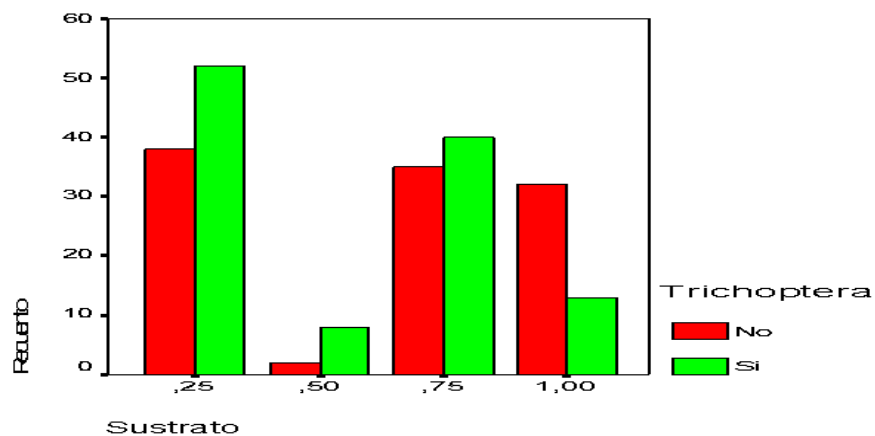


Figura 42. Sustrato contra Tricópteros

Uno de los factores determinantes de que se presenten unas u otras especies de macroinvertebrados es el tipo de sustrato, (aunque éste depende lógicamente de

la velocidad) (Baptista, *et al* 1995) de modo que zonas con sustratos heterogéneos permite la formación recovecos donde pueden depositarse materiales alóctonos, primordialmente tejido vegetal configurando de esta forma zonas con subhábitats predilectos para gran cantidad de MAE al brindar alimento variado y muchos refugios para protegerse contra posibles depredadores aumentando las posibilidades de supervivencia.

Posiblemente los órdenes que no presentan preferencias de algún tipo por una variable ecohidráulica o zona en particular, evaluada mediante la prueba de χ^2 puede deberse a múltiple causas a considerar como por ejemplo: estar influenciados por otras variables o por la combinación de estas, razón por la cual no se presentan significancias; Tener asociaciones por grupos funcionales, el tamaño de las muestras, la aplicación de la prueba a nivel de ordenes con la subsecuente pérdida de resolución en el análisis conduce a la falta de especificidad en los resultados, otra cuestión a tener en cuenta es que las variables ambientales no se pueden controlar y varían sustancialmente en espacio - tiempo afectando o influenciando las comunidades de macroinvertebrados y las zonas que habitan.

El Anexo C muestra los complementos de los órdenes y cada una de las diferentes variables analizadas con la prueba de χ^2 .

7.7. PREFERENCIA DE SUBHABITAT

7.7.1. Índice de Preferencia Zona 1

El índice de Erdakov, Efimov, Galaktionov y Sergeev (1979), aplicado para la zona 1 (rápidos) estableció la preferencia de subhábitats para los órdenes de macroinvertebrados del río palacé de la siguiente manera, Tabla 17

Los valores del índice señalaron que los macroinvertebrados presentan una preferencia (números en rojo) mayor por aquellos subhábitats que se relacionaron con el hábitat lateral, celdas C1 a C7 y C20; podríamos pensar que las variables ecohídricas en estos puntos no incidieron de forma negativa sobre la población situación que los convierte en subhábitats con características ideales para su sobrevivencia.

La Figura 43 permite apreciar la distribución umbralizada de la preferencia de subhábitat para los órdenes y los ubica espacialmente en el tramo transversal.

Tabla 17. Índice Erdakov et al (1979), en Z1 (rápidos)

Z1 ORDEN	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
COLEOPTERA	0,8	0,7	0,2	-0,3	-0,1	-0,5	-0,6	-0,5	-0,6	-0,6	-1	-0,8	-0,5	-0,5	-0,6	-0,2	-0,8	0,3	-0,5	0,1
DIPTERA	0,3	0,7	0,3	0,1	0,1	0	-0,3	-0,1	-0,3	-0,5	-0,1	-0,9	0	-0,1	-0,8	-0,6	-0,3	-0,5	-0,4	0
EPHEME ROPTERA	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0	-0,5	-0,2	-0,4	-0,9	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,9	-0,6	-0,3	0
ODONATA	0,9	0,6	-1	-1	-1	-1	-1	0,3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,8
PLECOP TERA	0,8	0,3	0,3	0,2	0	0,2	-1	-0,4	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-0,4	-1	0,2	0,4
TRICOP TERA	0,8	0,7	0,3	0	0,1	-0,4	-1	-0,5	-0,6	-0,7	-1	-0,9	-0,7	-1	-0,8	-0,7	-0,9	-0,3	-0,4	0,3

Crterios: de -1 a +1, Si es > 0 Indica que Prefiere, Si es < 0 Indica que Evita

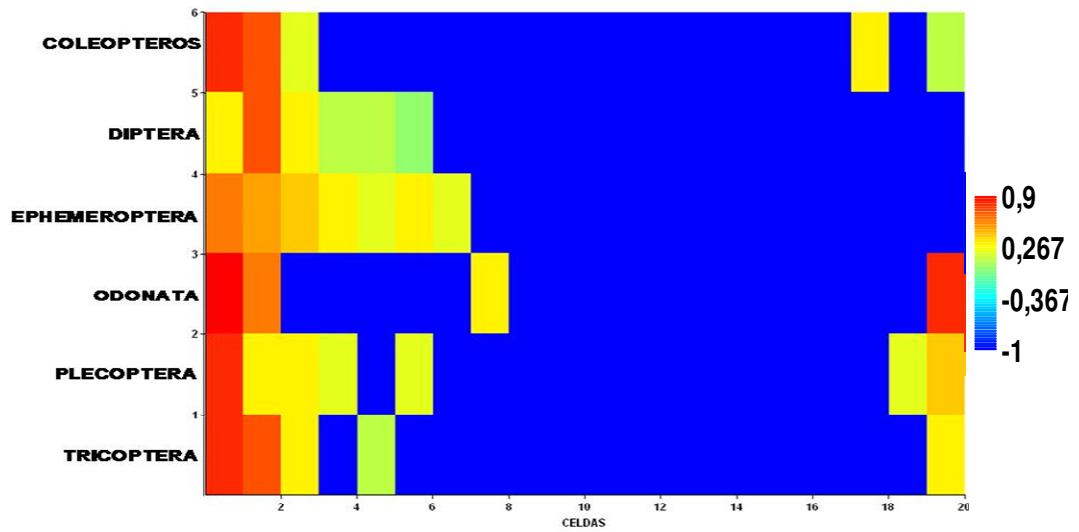


Figura 43. Preferencia de subhábitat umbralizado por celdas y orden en z1.

7.7.2. Índice de Preferencia Zona 2

Los valores del índice de Erdakov, Efimov, Galaktionov y Sergeev (1979), que indica la preferencia para los macroinvertebrados de la zona 2 (Z2) o somero (Tabla 18) se resaltan en rojo.

El índice umbralizado. Figura 44, permite apreciar de forma más clara los subhábitats preferidos por los órdenes estudiados; el eje X representa el río y las celdas (subhábitat) delimitadas en esta zona. Este transecto se caracterizó por tener variables ecohidráulicas (velocidad, profundidad, sustrato y caudal) con valores bastante menores que las demás zonas lo que favorecería el asentamiento de las comunidades de MAE.

Los órdenes se distribuyen en variados subhábitats en el tramo transversal mostrando que en esta zona no estarían confinados a los subhábitats laterales como en la zona anterior. En esta zona se presentan mayormente dispersos esto debido tal vez a la heterogeneidad (variables ecohidráulicas) del hábitat en cuestión.

Tabla 18. Índice de Erdakov e tal (1979), en Z2 (somero),

Z2 ORDEN	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
<i>COLEOPTERA</i>	0,6	0,7	0,6	-0,8	0,1	-0,4	-0,8	-0,2	-0,4	-0,8	-0,2	0,1	-0,8	-1	-0,8	-0,8
<i>DIPTERA</i>	0,7	0	0,2	-0,3	0,2	-0,1	-0,8	0	-0,2	0,1	-0,8	0,1	-0,5	-0,5	0	-0,1
<i>EPHEMEROPTERA</i>	0,4	0,2	0,3	0,1	-0,2	0,1	0,1	0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5
<i>ODONATA</i>	0,9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,4	-1	-1	0,4	-1	-1	-1	0,4	-1
<i>PLECOPTERA</i>	0,6	0,2	0,5	-1	0	-0,2	0,1	0,2	-1	0,2	-0,4	-0,2	0,1	-0,4	-0,2	-1
<i>TRICOPTERA</i>	0,7	0,4	-0,1	-0,1	-0,4	-0,6	-0,2	0,1	-0,1	0	-0,3	-0,5	-0,2	-0,2	0,1	-0,8

Crterios: de -1 a +1. Si es > 0 Indica que Prefiere. Si es < 0 Indica que Evita

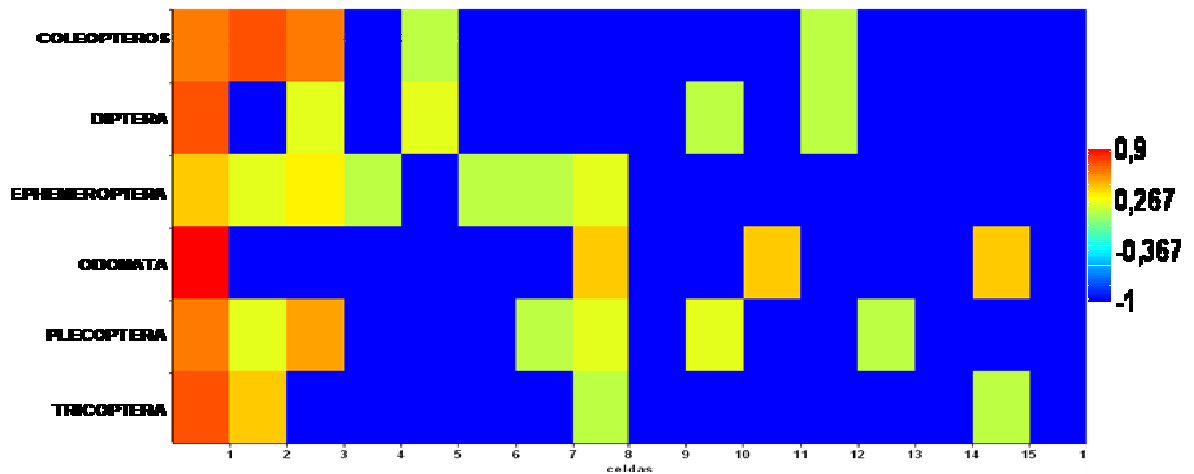


Figura 44. Preferencia de subhábitat umbralizado por celdas y orden en z2 (somero).

7.7.3. Índice de Preferencia Zona 3

El índice muestra claramente que los MAE nuevamente presentan preferencias marcadas por las zonas asociadas a las riveras u orillas del cauce (C1, 2, 3,19 y 20) donde se apreciaron los menores valores de las variables eco hidráulicas.

Tabla 19.

Tabla 19. Índice de Erdakov e tal (1979), en Z3 (tabla)

Z3 ORDEN	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C16	C17	C18	C19	C20
<i>COLEOPTERA</i>	0,2	0,5	0,6	-0,6	-0,3	-0,6	-0,6	-0,6	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,1	0,2	0,3	0,7
<i>DIPTERA</i>	0,8	0,1	0,3	-0,3	-0,4	-0,6	-0,1	-0,1	-1	-1	-1	-0,9	-0,9	-0,4	0,1	0,2	0	0,5
<i>EPHEMEROPTERA</i>	0,2	0,6	0,2	-0,1	0	0,1	-0,2	-0,2	-0,4	-0,3	-0,3	-0,9	-0,8	-0,6	-0,1	-0,5	0,2	0,5
<i>ODONATA</i>	0,8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,7
<i>PLECOPTERA</i>	0,6	0,4	0,3	-0,5	-0,5	-0,2	0,1	-1	-0,2	0,1	0,2	-1	-1	-1	-1	-0,5	0,5	0,3
<i>TRICOPTERA</i>	0,2	0,3	0,5	-0,2	-0,1	-0,1	-0,9	-0,5	0,1	-0,4	-0,2	-1	-1	-0,9	0	-0,1	0,3	0,5

Criterios: de -1 a +1, Si es > 0 Indica que Prefiere, Si es < 0 Indica que Evita

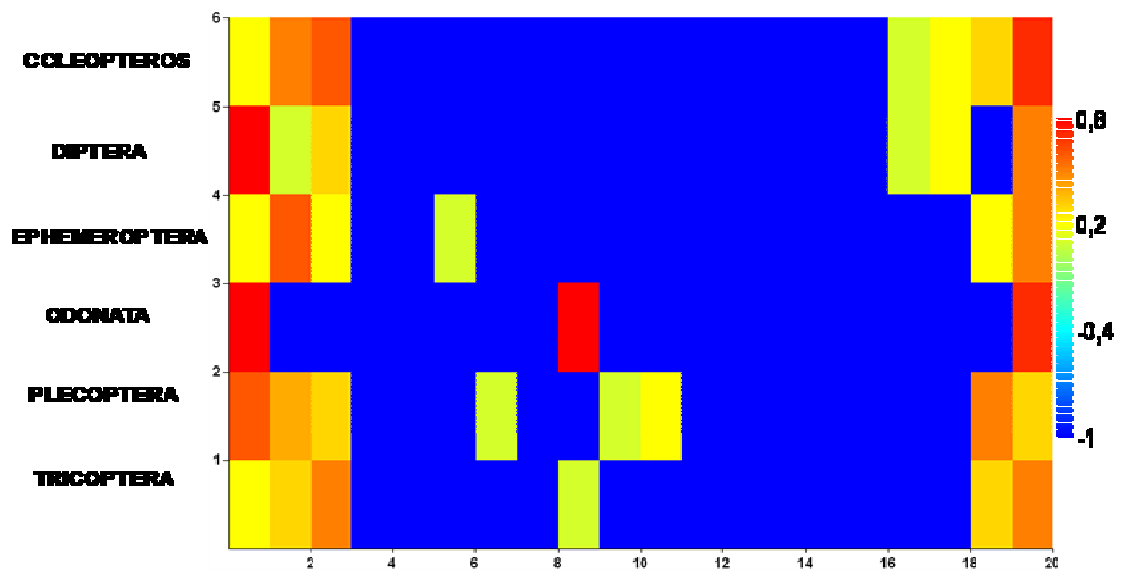


Figura 45. Preferencia de subhábitat umbralizado por celdas y orden en z3 (tabla),

Los valores de preferencia umbralizado. Figura 45, zona de tabla (Z3), revelan que en general los diferentes ordenes de macroinvertebrados manifiestan cierta predilección por los subhábitats laterales, donde en general existe una marcada disminución de los valores en las variables de velocidad, profundidad, sustrato y caudal; condiciones que estarían favoreciendo a la comunidad de MAE y su establecimiento en estos puntos.

7.8. CALIDAD BIOLÓGICA

La calidad biológica en los cuerpos de agua esta determinada por la dominancia de las poblaciones de organismos propios de cada hábitat los cuales se emplean como bioindicador cualitativo o cuantitativo empleando un índice; en este caso el índice BMWPcol o Sistema para la determinación del índice de Monitoreo Biológico adaptado para Colombia (Zamora, H. 1999).

La puntuación para las familias colectadas durante los 5 meses de muestreos se presenta en la Tabla 20 y Figura 46.

El puntaje BMWPcol para las zonas z1, z2, z3 y el tramo longitudinal presenta rangos mayores de 121, indicando que esta área ostenta aguas de clase I, con muy buena calidad, agua muy limpia y con características de oligotrofia. El valor mas alto se presento para el tramo longitudinal, caracterizado por familias con intolerancia a niveles bajos de oxigeno disuelto y altas concentraciones de nutrientes, este tramo incluye todas la familias de MAE presentes en z1, z2, z3.

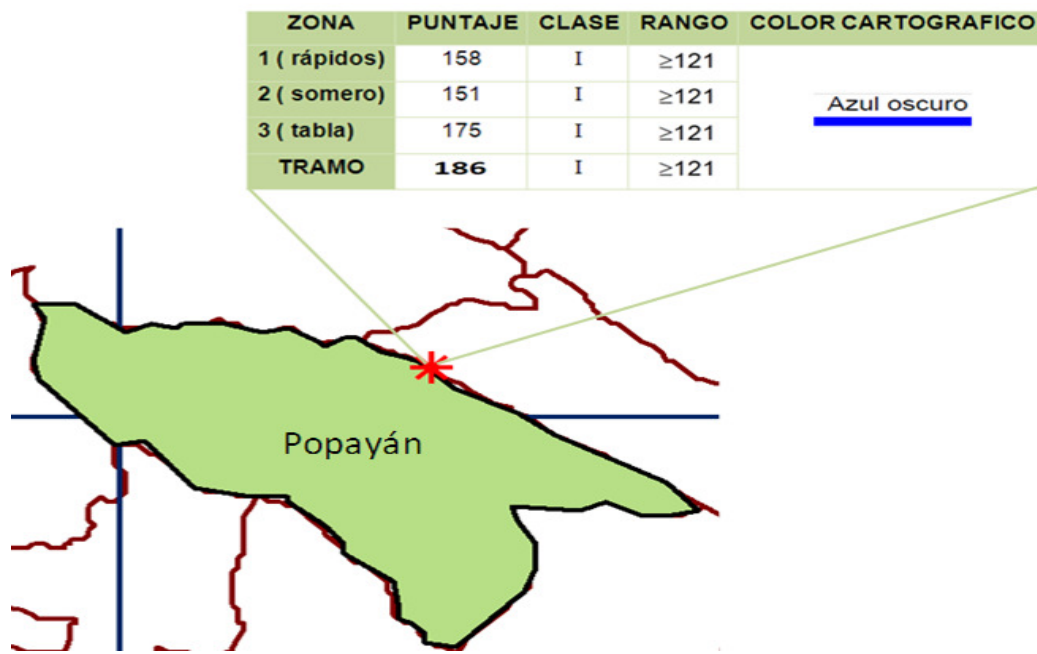


Figura 46. Ubicación geográfica de río Palacé y los valores BMWP col.

Tabla 20. Puntuación BMWP.col para los MAE colectadas en el río Palacé

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACION
<i>COLEOPTERA</i>	ELMIDAE	7
	PSEPHENIDAE	10
	PTILODACTYLIDAE	10
<i>DIPTERA</i>	SIMULIIDAE	9
	TIPULIDAE	4
	CHIRONOMIDAE	2
	BLEPHAROCERIDAE	10
<i>EPHEMEROPTERA</i>	BAETIDAE	8
	LEPTOPHLEBIIDAE	9
	OLIGONEURIDAE	10
	TRICORYTHIDAE	7
<i>HEMIPTERA</i>	NAUCORIDAE	7
<i>NEUROPTERA</i>	CORYDALIDAE	6
	GOMPHYDAE	9
<i>ODONATA</i>	CALOPTERIGIDAE	8
	POLYTHORE	10
	COENAGRIONIDAE	9
<i>PLECOPTERA</i>	PERLIDAE	10
<i>TRICOPTERA</i>	HYDROPSYCHIDAE	8
	HYDROBIOSIDAE	9
	ODONTOCERIDAE	10
	LEPTOCERIDAE	8
<i>AMPHYPODA</i>	HYALELIDAE	6
PUNTAJE TRAMO		186

8. CONCLUSIONES

- La comprensión sobre la distribución transversal, abundancia y preferencia de hábitat de los MAE, es básica para una planificación científica del uso del agua y la conservación de los subhábitats y hábitats preferidos por MAE, los cuales son muy importantes al ser los encargados de hacer circular la mayor cantidad de energía en los ecosistemas loticos.
- La estructura de las comunidades de macroinvertebrados del río Palacé estuvo dominada en términos de abundancia especialmente por los ordenes Ephemeroptera, Trichoptera y Díptera.
- El orden Ephemeroptera podría considerarse como un generalista al estar ampliamente disperso en las diferentes celdas presentes en cada uno de los tramos transversales delimitados (zonas 1,2,3)
- La distribución de los macroinvertebrados de río palacé no es homogénea en los diferentes tramos transversales presentando zonas con celdas o subhábitats con abundancias mayores que a aquellos relacionados con las zonas medias del río.
- Una de los principales condicionantes de la distribución de los macroinvertebrados, se presenta con los tipos de sustrato, en estas zonas se presentan como uno de los factores influyentes en la composición, riqueza, abundancia y distribución de los MAE, aunque se debe resaltar la relación con el caudal circulante.
- Las celdas de las orillas con sustratos compuestos por una mayor presencia de bloques, rocas y gravas pueden ser más estables como refugios, pues al estar menos afectados por la velocidad del agua, permitirían el establecimiento de comunidades de macroinvertebrados acuáticos por más tiempo (MAE). Por otro lado los sustratos arenosos afectan la estabilidad

del hábitat, la disponibilidad de materia orgánica (MO) y por extensión la abundancia y distribución de los MAE en las zonas estudiadas

- La zona dos (Z2, someras) se caracterizó por una heterogeneidad del sustrato y una relativa homogeneidad de las variables ecohidráulicas del hábitat, condiciones que explicarían la gran abundancia de MAE en esta zona, esto concuerda con las observaciones de Vinson y Hawkins, (1998) los cuales plantearon que la heterogeneidad del hábitat es un factor muy importante que influye en la distribución del macroinvertebrados en los ríos.
- El índice del hábitat potencial estableció que la zona que posee mayor valor del APU, es la zona de aguas rápidas, y algunas celdas de la zona de tabla debido a que los factores ecohidráulicos combinados demuestran mayor favorabilidad a diferencia de las otras dos zonas. En la zona de aguas someras y en las primeras celdas de la zona de tabla se presentan los menores valores del APU. a pesar de haber subhábitats con condiciones óptimas (mayor APU) para el aprovechamiento de los organismos, esto parece no implicar que los MAE los prefieran.
- Podemos inferir según lo observado que la presencia de vegetación asociada a las celdas laterales crea condiciones ideales para el establecimiento y colonización de macroinvertebrados.
- La falta de correlación para algunos resultados pudo presentarse por algunos factores a considerar que podrían estar afectando los resultados, como, los tamaños de las muestras, las adaptaciones fisiológicas especiales que poseen los individuos que componen los diferentes ordenes, la relación que puede existir a nivel de la comunidad, los roles tróficos que desempeñan cada uno de sus integrantes, la abundancia de Ephemeropteros y por último la pérdida de definición en los resultados al ser analizados a una escala tan alta como es el nivel de orden.

- Para este estudio se estableció que las variables ecohidráulicas evaluadas en el río Palacé (profundidad, velocidad y sustrato) presentan una elevada correlación con $P < 0.01$ dejando en evidencia su interdependencia e importancia como factores modeladores de los hábitats y subhábitat disponibles para los macroinvertebrados en las zonas estudiadas.
- Mediante el estudio de correlaciones se planteó una primera aproximación de la relación existente entre los valores de las diferentes variables ecohidráulicas que caracterizan el hábitat y los MAE; los resultados de esta aproximación permiten prever las posibles causas que estarían influenciando la preferencia de un subhábitat.
- el estudio de la influencia de las variables ecohidráulicas (según las correlaciones rho de Spearman) sobre los ordenes estudiados permitió determinar que estas influyen negativamente sobre los MAE y exhiben antagonismo con los macroinvertebrados en las zonas estudiadas, es de resaltar, que al presentar valores extremadamente mínimos en las variables, estas se transformarían en factores limitantes de los subhábitats disponibles.
- El análisis estadístico (X^2) de las variables estudiadas en el río Palacé permitió determinar por su grado de significancia la importancia relativa de las distintas variables ecohidráulicas en la selección o preferencia de subhábitat de los MAE.
- Se puede, afirmar que los MAE del río Palacé prefieren celdas que tengan una buena cantidad de materia orgánica, sustratos de tamaños variados, además que presenten velocidades relativamente lentas y profundidades bajas de modo que no ejerzan efectos intensos sobre ellos.

- El índice Erdakov, *et al*, (1979), evaluado en esta investigación demostró ser aplicable en la determinación de preferencias de subhábitat para los MAE del río Palacé.
- El índice Erdakov *et al* (1979) facilita la interpretación de la preferencia de subhábitats al permitir ubicar los diferentes órdenes estudiados en una escala espacial por tramos y celda (subhábitat) para cada una de las zonas.
- El índice de preferencia indica que los macroinvertebrados del río Palacé prefieren en general subhábitats ubicados en las inmediaciones o próximos a los márgenes laterales del río. (subhábitats laterales).
- El resultado del índice analizado de forma integral respecto a las demás variables permitió establecer que al parecer los MAE tienen preferencia por zonas de poca profundidad, con presencia de bloques, troncos caídos, raíces, y sustratos variados entre otros, que proveen en estas zonas celdas con bajas velocidades las cuales beneficiarían el desplazamiento de los MAE, y su preferencia por subhábitats con estas características (subhábitats laterales).
- Las mayores concentraciones de MAE en los subhábitats laterales, se deba posiblemente a su función trófica, costes energéticos y a la mayor disponibilidad de alimento (restos vegetales), además al estar un poco alejados del flujo principal se establecen como lugares importantes para la supervivencia, desarrollo y establecimiento de los macroinvertebrados.
- El análisis de BMWP indica que la zona, ostenta aguas de clase uno, con buena calidad, valores característicos de agua limpia, no permitiendo establecer su posible uso, debido a la falta de los datos fisicoquímicos que permitirían un análisis completo.

- Este estudio provee evidencia de la importancia biológica de las variables ecohidráulicas en el río. El valor medido de estas variables de una manera comprensiva proporciona una imagen completa para el entendimiento de los mecanismos que funcionan en las diferentes zonas. estableciendo así la importancia de estas (velocidad, profundidad, sustrato), como una forma efectiva de caracterizar o configurar patrones de subhábitat físicos disponibles para los MAE, además se obtuvo una herramienta útil de valoración rápida en la heterogeneidad del hábitat, y subhábitat físico en el río y por extensión una posible abundancia biológica potencial de los MAE.
- Determinar la preferencia de subhábitat para un organismo se constituye en un análisis complejo que requiere la combinación de diferentes tipos de razonamiento como son los inferidos a partir de la observación en campo, los determinados por los análisis estadísticos y los relacionados con la aplicación de índices de preferencia los cuales permiten complementar los resultados obtenidos.
- Las variables ecohidráulicas analizadas en esta investigación si influyen en la distribución, abundancia y preferencia de subhábitat de los macroinvertebrados acuáticos (MAE) del río Palacé.

9. RECOMENDACIONES

- De acuerdo con la experiencia obtenida durante esta investigación, se recomienda para próximos estudios en este campo se analicen variables como: la pendiente, la turbulencia, penetración lumínica, productividad primaria, variables fisicoquímicas, cantidad materia orgánica en las celdas, , evaluar la amplitud del nicho, evaluar los patrones de movimiento de los macroinvertebrados, determinar el tamaño de los organismos en los subhábitat, apreciar otro tipo de hábitats presentes el río , estudiar las variaciones espaciotemporales de la preferencia y realizar los análisis a una escala mas baja como por ejemplo la de géneros y de ser posible la de especie.

10. BIBLIOGRAFIA

ALABARCEZ MARÍA N., JOSÉ A. BECHARA, Y FEDERICO J. RUIZ DÍAZ. Elaboración y Validación de un Modelo de Hábitat para el Dorado salminus Brasilensis

ALLAN J. David and S. FLECKER Alexander. Biodiversity Conservation in Running Waters. BioScience, Vol. 43, No. 1 (Jan., 1993), pp. 32-43

BATZLI, G.O. y LESIEUTRE, C. The influence of high quality food on habitat use by arctic microtine rodents. *Oikos*, 1991, 60, 299-306.

BOVEE, K.D.; GORE, J. & SILVERMAN, A.J. Field testing and adaptation of a methodology to measure instream values in the Tongue river. Northern Great Plains Region U.S. Environmental Protection Agency, Office of Energy Activities Contract 68-01-2653. 1977.

Brooks, A.,T. HAEUSLER, I REINFELDS Y S.WILLIAMS. 2005 Hydraulics Microhabitats and the distributions of the macroinvertebrates assemblages in riffles. *Freshwater Biology* 50 pg: 331- 344.

CASTILLO DAZA, Javier y JACOME, Fernando. Contribuciones al Conocimiento de los flujos de materia y energía en los ecosistemas acuáticos, caso río Palacé Municipio de Totoró (Cauca) COLOMBIA.1990.

CHERRY, S. A. 1996. Comparison of Confidence Interval Methods for Habitat Use-Availability Studies. *The Journal of Wildlife Management*, 60(3): 653-658.

DAVIS J. Y I, BARMUTA.1989. Ecologically useful classification of mean and near-bed in streams and rivers. *Freshwater Biology*. 21: 271- 282

DIEZ-HERNANDEZ, J AND BURBANO L. Advanced techniques for evaluating instream flows in sustainable watershed management. *Ing. Investig. Jan. /Apr.* 2006, vol.26, no.1, p.58-68.

DORVILLÉ, L. F. M.^{2,3} and NESSIMIAN, J. L.² Diversity and Habitat Preference of Aquatic Insects Along the Longitudinal Gradient of the Macaé River Basin, Rio de Janeiro, Brazil. Baptista, D. F.,¹ BUSS, D. F.,^{1,2} *Rev. Brasil. Biol.*, 61(2): 249-258 1995

DROLET, D., HIMMELMAN, J.H., ROCHETTE, R. (2004) Effect of light and substratum complexity on microhabitat selection and activity of the ophiuroid *Ophiopholis culeata*, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 313, 139-154.

ERDAKOV, L.N.; EFIMOV, V.M., GATAKTIONOV, Y.K. y SERGEEV, V.E. Quantitative evaluation of the fidelity of habitat. *Soviet Journal of Ecology*, 9, 293-295. 1979

GRIMALDO V Wilson. Aspectos tróficos y ecológicos de los macroinvertebrados acuáticos. Vol. 1 No 1, Mayo de 2004.

HALL, L.S.; KRAUSMAN, P.R. y MORRISON, M.L. The hábitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 1997, 25, 173-182.

ILLANES J. Y L. BOTOSANEANU. Problemas et methodes de la clasificacion de la zonation ecologica des eaux courantes, considerees surtout du point de vue faunistique. 1963. Mitt. Int. Theor. Angeew. Limnol. 12:1-57

KARR, J.R., 1991. Biological integrity: A long neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications* 1:66-84.

KRAUSMAN, R.P. Some basic principles of habitat use, grazing behavior of livestock and wildlife. Idaho Forest. *Wildlife and Range Experiment Station Bulletin*, 1999, 70, 85-90.

KREBS, C. J. Ecological methodology. Harper- Collins Publishers, New York, p 456-495. 1989

LEOPOLD, L.B., et al., Fluvial proces in geomorphology. San Francisco, W. H. Freeman, 1964. 522 p.

LITVAITIS, J.A.; TITTUS, K. y ANDERSON, E.M. *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Bookhout, Th.A. ed. Bethesda, Maryland. 1994, 254- 274.

M. A. REID AND M. C. THOMS Surface flow types, near-bed hydraulics and the distribution of stream macroinvertebrates Riverine Landscapes Research Lab, School of Environmental Sciences, University of Canberra, Australia Biogeosciences Discuss. 5, 1175–1204, 2008

MANLY, B.; MCDONALD, L. y THOMAS, D. *Resource Selection by Animals, Statistical Design and Analysis for Field Studies*. Chapman & Hall. London. 1993, 10.

MATTHIOPOULUS, J. The use of space by animals as a function of accessibility and preference. *Ecological Modeling*, 2003, 159, 239-268.

MEAGER, J.J. y UTNE-PALM, A.C. Effect of turbidity on habitat preference of juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Environmental Biology of Fishes*, 2007, DOI 10.1007/s10641-007-9183-z.

MONTENEGRO J & ACOSTA A. HaviStat© v 1.0 Aplicación para evaluar uso y preferencia de hábitat. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* (2008) 3(2): II-IV

MONTENEGRO ,J, ACOSTA ,A.Programa Innovador para Evaluar Uso y Preferencia de Hábitat. *Universitas Scientiarum*, Vol. 13 N° 2, 208-217. 2008

MORRIS, D.W. Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection. *Oecologia*, 2003, 136, 1-13.

POFF, N.L., Natural flow regime as a paradigm for river restoration, a hydroecological context for ecohydraulics, *Proceedings of Fifth International Symposium on Ecohydraulics*, Madrid (España), Universidad Politécnica de Madrid, 12-14 septiembre 2004, pp. 19-24.

SEGNINI S. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de a condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos* 16(2):45-63 2003, Sociedad Venezolana de Ecología.

RIESTRA F Y BENAVIDES. G “caudales ecológicos. Perspectivas des de la dirección general de aguas” Pg 15

ROBERT S Y SMITH T. *Ecología* 4a edición. Person educación. S.A. Madrid 2001. pg 18 .

RODRÍGUEZ J. *Densidad y Biomasa de Macroinvertebrados Acuáticos Derivantes en una Quebrada Tropical de Montaña*. Universidad Nacional Bogotá, Colombia. 2007)

ROLDAN , G. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*, 1e ed. junio c pg.10.

SIMTH R.L. Y T.M. SMITH. *Ecología* 4ta Ed. Addison Wesley. 2001. 642 pp

TORO J. *Diagnostico de la Calidad del Agua en Sistemas Loticos Utilizando Diatomeas y Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores río Maipo (Santiago: Chile)*. Sociedad chilena de ingeniería hidráulica xvi congreso chileno de ingeniería hidráulica. Noviembre 2003.

VALDOVINOS Z C. *Generalidades Metodología IFIM*, Laboratorio de Biología Ambiental Centro EULA-Universidad de Concepción Chile. CVZ/2000.

VENEGAS G, 2004. Aspectos Tróficos y Ecológicos de los Macroinvertebrados Acuáticos. Ecological Explorers. Vol1 pg 1 - 7

WARD, J.1998. Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbances regimes and aquatic conservation. Biological conservation 83. pg: 269 – 278

WELCOMME, R. L. Pesca Fluvial FAO Documento técnico de pesca N°262, 1992.

www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092006000100008&nrm=iso&tlng=pt - 54k

www.biogeosciences-discuss.net/5/1175/2008/

ZAMORA H. Comunidades de macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en un sector del río grande (sur-occidente colombiano) pg. 1.1992

ZAMORA H. Adaptación del Índice Bmwp para Evaluación Biológica de la Calidad de las Aguas Epicontinentales en Colombia. Revista unicauca ciencia. 1999; 4;47-60

ANEXO A. Fotos zonas de muestreo.

Zona 1



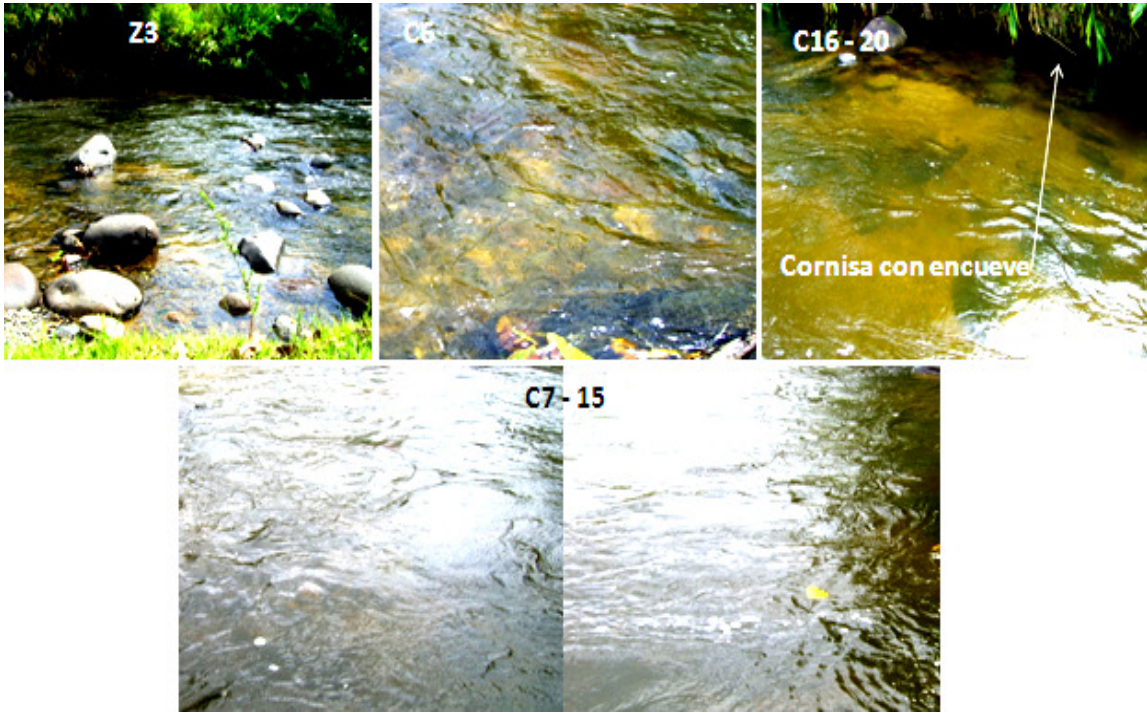
Aspecto general de la Zona de rápidos y algunas de sus celdas con presencia rocas, bloques, gravas y arenas

Zona 2



Aspecto general de la Zona de someros y algunas de sus celdas con presencia rocas, bloques, gravas y arenas

Zona 3



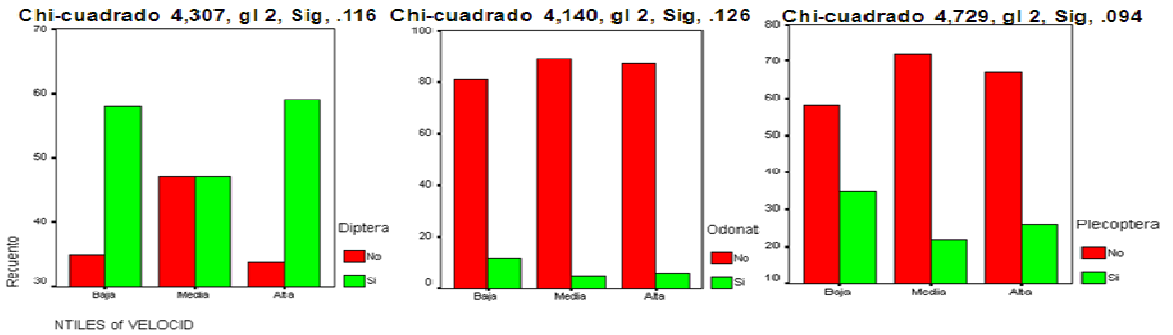
Aspecto general de la zona 3 tabla y algunas de sus celdas con presencia gravillas, gravas, rocas, bloques y arenas.

ANEXO B. Correlaciones Rho de Spearman

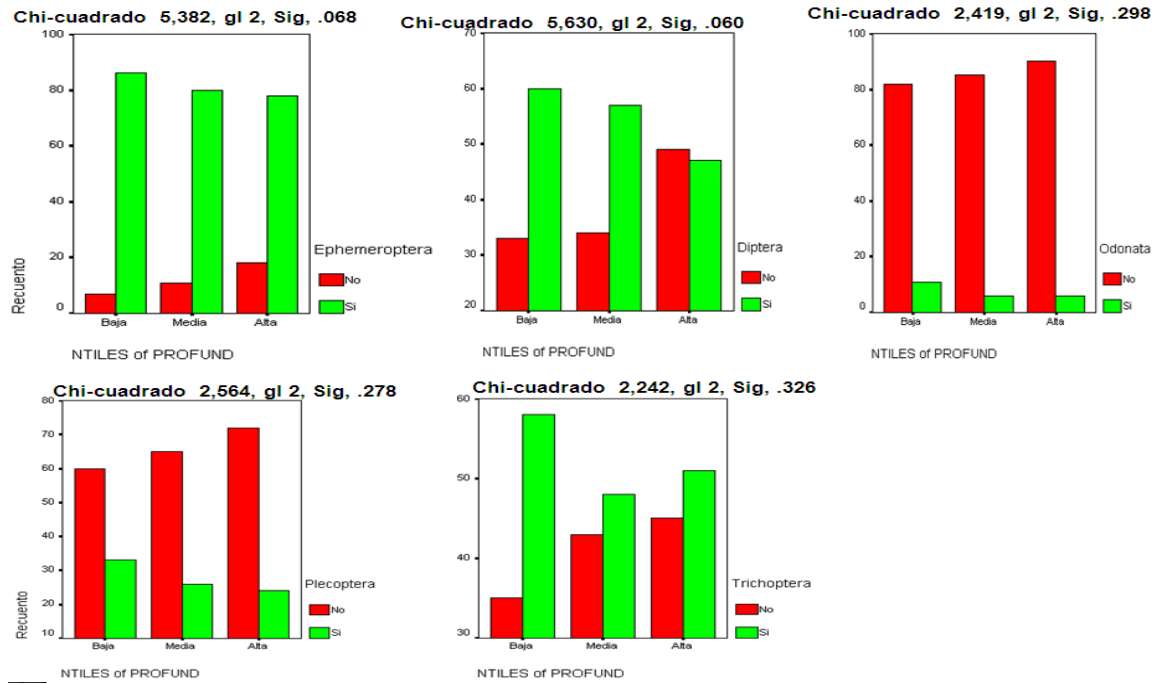
	Coeficiente de correlación	Velocidad (m/s)	Profundidad (m)	Caudal	Sustrato	Coleptera	Ephemeroptera	Diptera	Odonata	Plecoptera	Trichoptera
COLEOPTERA	Coeficiente de correlación	-,145(*)	-,279(**)	-,240(**)	-,114	1,000	,434(**)	,355(**)	,274(**)	,414(**)	,504(**)
	Sig. (bilateral)	,015	,000	,000	,057	.	,000	,000	,000	,000	,000
EPHEMEROPTER	Coeficiente de correlación	-,162(**)	-,285(**)	-,279(**)	-,354(**)	,434(**)	1,000	,356(**)	,192(**)	,390(**)	,531(**)
	Sig. (bilateral)	,007	,000	,000	,000	,000	.	,000	,001	,000	,000
DIPTERA	Coeficiente de correlación	,001	-,227(**)	-,044	-,106	,355(**)	,356(**)	1,000	,146(*)	,224(**)	,290(**)
	Sig. (bilateral)	,987	,000	,459	,076	,000	,000	.	,013	,000	,000
ODONATA	Coeficiente de correlación	-,089	-,117	-,099	-,018	,274(**)	,192(**)	,146(*)	1,000	,382(**)	,305(**)
	Sig. (bilateral)	,137	,051	,099	,768	,000	,001	,013	.	,000	,000
PLECOPTERA	Coeficiente de correlación	-,095	-,133(*)	-,114	-,145(*)	,414(**)	,390(**)	,224(**)	,382(**)	1,000	,462(**)
	Sig. (bilateral)	,113	,026	,057	,015	,000	,000	,000	,000	.	,000
TRICHOPTERA	Coeficiente de correlación	-,187(**)	-,185(**)	-,212(**)	-,212(**)	,504(**)	,531(**)	,290(**)	,305(**)	,462(**)	1,000
	Sig. (bilateral)	,002	,002	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	.

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). * La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

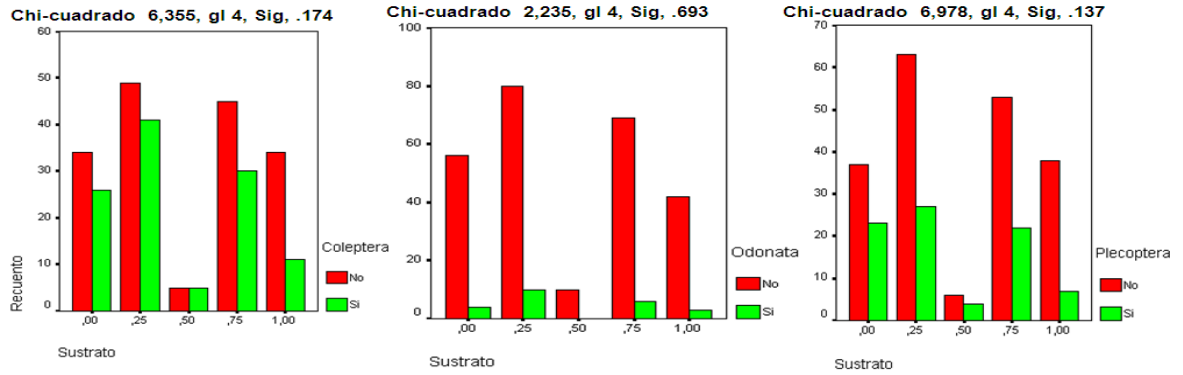
ANEXO C. Relaciones Chi-Cuadrado



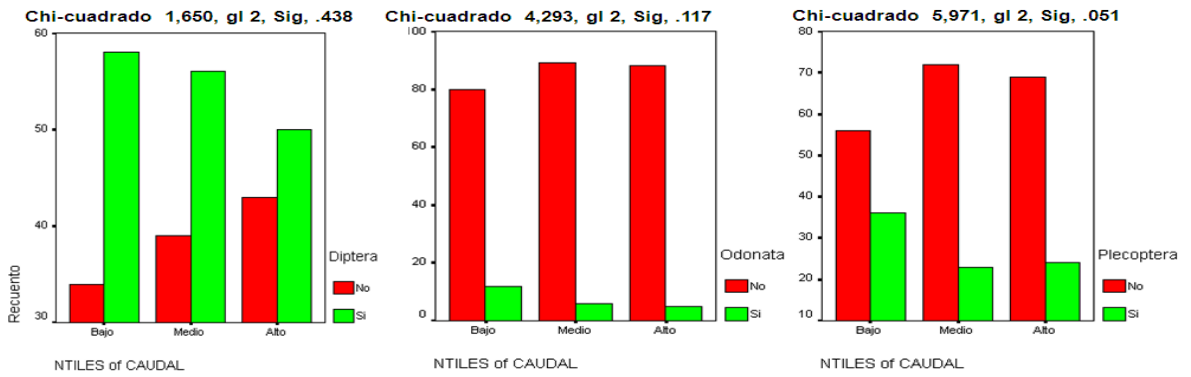
Relación entre la velocidad y los órdenes Díptera, Odonata y Plecóptera del río Palacé



Relación entre la profundidad y los órdenes Ephemeroptera, Díptera, Odonata, Plecóptera y Tricópteros del río Palacé



Relación entre los sustratos y los órdenes Coleóptera, Odonatos y Plecóptera del río Palacé



Relación entre el caudal y los órdenes Díptera, Odonata y Plecóptera del río Palacé