

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE BIOLOGÍA



ESTUDIO DE LOS RASGOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS EN POBLACIONES DE
LOS ORDENES: EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA Y TRICHOPTERA (CLASE
INSECTA), EN UN RÍO AL PIE DEL GLACIAR MURURATA

POR: CARLOS ISRAEL MOLINA ARZABE

LA PAZ – BOLIVIA

2004

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
Facultad de Ciencias Puras y Naturales Carrera de Biología

TÍTULO:

**Estudio de los Rasgos Biológicos y Ecológicos en poblaciones de los Ordenes:
Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (Clase Insecta), en un río al pie del
glaciar Mururata.**

POR:

Carlos Israel Molina Arzabe

TUTOR CIENTÍFICO:

Lic. Rubén Marín P.

ASESORES CIENTÍFICOS:

Dr. François-Marie Gibon.

Dra. Odile Fossati

TRIBUNALES:

Dra. Giovanna Rocabado.

Ms.c. Julio Pinto.

JEFE DE CARRERA:

Lic. Rubén Marín P.

La Paz, 2004

*A la memoria de mi tío:
Rolando Campuzano Arzabe.*

*.....a mi madre Wilma Arzabe. Ibat
y a mis hermanas Julieta y Dana.*

.... y a mi amigo François-Marie Gibon.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Instituto de Ecología y la Unidad de Limnología, especialmente a los investigadores Julio Pinto y Rubén Marín, que contribuyeron en mi formación académica y científica.

Al Instituto de Investigaciones para el Desarrollo (IRD), mediante el proyecto de la unidad de investigación (UR-131) “Variabilité Environnementale et Stratégies Biologiques des Communautés Aquatiques” y sus investigadores François-Marie Gibon y Odile Fossati, por transmitirme sus conocimientos y experiencias.

A mi amigo Claudio Rosales, por toda la ayuda brindada en campo y laboratorio en la realización de este trabajo.

A todos mis compañeros del laboratorio de la Unidad de Limnología, por todos los momentos de trabajo, charlas de discusión, peleas y juegos.

A Sylvie Merigoux de la Universidad de Lyon I, por toda la información que me fue enviada desde Francia.

A Dean Jacobsen de la Universidad de Copenhagen, por la información, comentarios y sugerencias sobre mi trabajo.

A Bill Stark del Museo de Missipi-Collage, por la información proporcionada sobre Plecopteros.

A María del Carmen Zúñiga de la Universidad del Valle, a Eduardo Domínguez de la Universidad Nacional de Tucumán y al curso de diplomado sobre insectos acuáticos, Cali – Colombia 2002.

A Piter Feinsiger, Luis Pacheco y a mis compañeros del curso de Diseño; Coróico – 2003.

A la familia Franco por el apoyo e incentivo brindado para la culminación de este trabajo.

Finalmente un profundo agradecimiento a todos mis amigos, parientes y profesores de la vida que de una u otra manera contribuyeron en mi formación.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS.....	3
3. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo general.....	3
3.2 Objetivos específicos.....	4
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	4
Figura 1. Mapa del valle de Choquecota.....	5
4.1 Geología y geomorfología.....	5
Figura 2. Mapa geológico del valle de Choquecota.....	6
4.2 Clima.....	7
Figura 3. Comportamiento promedio mensual de temperaturas y precipitaciones para el años 2002 (Estación metereológica ubicadas fuera del glacial Zongo 4750m).	9
4.3 Vegetación y fauna.....	9
5. METODOLOGÍA.....	11
5.1 Muestreo y análisis químico.....	12
Figura 4. Determinación de oxígeno en campo, método de la botella de Winkler.	12
Tabla 1. Parámetros químicos determinados <i>in-situ</i> y <i>ex-situ</i>	13
5.2 Muestreo biológico de la fauna de invertebrados acuáticos.....	13
Figura 5. Muestreo de macroinvertebrados por el método de kick Sampling.....	14
Figura 6. Colecta de insectos acuáticos maduros (adultos); a. Trampa pasiva de luz. b. Trampa activa, red aérea entomológica.....	14
5.3 Mediciones hidráulicas y caracterización morfológica.....	15
5.3.1 Cuantificación del sustrato superficial.....	15
Figura 7. Esquema cuantificación del sustrato superficial por sitio de muestreo.....	15
5.3.2 Estimación de los parámetros hidráulicos.....	16
Figura 8. Esquema medidas hidráulicas.....	16
Tabla 2. Fórmulas y unidades de los parámetros hidráulicos medidos en campo.....	16
5.4 Análisis de muestras de invertebrados acuáticos.....	17
5.4.1 Identificación de insectos acuáticos.....	18

Figura 9. a. Placas con montaje de estructuras de identificación. b. Placa con piezas bucales.	18
5.4.2 Estudio de la estructura poblacional de insectos acuáticos EPT.	19
Figura 10. Mediciones: a. Ancho de la cabeza (EPT). b. Largo de las pterotecas (EP). c. Ancho pronoto (T).	19
5.4.3 Estudio de contenidos estomacales de insectos acuáticos.	20
Figura 11. Análisis de contenido estomacal. a. Corte ventral torácico. b. Esquema de la región digestiva anterior.	20
5.5 Análisis estadístico de la información.	20
6. RESULTADOS.	21
6.1 Descripción de los sitios de estudio.	21
Tabla 3. Parámetros descriptivos de los sitios de estudio.	22
Figura 12. Ubicación de los sitios de estudio en el valle de Choquecota.	23
6.2 Condiciones físicas y químicas del agua.	24
6.2.1 Composición granulométrica del sustrato.	24
Figura 13. Composición granulométrica del sustrato superficial en los cuatro sitios de estudio.	24
6.2.2 Descarga y velocidad de la corriente de agua.	25
Figura 14. Comparación de la velocidad de la corriente de agua y descarga en los respectivos sitios y temporadas.	25
6.2.3 Cationes, aniones y sólidos suspendidos.	26
Figura 15. Comparación de las concentraciones de aniones, cationes y sólidos suspendidos, entre sitios y temporadas.	26
6.2.4 Conductividad y pH.	27
Figura 16. Comparación del pH y la conductividad del agua entre los respectivos sitios y temporadas.	27
6.2.5 Conductividad y pH.	27
Figura 17. Temperatura del agua en los sitios y temporadas de estudio.	27
6.3 Composición faunística de invertebrados acuáticos del río Choquecota.	29
Figura 18. Comparación de la abundancia $\ln(A+1)$ y la composición de grupos taxonómicos del río Choquecota.	29
Tabla 4. Composición de invertebrados acuáticos del río Choquecota en los respectivos sitios de estudio.	30

Figura 19. a. Valores propios. b. Mapa factorial (AFC), de los grupos de taxa y los respectivos sitios de estudio.....	31
6.4 Sistemática y morfología de las especies identificadas de los órdenes E P T.	31
Tabla 5. Sistemática de las especies identificadas.....	32
Figura 20. Dibujo de la ninfa <i>Andesiops peruvianus</i> (dibujos propios).....	33
Figura 21. Dibujo de la ninfa <i>Massartellopsis irarrazavali</i> (dibujos propios).....	34
Figura 22. Dibujo de la larva <i>Claudioperla tigrina</i> (dibujos propios).....	36
Figura 23. Dibujo de la larva <i>Cailloma rubemarini</i> (dibujos propios).	37
Figura 24. Dibujo de la larva <i>Antartoecia nordenskiöldi</i> (dibujos propios).....	39
6.5 Rasgos funcionales alimenticios de las especies de los órdenes E P T.	40
Tabla 6. Descripción del régimen alimenticio de <i>A. peruvianus</i>	40
Tabla 7. Descripción del régimen alimenticio de <i>M. irarrazavali</i>	41
Tabla 8. Descripción del régimen alimenticio de <i>C. tigrina</i>	42
Tabla 9. Descripción del régimen alimenticio de <i>C. rubemarini</i>	43
Tabla 10. Descripción del régimen alimenticio de: <i>A. nordenskiöldi</i>	44
6.6 Abundancia temporal y espacio de las especies de los órdenes E P T.	45
Figura 25. Comparación de medias y desviaciones de la abundancia total de EPT, para las cuatro temporadas de estudio.....	45
Figura 26. Abundancia total de las especies de los órdenes EPT: 1 <i>A. peruvianus</i> . 2 <i>M. irarrazavalli</i> . 3 <i>C. tigrina</i> . 4 <i>C. rubemarini</i> . 5 <i>A. nordenskiöldi</i>	45
Figura 27. Comportamiento de las curvas de rangos abundancia de las especies de EPT, respecto a los sitios en el mes de febrero. 1 <i>A. peruvianus</i> . 2 <i>M. irarrazavalli</i> . 3 <i>C. tigrina</i> . 4 <i>C. rubemarini</i> . 5 <i>A. nordenskiöldi</i>	46
Figura 28. Comportamiento de las curvas de rangos abundancia de las especies de EPT, respecto a los sitios en el mes de julio. 1 <i>A. peruvianus</i> . 2 <i>M. irarrazavalli</i> . 3 <i>C. tigrina</i> . 4 <i>C. rubemarini</i> . 5 <i>A. nordenskiöldi</i>	47
Figura 29. Comportamiento de las curvas de rangos abundancia de las especies de EPT, respecto a los sitios en el mes de septiembre. 1 <i>A. peruvianus</i> . 2 <i>M. irarrazavalli</i> . 3 <i>C. tigrina</i> . 4 <i>C. rubemarini</i> . 5 <i>A. nordenskiöldi</i>	47
Figura 30. Comportamiento de las curvas de rangos abundancia de las especies de EPT, respecto a los sitios en el mes de diciembre. 1 <i>A. peruvianus</i> . 2 <i>M. irarrazavalli</i> . 3 <i>C. tigrina</i> . 4 <i>C. rubemarini</i> . 5 <i>A. nordenskiöldi</i>	48
6.7 Estructural poblacional de las especies de los ordenes E P T.	48
6.7.1 Estructura poblacional de la especie <i>A. peruvianus</i>	49

Figura 31. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y el largo de pterotecas de la población de <i>A. peruvianus</i>	50
Figura 32. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de <i>A. peruvianus</i>	50
Figura 33. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de <i>A. peruvianus</i>	51
6.7.2 Estructura poblacional de la especie <i>M. irarrazavalli</i>	52
Figura 34. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y el largo de pterotecas de la población de <i>M. irarrazavalli</i>	53
Figura 35. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de <i>M. irarrazavalli</i>	53
Figura 36. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de <i>M. irarrazavalli</i>	54
6.7.3 Estructura poblacional de la especie <i>C. tigrina</i>	55
Figura 37. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y el largo de pterotecas de la población de <i>C. tigrina</i>	55
Figura 38. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de <i>C. tigrina</i>	56
Figura 39. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de <i>C. tigrina</i>	56
6.7.4 Estructura poblacional de la especie <i>C. rubemarini</i>	57
Figura 40. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y el largo de pterotecas de la población de <i>C. rubemarini</i>	57
Figura 41. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de <i>C. rubemarini</i>	58
Figura 42. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de <i>C. rubemarini</i>	58
6.7.5 Estructura poblacional de la especie <i>A. nordenskiöldi</i>	59
Figura 43. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y la longitud del pronoto de la población de <i>A. nordenskiöldi</i>	59
Figura 44. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de <i>A. nordenskiöldi</i>	60
Figura 45. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de <i>A. nordenskiöldi</i>	60

6.8 Análisis estadísticos de los tamaños del ancho de cabeza de las especies estudiadas EPT.	61
6.8.1 Comparación de los tamaños de cabeza entre temporadas.....	61
Tabla 11. Estadística de la prueba de ANOVA paramétrica y el test de comparaciones múltiples “Tukey” sobre comparaciones del ancho de la cabeza de las especies EPT entre temporadas de estudios.	61
Figura 46. Comparación de medias y desviaciones de medidas del ancho de la cabeza, respecto a las temporadas estudiadas. 1 febrero, 2 julio, 3. septiembre y 4. diciembre. .	63
6.8.2 Comparación de los tamaños de cabeza entre sitios.	64
Tabla 12. Estadística de la prueba de ANOVA paramétrica y el test de comparaciones múltiples “Tukey” sobre comparaciones del ancho de la cabeza de las especies EPT entre sitios de estudios.	65
Figura 47. Comparación de medias y desviaciones de medidas del ancho de la cabeza, respecto a las sitios estudiados.	66
7. Rasgos biológicos y ecológicos definidos para las especies del los ordenes EPT, para el río de Choquecota.	67
Tabla 13. Rasgos biológicos definidos para las especies del los ordenes EPT, para el río de Choquecota.	67
Tabla 14. Rasgos ecológicos definidos para las especies del los ordenes EPT, para el río de Choquecota.	68
8. DISCUSIONES.....	69
8.1 Condiciones físico químicas.	69
8.2 Sistemática de las especies encontradas.....	71
8.3 Grupos funcionales Alimenticios.....	75
8.4 Abundancia temporal espacial.	76
8.5 Estructura poblacional.	79
9. CONCLUSIONES.....	85
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	

1. INTRODUCCIÓN.

Los macroinvertebrados acuáticos son utilizados tradicionalmente como organismos bioindicadores que permiten evaluar y monitorear la calidad de las aguas (Cairns & Pratt 1993, Rosenberg & Resh 1993), lo cual permitió el desarrollo de métodos e índices que consideran medidas sobre abundancia y diversidad de especies, con la finalidad de detectar contaminación (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988, Abel 1989), pero la generalización de estos índices no es correcta, por las fluctuaciones espacio temporales de estos organismos, por otro lado utilizar este tipo de índices que son considerados como la sumatoria de la calidad ambiental, reduce la disponibilidad de la información ecológica y por lo tanto induce a un sesgo en la bioindicación (Usseglio-Polatera *et al.* 2000a).

Actualmente en Europa esta siendo utilizado el concepto de los Rasgos de vida (Rasgos biológicos y ecológicos), como variables cuantificables que proveen información sobre la estructura y funcionamiento de las comunidades de ríos (Usseglio-Polatera *et al.* 2000b), con la finalidad de predecir efectos de perturbaciones naturales o antrópicas (Fossati *et al.* 2003).

Un rasgo biológico está definido como una variable, descrita por características; morfológicas, fisiológicas y etológicas de un grupo taxonómico, mientras que un Rasgo Ecológico, es una variable, que describe la afinidad del taxón con su hábitat (Usseglio-Polatera 2003).

EL concepto de los Rasgos de vida, surgió bajo los postulados de la teoría del River Habitat Templet (Ambiente del hábitat fluvial), por Southwood (1977) y más tarde adaptado a ríos por Townsend & Hildrew (1994), cuyos autores mostraron el comportamiento de las comunidades de invertebrados en un gradiente heterogéneo espacio temporal, que están definidos por los Rasgos de vida de las especies. En otras palabras los Rasgos de las especies muestran relación con los patrones de perturbaciones naturales, por esta razón al mismo tiempo los Rasgos de vida están siendo utilizados en

el biomonitoreo de las perturbaciones humanas en sistemas de aguas corrientes (Statzner *et al.* 2001a).

En Europa por el conocimiento de especialistas, los diferentes Rasgos de vida para macroinvertebrados acuáticos ya están definidos (Fossati *et al.* 2003). Tachet *et al.* (2001), llegaron a diferenciar 22 Rasgos entre biológicos y ecológicos (Anexo 1), los cuales están subdivididos por modalidades cuantificables y dependiendo el grupo de taxón que se desea estudiar, se asigna diferentes valores de acuerdo a la modalidad del rasgo, para posteriormente ser analizado por estadística multivariable.

Fossati *et al.* (2001), realizaron las primeras pruebas sobre la utilización de los Rasgos de vida en ríos de los Yungas de La Paz en Bolivia, cuyos resultados muestran la relación de tipos de perturbaciones con el comportamiento de algunas comunidades respecto a sus rasgos, pero Fossati *et al.* (2003), proponen estudiar los rasgos a nivel taxonómico más preciso, ya que la información disponible a este nivel es insuficiente.

Por otro lado las taxa más comunes de macroinvertebrados están incluidos; los poríferos, turbelarios, oligochaetos, hirudíneas, arácnidos, crustáceos, gastrópodos, bivalvos e insectos (Roldán 1992). Los insectos son los más importantes por su alta diversidad y ubicuidad en los medios acuáticos (Statzner *et al.* 2001b), además los ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (**EPT**), son comunes en aguas corrientes y son los más sensibles a contaminaciones (Jacobsen 1998, Figueroa *et al.* 2003, Molina-Arzabe *et al. submitted*). El conocimiento de la sistemática y biología de estos grupos en la región tropical es incompleto (Jacobsen *et al.* 1997) y la poca información que existe al respecto, está fragmentada a diferentes publicaciones europeas o norteamericanas (Roldán 2001).

Respecto al rasgo biológico, específicamente sobre el ciclo de vida en las comunidades de insectos acuáticos en la región tropical es muy poco conocida (Roldán 2001), al parecer por los pocos estudios que existen, muestran que el ciclo de vida de estas comunidades son del tipo no estacional, es decir que no existe una sincronización

con el factor temporal (Hynes 1970, Roldán 2001), donde la emergencia se da en todo el año (Wolf *et al.* 1989).

Bajo este preámbulo, este trabajo pretenden contribuir al conocimiento de los rasgos biológicos sobre el ciclo de vida de las poblaciones EPT, en un río al pie del glaciar Mururata, además consecuente estudio y definición de los principales rasgos biológicos y ecológicos, este trabajo desea responder la siguiente pregunta:

¿Como varia la estructura poblacional de los ordenes: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, respecto a un gradiente espacial (variación altitudinal 3600 a 4400m) y temporal (en cuatro diferentes temporadas en el año 2002)?

Además se considera importante recalcar la necesidad urgente de estudiar a las comunidades de macroinvertebrados acuáticos ubicados en ríos al pie de los glaciares, porque son sistemas altamente vulnerables, a causa de los cambios climáticos globales (Brittain & Milner 2001), cuyo efecto es el retroceso de los glaciares (Francou *et al.* 1995), y esta situación llevará a la extinción local de las especies que se desarrollan en estas regiones.

2. HIPÓTESIS.

No existe diferenciación en la estructura poblacional (diferentes tamaños de crecimiento) de las especies de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, respecto a un gradiente espacial (variación altitudinal 3600 a 4800m) y temporal (en cuatro diferentes temporadas en el año 2002).

3. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general.

- Estudiar la estructura poblacional de las poblaciones de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, respecto a un gradiente espacial y temporal.

3.2 Objetivos específicos.

- Identificar a un nivel taxonómico específico las distintas poblaciones de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera.
- Estudiar la variación en abundancia de las poblaciones de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, respecto al gradiente espacial y temporal.
- Diferenciar estadios de crecimiento de las poblaciones de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, respecto al gradiente espacial y temporal.
- Estudiar la dinámica poblacional de las poblaciones de Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, respecto al gradiente espacial y temporal.
- Estudiar los rasgos alimenticios funcionales de las poblaciones de insectos acuáticos, en base al análisis de contenidos estomacales y características morfológicas de piezas bucales.
- Estudiar las condiciones físico y química del agua de los distintos hábitat acuáticos a muestrear.
- Definir los principales rasgo biológicos y ecológicos de las poblaciones de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

4. ÁREA DE ESTUDIO.

Este estudio tuvo lugar en el río del valle de Choquecota, nombre del pequeño poblado que se asienta en este valle, que según Wasson & Barrere (1999), corresponde a la hidroecoregión del tipo cordillera glaciar, cuyos ríos ubicados al pie de los glaciares de la región altoandina están caracterizados por un rango altitudinal por encima de los 3.400 m llegando a superar los 5.000 m, lo que determina la presencia permanente de nieve factor que condiciona el régimen hidrológico de estos ríos.

El río de este valle, esta ubicado aproximadamente a 36 Km al sudeste de la ciudad de La Paz, cuyos orígenes están dados en las altitudes de los nevados de la cordillera Real, específicamente en la vertiente occidental del nevado Mururata. El

acceso directo a este lugar está dado por el inicio del camino precolombino denominado *Taquesi*, en las regiones de los poblados de Ventilla y Palca (figura 1).

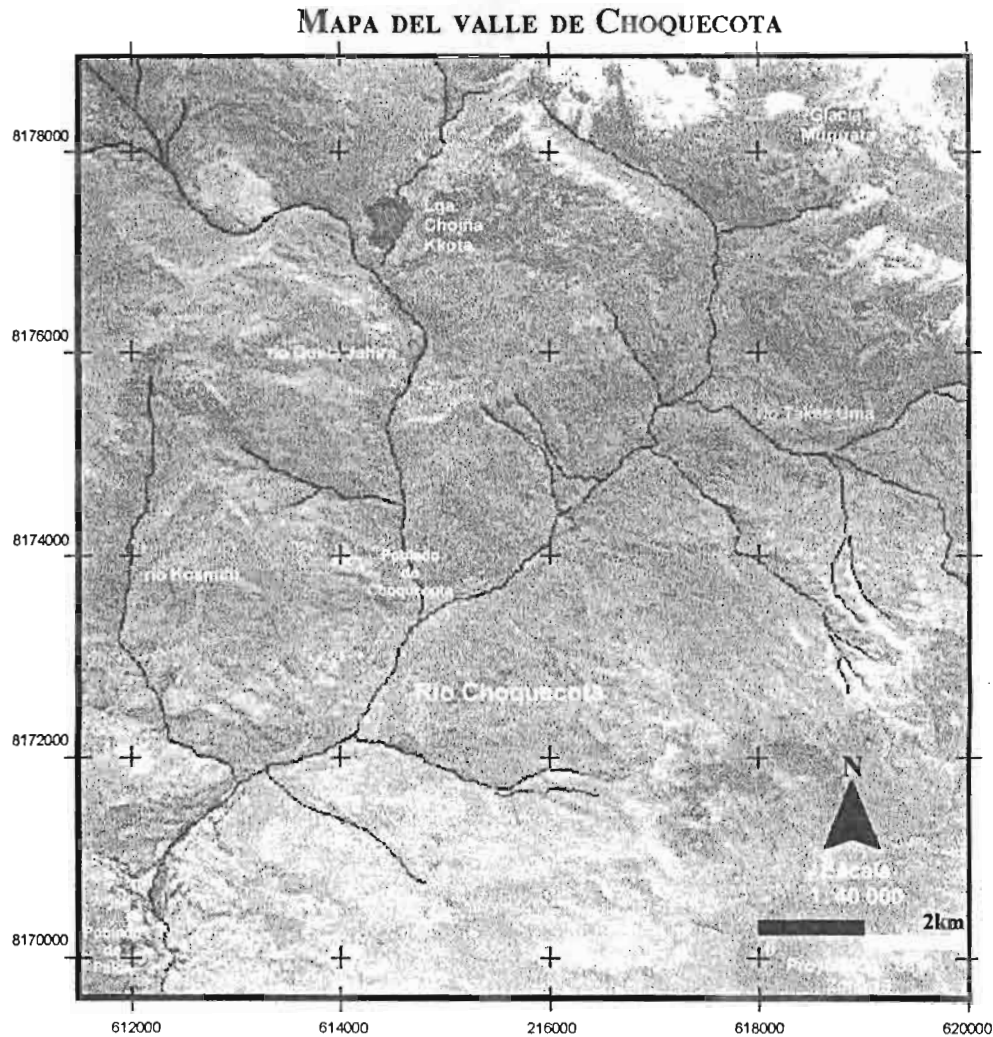


Figura 1. Mapa del valle de Choquecota.

4.1 Geología y geomorfología.

El relieve está caracterizado por altas montañas de pronunciada pendiente, con una variación altitudinal de 3500 m hasta los picos más elevados de 5800 m, como es el nevado Mururata.

La descripción geomorfológica y geológica de esta región, está realizada en base a descripciones de Suárez (1967), Mercado (1969), mapas topográficos (I.G.M. 1974, 1985) y fotografías aéreas (I.G.M. 1955) de la región.

La Parte del nevado Mururata en sus respectivos flancos oriental y occidental, corresponde a remanentes de la tercera etapa de la glaciación de la cordillera del Pléstioceno. El nevado que se encuentra en este lugar, descansa sobre una gran estructura denominada Batolito -masa ígnea de carácter intrusivo de gran profundidad y naturaleza ácida (Intrusivo del Takesi)- de estructuras anticlinal, intercalada con diaclasas, circundada por rocas graníticas y con algunos afloramientos de rocas Ordovícicas, que corresponden la Formación Mururata (S) (figura 2).

Mapa geológico del valle de Choquecota

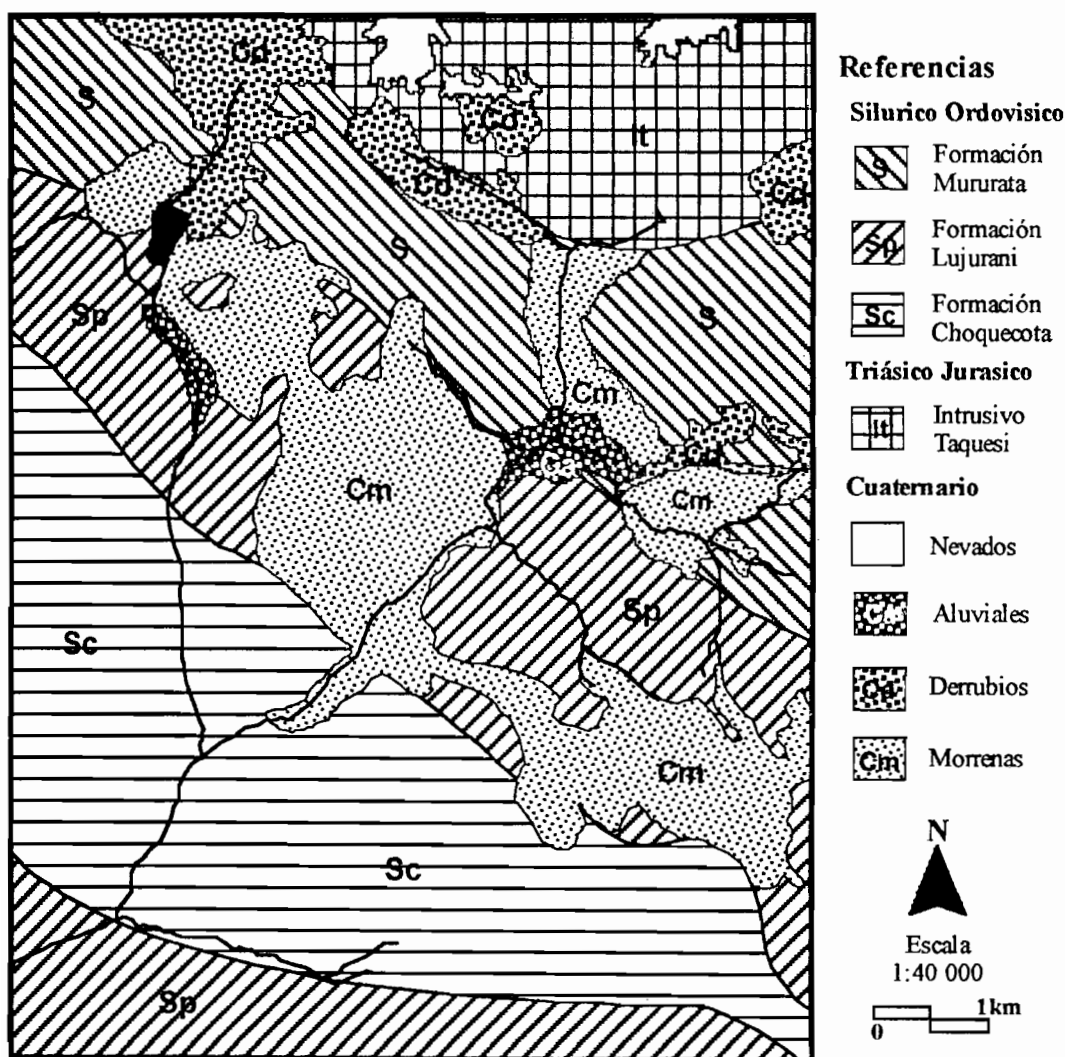


Figura 2. Mapa geológico del valle de Choquecota (modificado a partir de Suárez 1967).

Las cabeceras del río del valle de Choquecota representan un típico valle glacial, o también denominado artejo glacial, es decir con una sección transversal en forma de “U”. Este escenario paisajístico de esta área ha sido moldeado por una fuerte erosión glacial que a lo largo del perfil longitudinal de toda la cuenca, presenta una estructura en gradas, originada por ablación de la nieve -sobre excavación-, prueba de ello son las pequeñas lagunas de altura que existe en este lugar, donde la nieve permaneció más tiempo. Los depósitos de los glaciales, están representados por morrenas laterales de fondo (Cm) y rodeadas por la Formación de Lujurani (Sp).

Río abajo de este valle se puede observar un rejuvenecimiento de las condiciones geomorfológicas, a la altura aproximada del poblado Choquecota descansa sobre la formación del mismo nombre del pueblo, Formación de Choquecota (Sc), donde los valles glaciales en forma de “U”, cambian a valles en forma de “V”, moldeado por una fuerte erosión fluvial, con una acentuada pendiente donde los curso de agua fluyen velozmente.

La mayor extensión del valle de Choquecota ríos abajo, descansa también sobre la Formación de Lujurani, con estructuras sinclinal y están constituidos principalmente por esquistos, pizarras y rocas arenisca cuarcíticas de grano medio a grueso, con delgada capas de lutitas y con bancos de areniscas (Suárez 1967, Mercado 1969).

4.2 Clima.

En general la región esta caracterizada por un clima de tipo tropical de alta montaña, que por la altitud y la disposición norte a sudeste de la cadena montañosa de la cordillera real, condiciona el régimen térmico y pluviométrico de esta región (Lorini 1991).

La presencia de glaciares en está región condiciona la mayor parte del año la humedad general de ríos y arroyos permanentes, además desplazan vientos superficiales densos en dirección este, que descienden a menor altura por la cordillera (Lorini 1991), y

el régimen pluviométrico está condicionado principalmente por las masas de aire y vientos de origen atlántico (Ronchail 1986).

Datos de precipitaciones mensuales a los largo de los años de registros en estaciones metereológicas ubicadas en la ciudad de La Paz (San Calixto) y en la cordillera (Zongo y Chacaltaya), de manera general muestra un comportamiento unimodal del ciclo de precipitaciones, las cuales son de corta duración y de alta intensidad: empieza en los meses de octubre y noviembre, reportándose las máximas para los meses de enero a marzo, en cambio las mínimas están restringidas a los meses de junio y julio (Ronchail 1986; Wasson *et al.* 1989; Lorini 1991). Por lo tanto esta región se caracteriza por una clara época seca y otra húmeda.

Las temperaturas más bajas corresponden a la época seca, que corresponde a los meses de junio y julio, manifestándose frecuentes heladas para estos meses. La temporada caliente esta restringida a los meses de enero y febrero, que corresponde a la época húmeda (Lorini 1991).

Al igual que las precipitaciones, la nubosidad está limitada a ciertas épocas del año, pero la mayor parte de año está despejado, lo que facilita un mayor aumento de radiación solar. En época fría la irradiación (pérdida de calor) es mayor por la noche, lo que causa las frecuentes heladas en esta temporada (Lorini 1991).

De acuerdo a los datos metereológicos del año 2002, de la estación metereológica Mevis, para los datos promedios mensuales de temperatura del aire y la estación de Cobee para los datos promedios mensuales de precipitación, ambas estaciones ubicadas fuera del glaciar de Zongo (4750m), en la figura 3 se muestra el comportamiento general de estos datos (Soruco *et al.* 2003), año que re realizó el presente estudio.

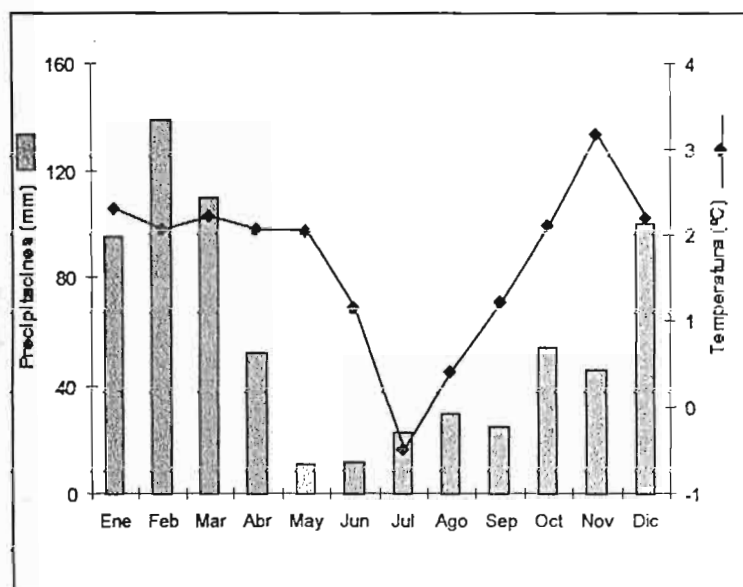


Figura 3. Comportamiento promedio mensual de temperaturas y precipitaciones para el año 2002 (Estación meteorológica ubicada fuera del glaciar Zongo 4750 m).

Las temperaturas para los meses de enero hasta mayo se mantiene relativamente estable, oscilando entre 2,1 a 2,3 °C. Las mínimas temperaturas corresponden al mes de julio (-0,48 °C) y esta a la vez se incrementa paulatinamente en los siguientes meses hasta registrarse la más alta para el mes de noviembre (3,2 °C) y en diciembre disminuye aproximadamente en el mismo rango de los meses de enero a mayo. Respecto a las precipitaciones, la más alta está dada para el mes de febrero (139mm.), y esta disminuye gradualmente hasta registrarse la más baja en los meses de mayo y junio (11 y 12mm.), para los siguientes meses estas van en ascenso hasta el mes de diciembre (98mm.).

4.3 Vegetación y fauna.

Casi toda la extensión del valle de Choquecota corresponde al piso altitudinal altoandino, que por el relieve irregular la vegetación es variable y se caracteriza por una cierta degradación antropogénica (Beck & García 1991, Navarro & Maldonado 2002), como el pastoreo y las frecuentes quemadas.

Entre el límite superior Altoandino y Subnival, la vegetación es discontinua y escasa, por efecto de la crioturbación y el sobrepastoreo, donde se pueden observar

dominancia de grupos de comunidades vegetales semiacuáticas, formando tapices e interrumpidos por cuerpos acuáticos, llamados comúnmente Bofedales (Estenssoro 1991). En estas formaciones vegetales, se observa la predominancia de algunas juncáceas, como *Distichia muscoides*, que forman amplios cojines compactos y *Oxychloe andina*, en forma de cojines laxos. Entre estos cojines crecen algunas hierbas como; *Gentiana sedifolia*, *Werneria apiculata*, *Scirpus spp* y *Poa perligulata*. En la superficie de los bloques de rocas graníticas, se pueden observar mantos de líquenes de color amarillo del género *Parmelia* y en mayor cantidad líquenes de color gris de bordes redondeados del género *Umbilicaria*.

En este tipo de formaciones se pueden encontrar algunos grupos de roedores del género; *Auliscomys*, *Ctenomys* y *Phyllotis* (Mercado & Millares 1991). Por la alta actividad de insectos que tienen estas áreas, son utilizados como recurso alimenticio de aves (Ribera 1991) y algunas lagartijas del género *Liolaemus* (Baudoin & Pacheco 1991). Entre las aves que se han observado con mayor frecuencia esta la especie, *Cloephaga megaloptera* ("Huallatha"), y los géneros; *Anas* (Pato silvestre), *Phrygilus* (Chauca) este último de tamaño pequeño y más abundante en pastizales y campos abiertos.

En la porción media del valle, según interpretaciones fisonómicas de la región Altoandina por Beck y García (1991), diferencian dos unidades de vegetación; la primera compuesta por vegetación mas o menos densa ubicadas entre las depresiones de las colinas y las laderas, donde nidifican algunas aves del género, *Nothoproca* (Pishaaka). La segunda está compuesta por una vegetación abierta de gramíneas y hierbas de pequeño porte, cuya dominancia está dada por las especies de *Festuca cf. andicola*, *Calamagrostis spp* y otros pastos duros y degradados, como; *Stipa spp* (paja brava). En las riberas de los cursos de aguas de estas áreas, es muy común observar un vegetación cespitosa, con la dominancia de la especie *Calamagrostis chrysantha*.

Las anteriores áreas de vegetación descritas, como se mencionó anteriormente, son utilizadas como zonas de pastoreo. Los pobladores de Choquecota a media mañana

envían a sus niños para acarrear sus ganados conformados principalmente por; *Ovis aries* (ovejas domésticas) y *Llama glama* (llama), hacia estas áreas para su respectiva alimentación. Estos pobladores, también poseen *Equus caballus* (caballo doméstico) y *Equus asinus* (burro), que son utilizados como animales de carga y de transporte de turistas que son conducidos a la cima de la montaña, y estos a la vez forrajea en estas áreas.

En la región del poblado y pasando este, la vegetación esta caracterizada por matorrales, conformados por arbustos de *Baccharis incarum* y *B. boliviensis* ("Th'ola"). También es típico observar vegetación cultivada, como algunos árboles; *Pinus* (Pino común) y *Eucalyptus globulus* (Eucalipto). Cerca al lecho del río se desarrolla una vegetación espesa, principalmente arbustos de *Baccharis incarum* y gramíneas de gran tamaño (*Cortaderia spp.*). En estas región se han observado en las primeras horas de la mañana, pequeñas aves de las especies; *Carduelis atrata* (chaiñita) y *Zonotrichia capensis* (Pichitanka).

5. METODOLOGÍA.

El gradiente temporal estuvo establecido por cuatro temporadas de muestreo en el años 2002, que corresponden a los meses de febrero, julio, septiembre y diciembre. El gradiente espacial estuvo definido por cuatro sitios de estudio que fueron establecidos mediante una salida de prospección al campo. En cada sitio en su respectiva temporada se procedió a realizar mediciones y muestreos de los parámetros químico, físico y biológico. Las condiciones físico y químicas del agua, únicamente fueron determinadas en dos temporadas: para el mes de febrero (temporada húmeda) y julio (temporada seca), según estudio de Wasson y Marín (1988). La cuantificación del sustrato superficial y la caracterización de las condiciones morfológicas estuvo restringido solo al mes de febrero, como parámetros únicamente descriptivos de los sitios de estudio.

Es preciso recalcar que todas las medidas y muestreos, fueron realizados desde el sitio inferior (río abajo), hacia la superior (cabecera del río), con la finalidad de no

perturbar los consecuentes sitios a estudiar. Además, en cada sitio el primer muestreo que se realizó *in situ* fue el químico, después el biológicos, para terminar con el físico y de esta manera obtener datos representativos de las condiciones naturales del río estudiado.

5.1 Muestreo y análisis químico.

Las mediciones *in-situ*, se realizó colectando un balde de agua para medir; la temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos por medio de equipos electrónicos portátiles. La determinación de la concentración de oxígeno se realizó en campo, por el método de la botella Winkler (método adaptado, Anexo 2), (figura 4). Adicionalmente se tomó un litro de muestra de agua en una frasco de polietileno, para el análisis *ex-situ*, de compuestos mayoritarios, como ser; alcalinidad (bicarbonatos y carbonatos), fosfatos, cloruro, calcio, magnesio, potasio y sodio. Estos análisis fueron realizados mediante métodos estandarizados en el Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Ecología (tabla 1).

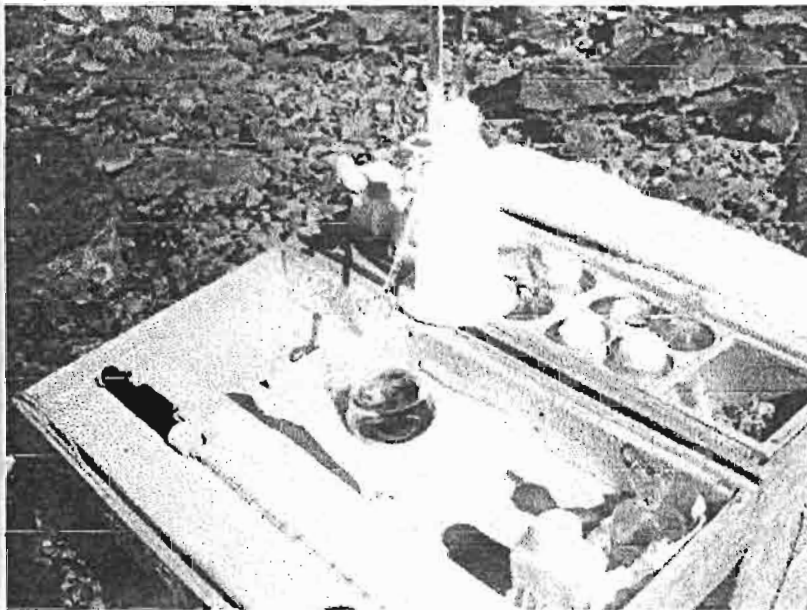


Figura 4. Determinación de oxígeno en campo, método de la botella de Winkler.

Tabla 1. Parámetros químicos determinados *in-situ* y *ex-situ*.

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS
<i>in-situ</i>		
pH	pH	Potenciómetro y sensor de temperatura (equipo portátil WTW).
Temperatura	°C	
Conductividad	mS/cm	Conductímetro (equipo portátil Hach).
Total Sólidos Disueltos	g/lt	
Oxígeno	mg/lt	Botella Winkler*
<i>ex-situ</i>		
Alcalinidad	meq/lt	Titulación con HCl 0.1N pH>8.2 para carbonatos y pH<8.2 a 4.3 bicarbonatos.
Sulfatos	mg/lt	Absorción atómica de muestras tratadas con cloruro de bario (BaCl ₂).
Cloruros	mg/lt	Titulación con nitrato de plata 0.01M.
Catiónes Na ⁺ K ⁺ Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	mg/lt	Absorción atómica.

*Método modificado y adaptado (Anexo 2).

5.2 Muestreo biológico de la fauna de invertebrados acuáticos.

Para obtener una imagen cuantitativa global e integral de la comunidad de macroinvertebrados por área de cada sitio representativo, se muestreó según el método denominado "Kick Sampling" (Abel 1989). La estandarización del muestreo consiste en introducir una red de mano (0,3 m de ancho y 0,250 mm malla de apertura), al centro del cauce dentro el río en dirección opuesta al sentido de la corriente de agua y por delante el operador procede a mover el sustrato con los pies dinámicamente, con la finalidad de remover el sustrato para que se desprenda la fauna béntica y se deposite en la malla, hasta abarcar un área aproximada de 1,5 m² (longitud 5 m) (figura 5).

Lo colectado se deposita a un balde con abundante agua, se lava y se retira las piedras colectadas, luego se filtra el contenido del balde en un tamiz de 0,250 mm., la materia filtrada es depositada a frascos de 500 ml. y conservado con etanol al 96° (por la disolución del alcohol con el agua de la colecta y obtener una concentración relativa de 70 a 80%).



Figura 5. Muestreo de macroinvertebrados por el método de kick Sampling.

Con la finalidad de lograr un nivel específico de identificación y corroborar el nivel de identificación de estadios inmaduros acuáticos, en los sitios de muestreo se emplearon colectas activas con red aérea manual durante el día y trampas pasivas de luz en el crepúsculo del día, para obtener ejemplares de insectos adultos emergidos del agua (figura 6).

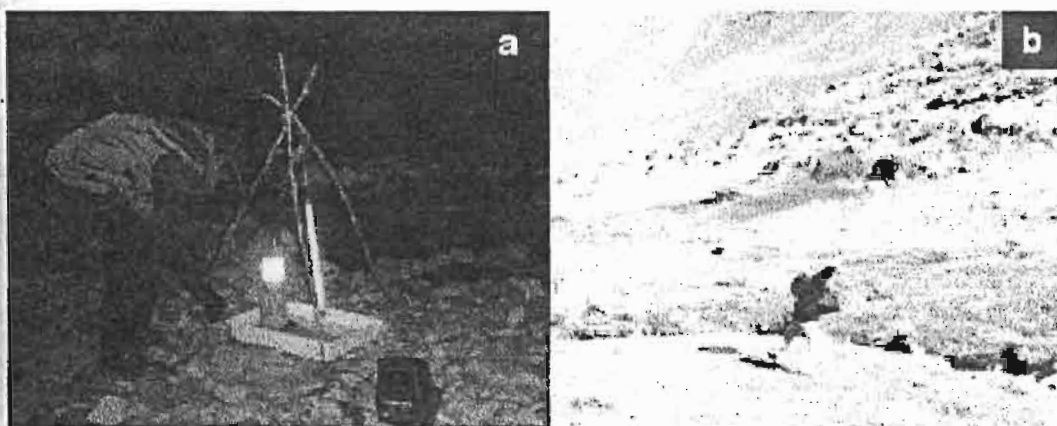


Figura 6. Colecta de insectos acuáticos maduros (adultos); a. Trampa pasiva de luz. b. Trampa activa, red aérea entomológica.

5.3 Mediciones hidráulicas y caracterización morfológica.

En cada sitio de estudio establecido, se definieron segmentos del ríos de aproximadamente 10 metros de longitud, lugar donde se realizó mediciones hidráulicas y caracterización de las condiciones morfológicas de cada uno de los sitios.

5.3.1 Cuantificación de sustrato superficial.

La cuantificación del sustrato se realizó según el método de Kellerhals & Bray (1971), que fue modificado según las condiciones morfológicas del río estudiado. La descripción de este método consiste en lanzar una cuerda de diez metros de longitud - cuerda que presenta un nudo a cada metro de distancia- en diferentes sentidos del cauce principal del río, el número de lanzamiento estaba sujeto al ancho del río (p.e., si el lugar de muestreo presenta cinco metros de ancho, se lanzará cinco veces la cuerda en diferentes sentidos, si el ancho es menor a un metro solo se lanza la cuerda una vez), de tal manera donde caía el nudo, el tamaño del sustrato era estimado según la escala granulométrica de Malavoi & Souchon (1989) (Anexo 3), de esta manera se obtenía frecuencias acumulativas de acuerdo al tipo de sustrato de cada sitio de muestreo (figura 7).

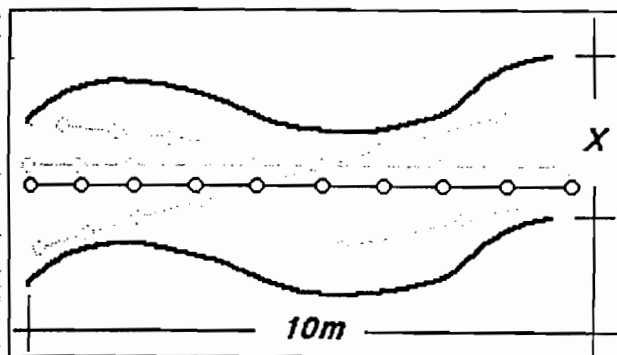


Figura 7. Esquema sobre la cuantificación del sustrato superficial por sitio de muestreo.

5.3.2 Estimación de los parámetros hidráulicos.

En el segmento definido se dividió en tres porciones equivalentes (cada cinco metros), donde se realizaron mediciones del ancho promedio ($\bar{W}$) y la profundidad promedio ($\bar{P}$), en la sección transversal del cauce del río. Estos dos tipos de mediciones ayudaron a determinar el área trasversal (A) del cauce del río, según Roldán (1992) (figura 8 y tabla 2).

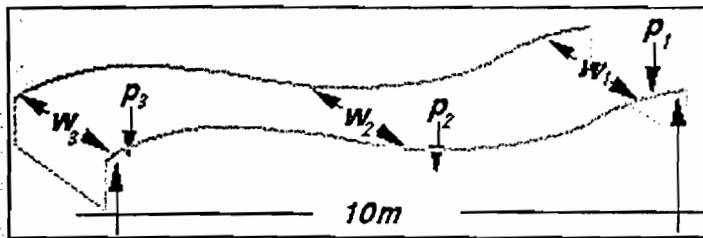


Figura 8. Esquema de medidas hidráulicas; ancho y profundidad.

Tabla 2. Fórmulas y unidades de los parámetros hidráulicos medidos en campo.

PARÁMETRO	UNIDAD	FÓRMULA
Ancho promedio ($\bar{W}$)	(m)	$\bar{W} = \frac{w_1 \cdot w_2 \cdot w_3 \cdot \dots \cdot w_n}{n}$
Profundidad promedio ($\bar{P}$)	(m)	$\bar{P} = \frac{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n}{n}$
Área transversal (A)	(m ²)	$A = \bar{W} \times \bar{P}$
Velocidad de la corriente de agua (v)	(m/seg)	$v = \frac{(-0,42 + 25,68 \cdot n)}{10s}$ n = # de revoluciones
Descarga (Q)	(m ³ /seg)	$Q = A \times \bar{V} \times a$ a = coeficiente de rugosidad

Los valores de velocidad de la corriente de agua, se obtuvo con ayuda de un quipo portátil, micromolinete (SEBA), el cual mediante una hélice giratoria por la corriente del agua a diferentes profundidades se registra el número de revoluciones por tiempo en un contómetro digital. La estimación de la velocidad se realizó por medio de una fórmula matemática estandarizada, de acuerdo al tipo de hélice empleada (tabla 2).

Los datos obtenidos sobre el área transversal, la velocidad de la corriente de agua, más el coeficiente de rugosidad (a) (0,8 si el cauce es rugoso a 0,9 si es liso), contribuyeron a calcular la descarga de agua total (Q), en base a la fórmulas de Roldán (1992) y Angelier (2000), que fue modificada de acuerdo a los datos y unidades empleadas (tabla 2).

Después de haber concluido el muestreo físico, se procedió a la caracterización morfológica de cada sitio de muestreo. El reconocimiento de la morfología se realizó mediante observación directa, como; forma del valle, sinuosidad del río, formar transversal, caracterización de la vegetación ribereña y tipo de perturbaciones.

Cada sitio de muestreo fue georeferenciado y se registró las alturas por medios de un equipo de GPS -Garmin 1992- datos que fueron empleados para la elaboración del mapa del área de estudio, tomando como base mapas topográficos (I.G.M. 1974, 1985) y fotografías aéreas (I.G.M. 1955) de la región, para obtener un mapa digitalizado del área de estudio por medio del software IDRISI (1996), todo este trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Análisis Espacial del Instituto de Ecología, La Paz.

5.4 Análisis de muestras de invertebrados acuáticos.

Una vez ya destinadas las muestra de invertebrados al laboratorio de invertebrados de la Unidad de Limnología del Instituto de Ecología. Se procedió al cambio de la solución fijadora, por etanol al 75% de concentración, adicionando diez gotas de glicerina para una mejor preservación de las muestras. Cada una de estas muestras fueron analizadas por punto y temporada de muestreo, separando inicialmente la materia vegetal y sedimentos, mediante tamices de 2,5 mm., 1mm., 0,630mm. y 0,250mm., y depositados a otros frascos con su respectivo rótulo.

En el estéreomicroscopio con la ayuda de pinzas fueron separados las poblaciones de insectos acuáticos, específicamente los órdenes Ephemeroptera,

Plecoptera y Trichoptera, respecto a la materia vegetal particulada, sedimentos y los demás invertebrados acuáticos.

5.4.1 Identificación de insectos acuáticos.

Se realizaron placas de estructuras morfológicas de identificación -piezas bucales, tórax, patas y abdomen- en insectos relativamente maduros, mediante el previo aclaramiento de las estructuras quitinosas y digestión de los demás tejidos al ser sometidos a un baño maría por el lapso de cinco minutos en una solución de Hidróxido de Potasio (KOH) al 10%. Después que haya enfriado el baño, estos organismos fueron lavados con agua destilada para luego ser deshidratados con una solución concentrada de ácido acético cuyo tiempo de espera depende del tamaño del organismo. Posteriormente los especímenes fueron diseccionados en bálsamo de cedro y montadas en el fijador Euparal, las estructuras de identificación (figura 9 a y b).

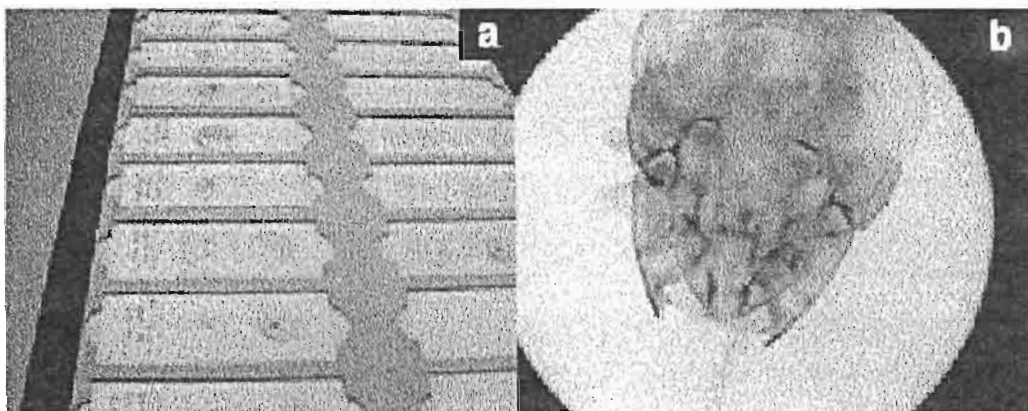


Figura 9. a. Placas con montaje de estructuras de identificación. b. Placa con piezas bucales.

Las placas con estructuras importantes de identificación, se realizaron dibujos mediante la utilización de un microscopio de proyección, para ser comparados con descripciones de individuos de la misma jerarquía taxonómica. También a partir de las placas de identificación, se realizaron dibujos de piezas bucales que contribuyeron a caracterizar los regímenes alimenticios de la poblaciones estudiadas (figura 9 b).

Para el orden Ephemeroptera, se emplearon las clave de identificación de Roldán (1988) y Domínguez *et al.* (2001), para Plecoptera las claves de Benedetto (1974) y Romero (2001), para Trichoptera las claves de Flint (1982), Angrisano & Korob (2001) y Muñoz-Quesada & Paprocki (2002).

5.4.2 Estudio de la estructura poblacional de insectos acuáticos EPT.

Para obtener la información sobre la estructura poblacional e inferir posibles estados de crecimiento (instares) de las poblaciones de insectos acuáticos estudiados, a cada uno de los individuos se realizó mediciones del ancho de la cabeza (figura 10 a) y el largo de las pterotecas (estuches de alas inmaduras) en ninfas maduras y para ninfas inmaduras únicamente se realizó la medida del tamaño de segmento metatorácico, en el caso de ninfas del tipo hemimetábolos (ninfas semejante a los adultos, es decir sin metamorfosis muy diferenciable), como es el caso de las poblaciones de ephemeropteros y plecopteros (figura 10 b). En las poblaciones de trichopteros, que corresponden a larvas del tipo holometábolo (larvas que tienen diferente aspecto al adulto, con metamorfosis diferenciable), y en vez de pterotecas desarrollan tergos toraxicos, así que se realizaron mediciones de la longitud del pronoto torácico (primer segmento toraxico dorsal) (figura 10c), más el ancho de la cabeza.

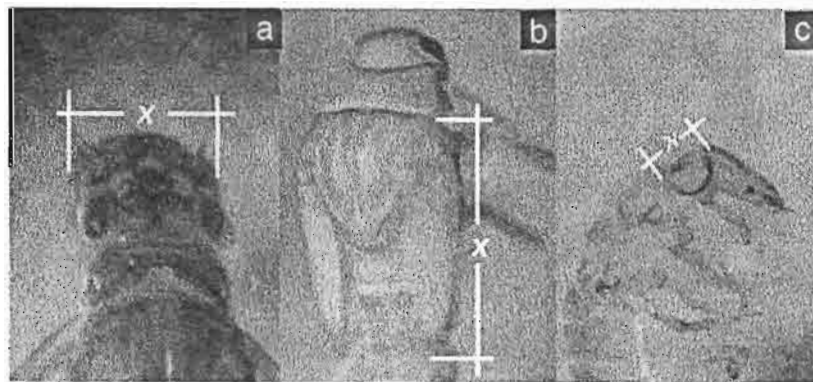


Figura 10. Mediciones: a. Ancho de la cabeza (EPT). b. Largo de las pterotecas (EP). c. Ancho pronoto (T).

5.4.3 Estudio de contenidos estomacales de insectos acuáticos.

El estudio de los contenidos estomacales fue realizada de manera cualitativa, mediante la selección de un par de individuos de las poblaciones de insectos acuáticos de interés, colectados por cada estación y temporada de muestreo. A cada uno de los individuos seleccionados, se realizó cortes ventrales a la altura del torax para identificar y extraer la región anterior al proventrículos (buche), cuyo contenido fue disuelto con gotas de agua destilada en un porta objeto escabado para reconocer el alimento mediante el uso de un microscopio (figura 11a y b).

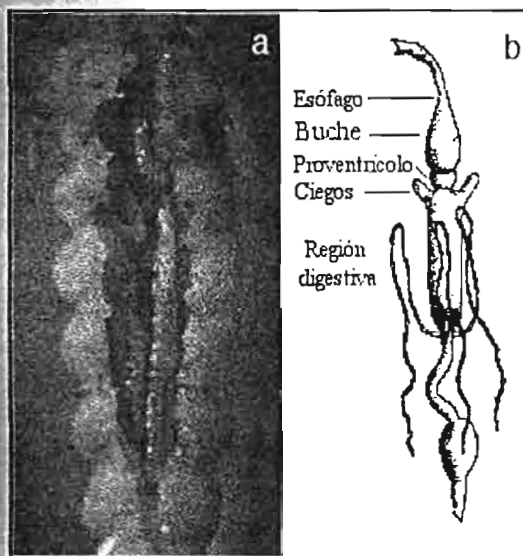


Figura 11. Análisis de contenido estomacal. a. Corte ventral torácico. b. Esquema de la región digestiva.

5.5 Análisis estadístico de la información.

Con la finalidad de resumir y analizar la estructura, composición y abundancia de todos los invertebrados acuáticos del río Choquecota respecto a los sitios de estudio, se realizó un análisis factorial de correspondencia (AFC), técnica que analiza las relaciones de una amplio número de variables y determina si la información puede ser resumida en una serie de factores o componentes (Hair *et al.* 1999). Este análisis fue realizado mediante el programa estadístico de análisis multivariable ADE-4 (2001).

Para poder comparar el comportamiento sobre la ausencia, presencia y sus respectivas abundancias de las especies del los órdenes EPT, de acuerdo a los sitios y temporadas de estudio, se empleó curvas de rango abundancia (Feinsinger 2001). Estas curvas, consideran la abundancia total de EPT de cada temporada (N_i) y la abundancia parcial de cada especie (p_i) por cada sitio, datos que son expresados como $\log_{10} p_i/N_i$ de la respectiva especie, para ser comparadas con las demás especies.

Para establecer las diferentes etapas de crecimiento o tipo de tamaños de crecimiento larval de la fauna estudiada, de acuerdo a las medidas de cada individuos se realizaron gráficas de relación entre las medidas del ancho de la cabeza y el largo de las pterotecas en el caso de las especies del orden Ephemeroptera y Plecoptera, en cambio para las especies del orden Trichoptera, se relacionó el tamaño del ancho de la cabeza y el ancho del pronoto, respecto a los sitios y temporadas estudiadas.

Con la finalidad de observar y analizar la estructura de las poblaciones de las especies estudiadas, se realizaron histogramas en base a las tallas de la cabeza y sus respectivas densidades con ayuda del programa estadístico Systat (1992).

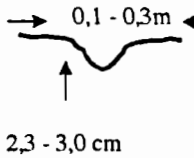
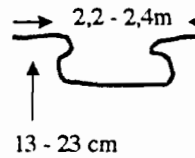
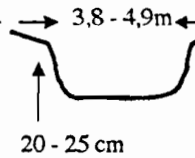
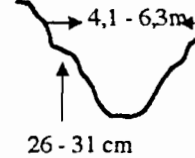
En base a la pregunta central del tema de investigación y la naturaleza de los datos, la información sobre las medidas del ancho de la cabeza en las poblaciones estudiadas, fue analizada por la prueba paramétrica de análisis de varianza de una vía (ANOVA), respecto a los diferentes sitios y temporadas estudiadas. Para poder discriminar entre los efectos de las comparaciones (sitios y temporadas), se empleó el test de comparaciones múltiples "Tukey" o llamado también test de la honestidad (Zar 1999). Para el análisis de toda esta información se utilizó el programa estadístico Systat (1992), con una alfa de 0,05 para obtener una potencia estadística de aproximadamente del 80%, cuando el tamaño de la muestra es mayor a cien (Hair *et al.* 1999).

6. RESULTADOS.

6.1 Descripción de los sitios de estudio.

Se llegaron a identificar cuatro tramos diferentes que integran la microcuenca en un rango altitudinal. Se establecieron un sitio de muestreo por cada tramo identificado (figura 12). En la tabla 3 están descritos los principales parámetros que diferencian los sitios estudiados.

Tabla 3. Parámetros descriptivos de los sitios de estudio.

PARÁMETRO	S 1	S 2	S 3	S 4
Ubicación Geográfica (UTM)	817782 618400	811759 616870	811741 616080	811712 612245
Altura (m)	4400	4217	4100	3613
Longitud respecto al glacial (Km.)	0,457	2.150	3.625	10.000
Pendiente (%)	12	4	6	7,6
Forma del perfil transversal				
Forma longitudinal				
Tipo de sustrato dominante	Turba y cascajo grande (CG).	Cascajo grande (CG) y piedra fina (PF).	Grava grande (GG) y piedra fina (PF).	Bloque (B), roca(R), piedra grande (PG) y cascajo grande (CG).
Tipo de vegetación aledaña al cauce del río	Semiacuática rastrera.	Vegetación abierta de gramíneas y hierbas de pequeño tamaño.	Vegetación de gramíneas mas o menos densa y arbustos de pequeño tamaño.	Matorral de arbustos y plantas cultivadas.
Influencia antropogénica	Sin influencia.	Pastoreo de ganado camélidos.	Pastoreo de ganado camélido y ovino.	Pequeño poblado de Choquecota y cultivo.

El primer sitio de muestreo (S1), está ubicado cerca al glaciar, específicamente en el área de bofedales y los sitios (S2 y S3) están próximos en dirección río abajo. El último sitio (S4), es el más alejado y está ubicado por debajo del pueblo de Choquecota.

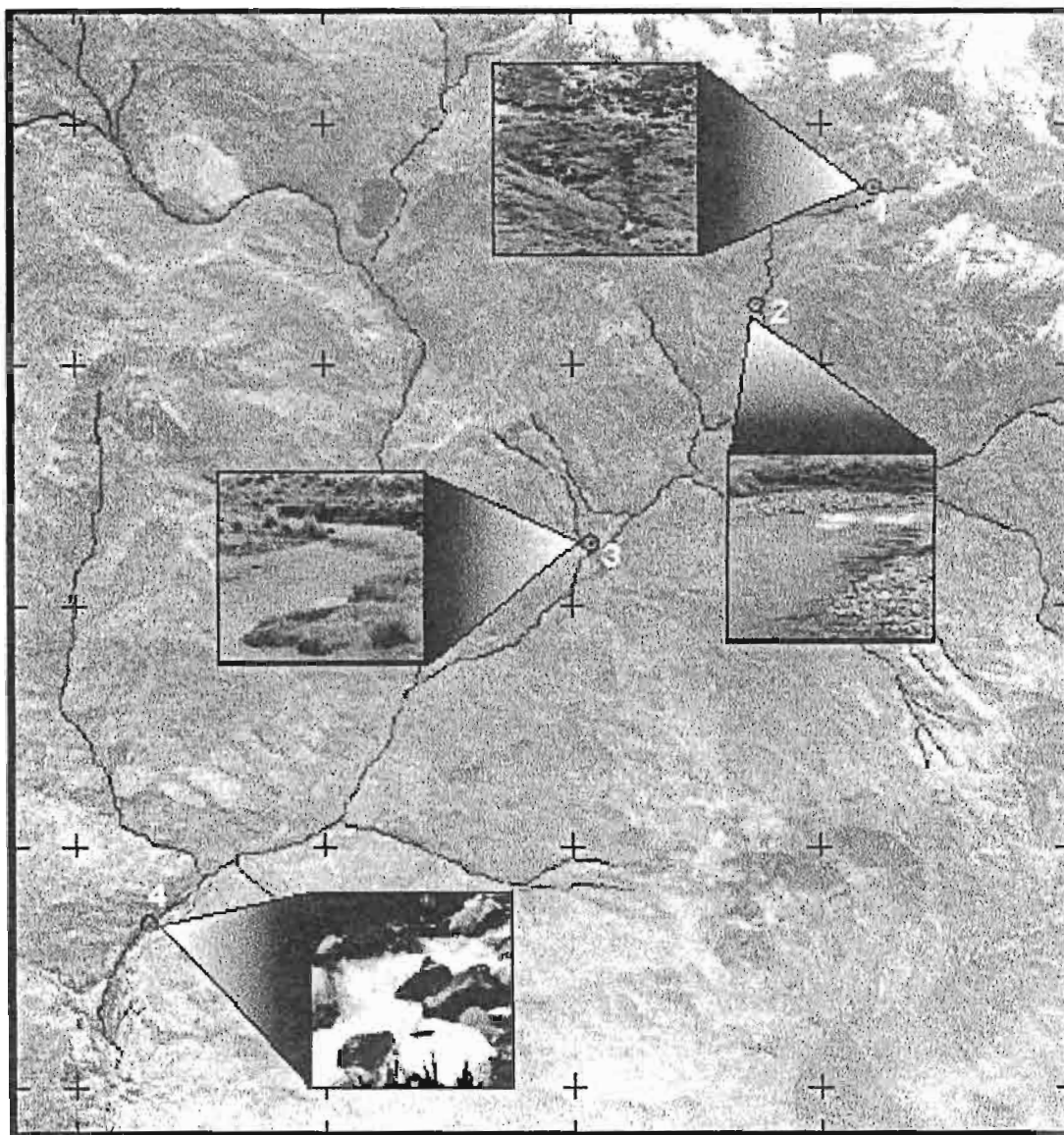


Figura 12. Ubicación de los sitios de estudio en el valle de Choquecota.

6.2 Condiciones físicas y químicas del agua.

6.2.1 Composición granulométrica del sustrato.

La composición granulométrica del sustrato en los sitios de muestreo, estos muestran incremento de tamaño de los diferentes elementos que lo componen, en dirección a los sitios que están ubicados río abajo (figura 13).

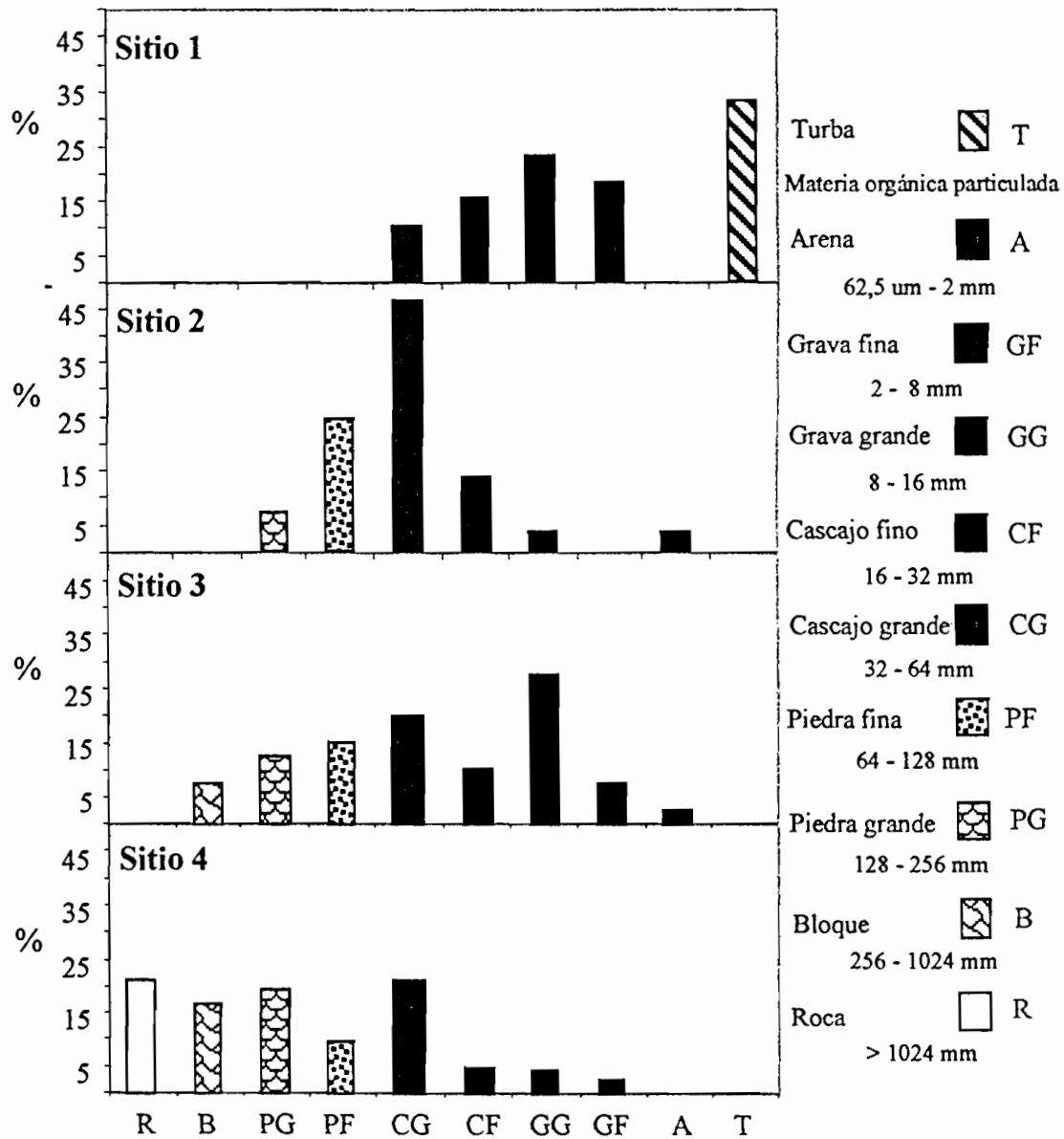


Figura 13. Composición granulométrica del sustrato superficial en los cuatro sitios de estudio.

En el sitio 1 el tipo de sustrato que domina es la turba (35%), ya que las aguas de los riachuelos en esta región cabecera de río atraviesan por una vegetación del tipo bofedal, además en menor cantidad se pueden apreciar otros elementos de diámetro pequeño, como; grava grande, grava fina, cascajo fino y cascajo grande.

Para el sitio 2, los elementos son de tamaño mayor, como; piedra fina, piedra grande y la dominancia de cascajo fino (45%). En los sitios 3 y 4 el tamaño de los elementos son mas grandes, como del tipo bloque que se encuentran esparcidos y los elementos de diámetro pequeño están presentes en poca cantidad, así como; grava fina, grava grande y cascajo fino. En el sitio 4, además se puede observar la presencia de rocas muy aisladas.

6.2.2 Descarga y velocidad de la corriente de agua.

La descarga y la velocidad de la corriente de agua están relacionadas, ya que ambas variables incrementan sus valores en dirección ríos abajo, pero esta diferencia es marcada en los sitios 3 y 4, sobre todo para la época húmeda (figura 14).

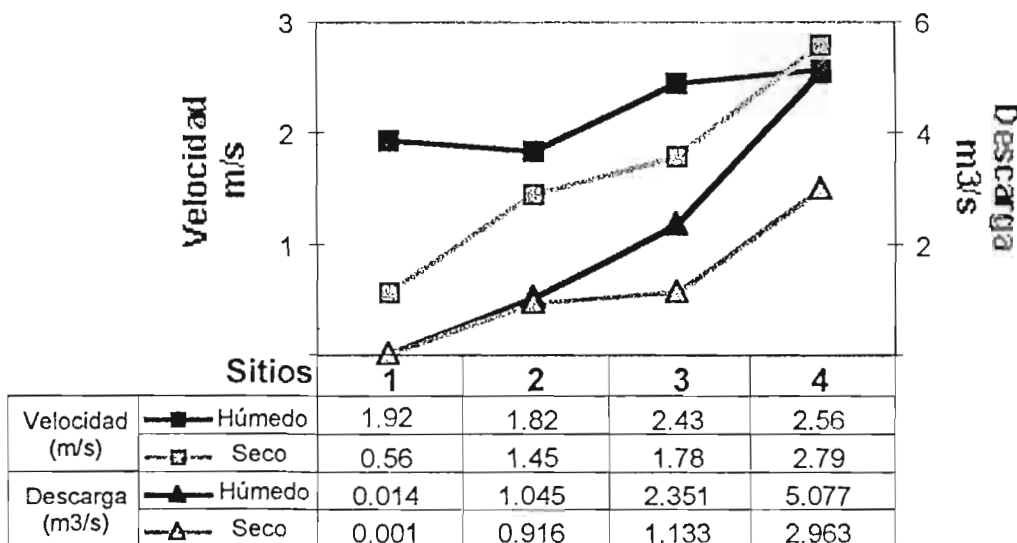


Figura 14. Comparación entre la velocidad de la corriente de agua y la descarga en los respectivos sitios y temporadas estudiadas.

6.2.3 Cationes, aniones y sólidos suspendidos.

Para la época húmeda los cationes, aniones y los sólidos suspendidos tienden a incrementar sus concentraciones río abajo, y en los sitios intermedios (2 y 3) varía poco. Entre los aniones, los sulfatos se encuentran en mayor concentración; sitios 1, 2 y 3, porque para el sitio 4 los bicarbonatos son superiores. En cambio, el calcio es el único catión que posee mayor concentraciones respecto al sodio, potasio y magnesio (figura 15).

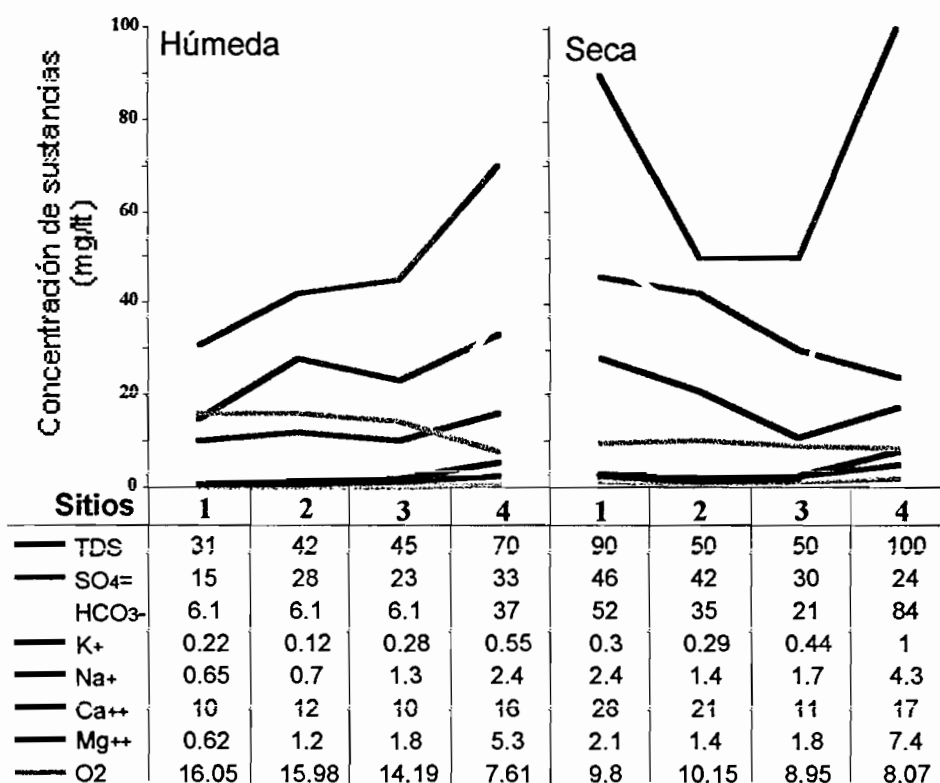


Figura 15. Comparación de las concentraciones de aniones, cationes y sólidos suspendidos, entre sitios y temporadas.

Para la temporada seca (julio), en general todos los compuestos poseen mayores concentraciones que la temporada húmeda, pero al mismo tiempo varían por sitio, por ejemplo: la concentración de sólidos disueltos, bicarbonatos y calcio en los sitios 1 y 4 alcanzan valores elevados y en los sitios 2 y 3 son bajos. Los sulfatos tienden a disminuir en los sitios río abajo.

El calcio posee mayores concentraciones tanto para la temporada seca como la húmeda respecto a los demás cationes.

Las concentraciones de cloruros han estado limitadas en la temporada húmeda. Para la temporada seca se llegó a registrar concentraciones muy bajas, correspondiente al sitio 2 (0,10 mg/lit) y sitio 3 (1,00 mg/lit).

Las concentraciones de oxígeno, en general disminuyen río abajo entre ambas temporadas, pero para la seca se llegaron a registrar valores menores respecto a la época húmeda (figura 15).

6.2.4 Conductividad y pH.

En general el pH y la conductividad muestra estrecha relación al comportamiento de los de los demás compuestos químicos descritos. El pH para la temporada húmeda y sitio 1 es neutro y en dirección a los sitios inferiores, este se torna ligeramente ácido (figura 16), en cambio en la época seca este parámetro tiende a ser ligeramente básico, sobre todo en los sitios 1 y 4, porque en los sitios 2 y 3 es casi neutro.

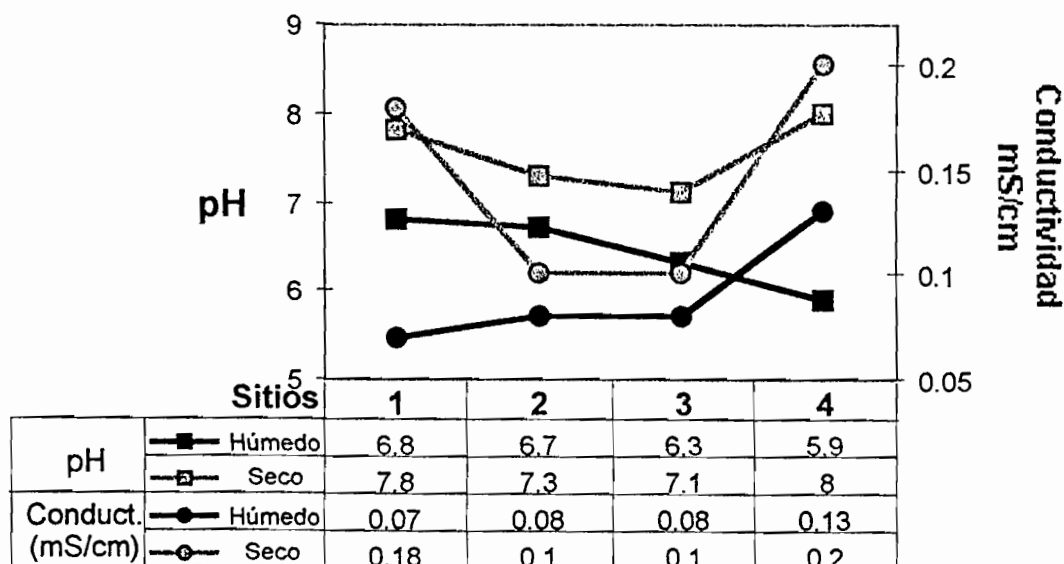


Figura 16. Comparación del pH y la conductividad del agua entre los respectivos sitios y temporadas.

La conductividad igual que los cationes, aniones y sólidos suspendidos, en la temporada húmeda muestra menores valores con tendencia a incrementar ríos abajo. En cambio para la temporada seca, tiene un similar comportamiento a los bicarbonatos, calcio, sólidos disueltos y el pH, en los sitios 1 y 4 se registraron una conductividad elevada igual a 0,2 mS., y en los sitios 2 y 3 disminuyen a 0,08 mS.

6.2.5 Temperatura del agua.

La temperatura del agua fue registrada en cada muestreo espacio temporal de la fauna invertebrados acuáticos. La evolución de la temperatura esta sujeta a la variación de la temperatura del ambiente terrestre en las horas del día (figura 17).

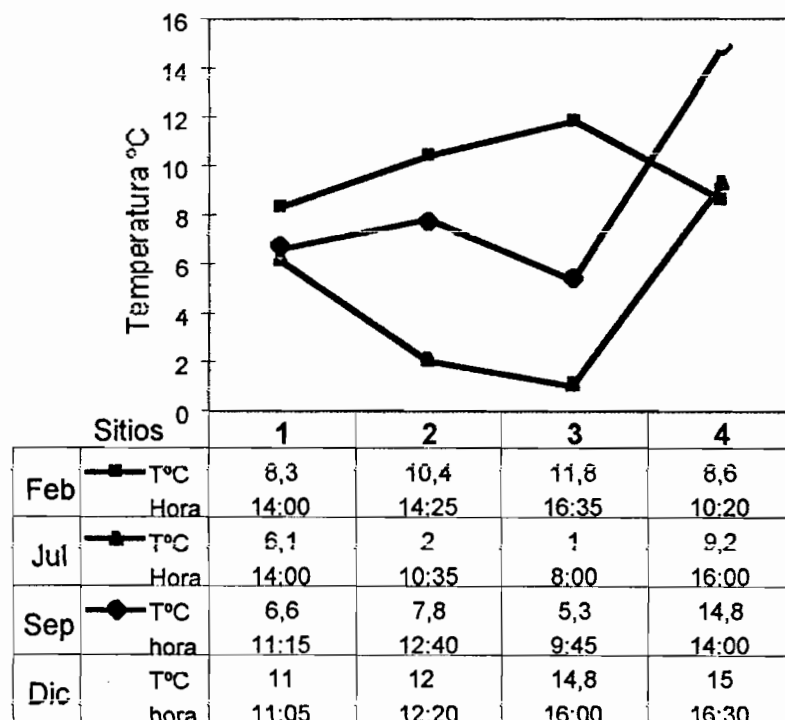


Figura 17. Evolución de la temperatura del agua en diferentes horas del día, respecto a los sitios y temporadas de estudio.

Las temperaturas más altas han sido registradas en los meses de diciembre y en menor grado en febrero, para estos meses la temperaturas altas corresponden a horas de la tarde (diciembre 15°C a 16:30 hrs. y febrero 14.8°C a 14:00 hrs.) y las temperaturas bajas corresponde a las horas de mañana (diciembre 11°C a 11:05 hrs. y febrero 6.6°C a 11:00 hrs.).

Las temperaturas bajas corresponden a los meses de septiembre y sobre todo en julio, en estos meses también las temperaturas altas corresponden a horas de la tarde (julio 9,2°C a 16:00 hrs. y septiembre 14°C a 14:00 hrs.), y en hora de la mañana son inferiores (julio 1°C a 8:00 hrs. y septiembre 5.3°C a 14:00 hrs.).

El comportamiento de la temperatura respecto a los sitio de muestreo, de manera general se puede observar que las temperaturas superior corresponden a los sitio de muestreo ubicados río abajo.

6.3 Composición faunística de invertebrados acuáticos del río Choquecota.

La composición en abundancia de los grupos taxonómicos para el río Choquecota, esta dominada por los ordenes; Ephemeroptera, Díptera y las taxas de no insectos (figura 18 y tabla 4). El orden Díptera y las taxas de no insectos muestran mayor número de grupos de taxa, en cambio los ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera son abundantes pero con bajo número de especies. Los restantes ordenes de insectos; Coleoptera, Collembola y Hemiptera, son los más escasos en abundancia y número de taxa en familias..

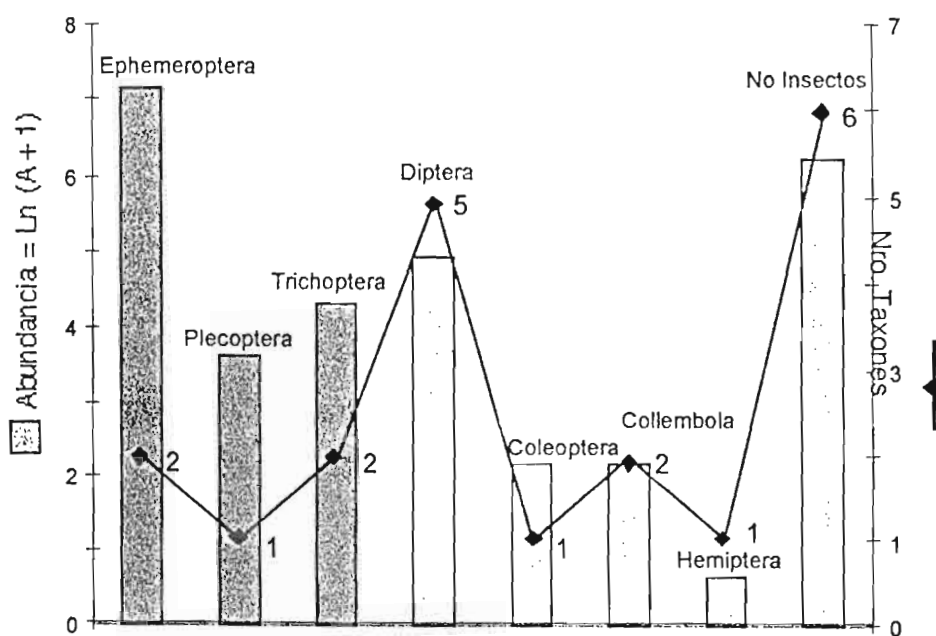


Figura 18. Comparación de la abundancia $\ln(A+1)$ y la composición de grupos taxonómicos del río Choquecota.

Tabla 4. Composición de invertebrados acuáticos del río Choquecota en los respectivos sitios de estudio.

TAXONES	Sitio1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
INSECTOS				
Ephemeroptera				
Baetidae	X	X	X	X
Leptophlebiidae	X	X	X	X
Plecoptera				
Gryopterygidae	X	X	X	X
Trichoptera				
Hydrobiosidae		X		
Limnephilidae	X	X		
Coleoptera				
Elmidae	X			X
Diptera				
Simuliidae	X	X	X	X
Chironomidae		X	X	X
Blepharoceridae				X
Tipulidae				X
Muscidae		X		X
Collembola				
Hypogasturidae			X	
Poduridae				X
Hemiptera				
Notonectidae			X	
NO INSECTOS				
Ostracoda	X			
Copepoda	X			
Oligochaeta	X	X	X	X
Planorbiidae		X	X	
Chordidae				X
Hydracarina		X		X

La estructura y composición de los grupos taxonómicos de invertebrados acuáticos en relación a los sitios de estudios, se muestra en el mapa factorial del análisis de correspondencia (AFC) (figura 19). Este análisis muestra que la información esta resumida por dos ejes o factores; F1 (55%) y F2 (33%) (figura 18 a, valores propios), y en cada cuadrante muestra los puntos de los sitios que están más relacionado con las cercanía de los puntos de las taxa (figura 19 b, mapa factorial). El primer eje F1 muestra al sitio 2 (4833) y las familias Hydrobiosidae (3364) y Leptophlebiidae (1803) como los mayores contributivos -es decir estas variables están más relacionadas-, con menor contribución las taxa Copépoda (817) y Oligochaeta (750). Opuesto al eje F1, el sitio 1

(2863) y la familia Baetidae (1329) muestran importante contribución. El segundo eje F2 muestra como mayor contribuyente el sitio 4 (4267) y a la taxa Oligochaeta (1870) y la familia Leptophlebiidae (1055). Opuesto al eje F2, con importante contribución está el sitio 2 (4327) y la familia Hydrobiosidae (5018).

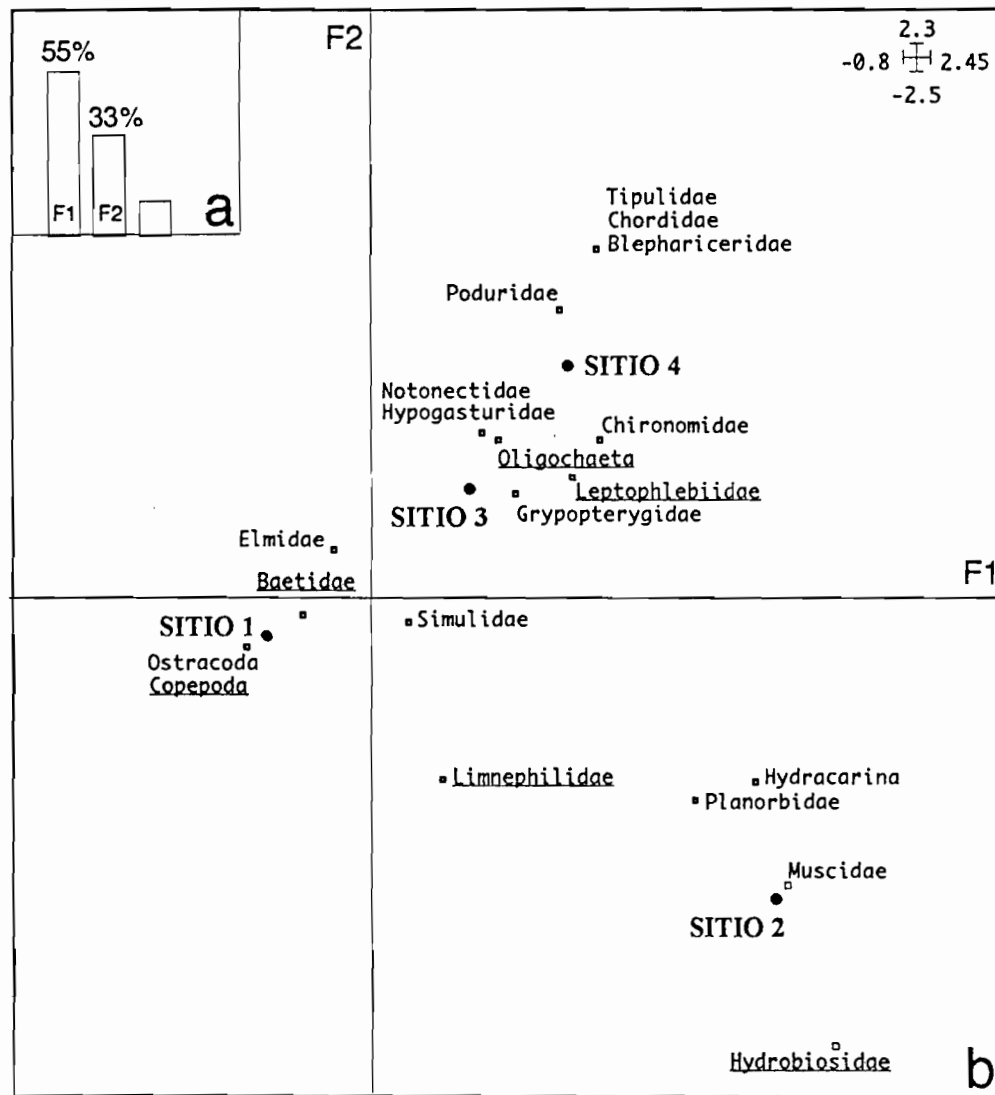


Figura 19. a. Valores propios. b. Mapa factorial (AFC), de los grupos de taxa y los respectivos sitios de estudio.

6.4 Sistemática y morfología de las especies identificadas de los órdenes E P T.

De los tres ordenes estudiados (EPT), se llegaron a identificar seis familias y con una especie como representante. En el orden Ephemeroptera fueron encontradas dos

familias; Baetidae con la especie *Andesiops peruvianus* y Leptophlebiidae con *Massartellopsis irrazavali*, en el orden Plecoptera solo una familia, Grypopterygidae con la especie *Claudioperla tigrina*, en cambio el orden Trichoptera presento tres familias; Limnephilidae con *Antartoecia nordenskiöldi*, Hydrobiosidae con *Cailloma rubemarini* y por último la familia Hydroptilidae con el género *Neotrichia*, esta última especie fue escasa, solo fueron encontrados dos ejemplares para la temporada seca, por lo tanto su descripción estará limitada en este documento. En la tabla 4, se detalla la sistemática de los grupos taxonómicos encontrados y estudiados:

Tabla 4. Sistemática de las especies identificadas.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i>	<i>Andesiops peruvianus</i> . Ulmer 1920
		Leptophlebiidae	<i>Massartellopsis</i>	<i>Massartellopsis irrazavali</i> . Demoulin 1955.
	Plecoptera	Grypopterygidae	<i>Claudioperla</i>	<i>Claudioperla tigrina</i> . Klapalék 1914
	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Cailloma</i>	<i>Cailloma rubemarini</i> . Molina-Arzabe & Gibon <i>en prep</i>
		Limnephilidae	<i>Antartoecia</i>	<i>Antartoecia nordenskiöldi</i> . Ulmer 1905.

A continuación se describe las principales características morfológicas que diferencian a las especies encontradas, solo para los estadios inmaduros (larvas y ninfas), la descripción del estadios maduro (adultos) esta limitado a este documento.

Andesiops peruvianus Ulmer 1920.

El tamaño del cuerpo varia de 3,5 a 7 mm de longitud, con aspecto de torpedo, con el dorso abultado sobre todo en la región del tórax, la región ventral aplanada y de abdomen delgado (figura 20).

La cabeza de posición hipognata, con antenas finas que se encuentran entre el par de ojos grandes, con tres ocelos alrededor de la sutura epicraneal. En el tórax en las ninfas inmaduras se pueden llegar a diferencias los tres segmentos torácicos, pero en las ninfas maduras el mesonoto por el desarrollo de las pterotecas llegan a cubrir al metanoto. Las patas son largas y delgadas, sobre todo al nivel de patas medias.

El abdomen presenta diez segmentos, el primer segmento en las ninfas maduras esta cubierto por el desarrollo de las pterotecas, con 6 pares de branquias de forma ovalada dispuestas en posición dorso lateral en los segmentos 2-7. Por debajo del último segmento se puede llegar a distinguir tres cercos caudales delgados, el central es más corto. Estas características descritas le posibilitan rápida movilidad de nado.

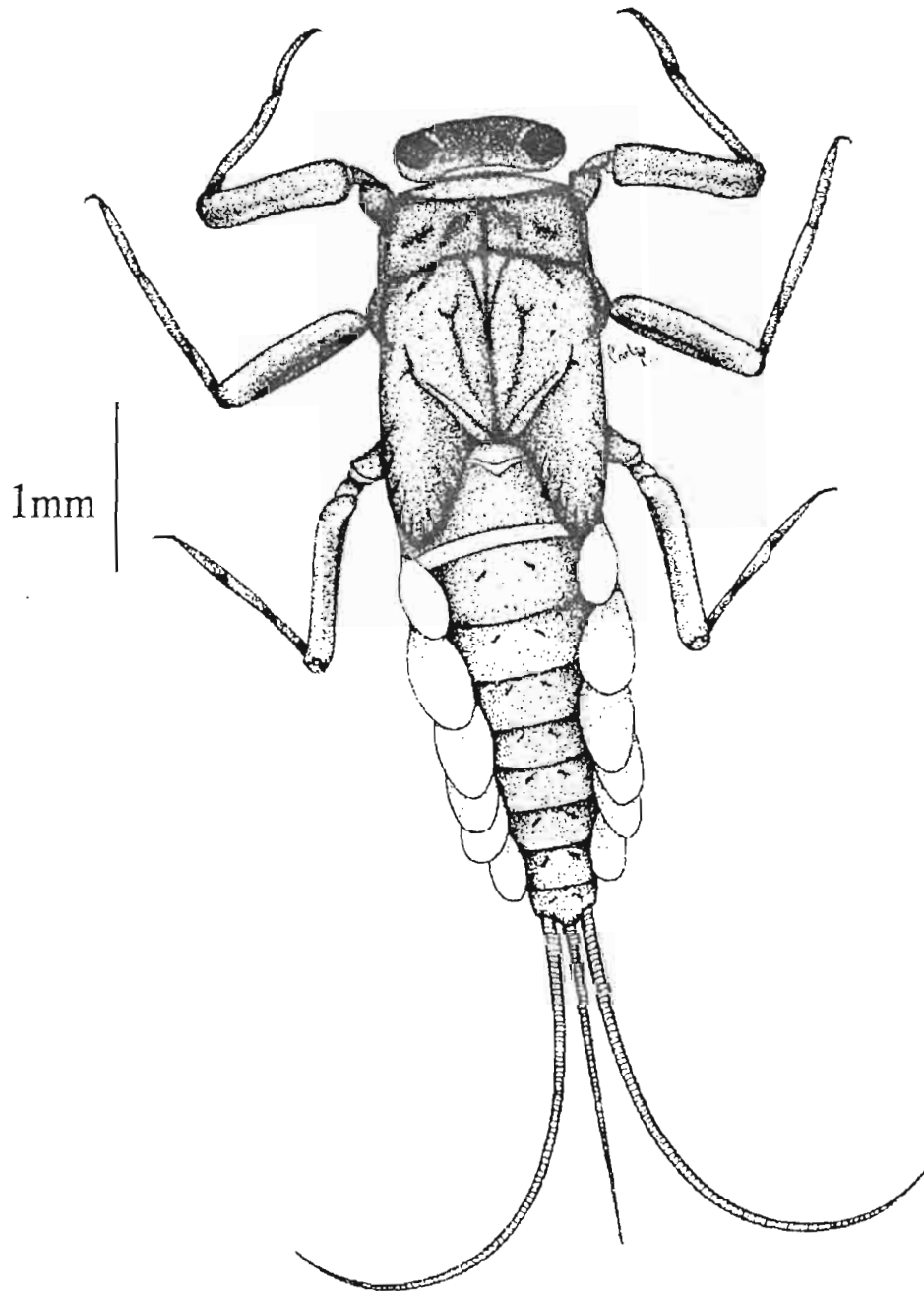


Figura 20. Dibujo de la ninfa *Andesiops peruvianus* (dibujo propio).

Massartellopsis irarrazavali Demoulin 1955.

El tamaño del cuerpo varia de 4,5 a 9,5 mm., aplanado dorsoventralmente y de aspecto robusto sobre todo en la región del tórax y la cabeza (figura 21).

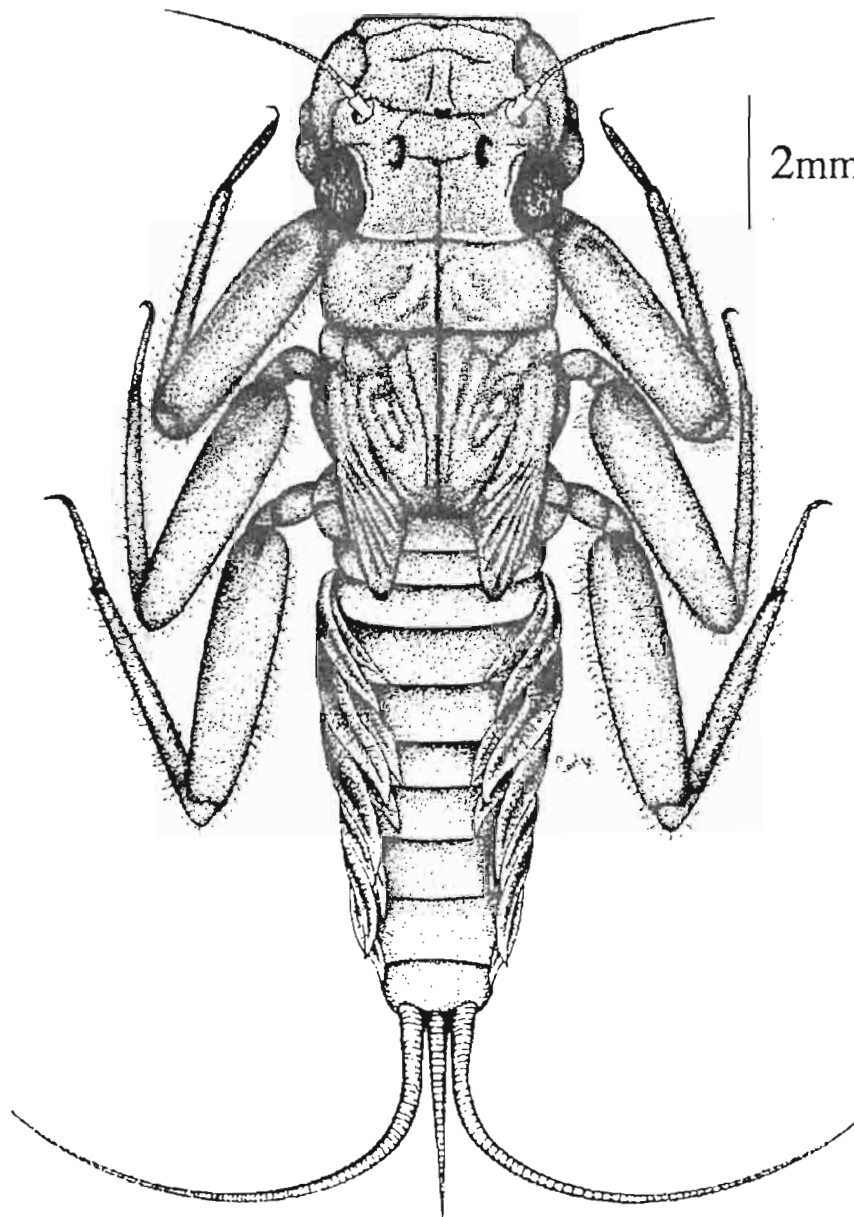


Figura 21. Dibujo de la ninfa *Massartellopsis irarrazavali* (dibujo propio).

Cabeza ancha y aplanada de posición prognata, las mandíbulas y maxilas son visibles por debajo y anterior al par de ojos grandes. El clipeo esta fusionado a la cabeza

en cuya región central están ubicados tres ocelos de aspecto arriñonado. Delante a los ojos están ubicados un par de antenas filiformes relativamente largas.

El tórax es similar a la anterior especie descrita, en ninfas inmaduras se pueden llegar a diferencias los tres segmentos torácicos, pero en ninfas maduras no se diferencia el metatorax por el desarrollo de las pterotecas. Las patas son robustas al nivel de los fémures y son de igual tamaño a las tibias, presenta una sola uña en cada segmento tarsal.

Abdomen ancho de diez segmentos diferenciables, con agallas branquiales dispuestas en los segmentos 1-7, cada agalla esta compuesta por dos láminas desiguales y cada una esta compuesta por una tráquea principal y pigmentada (característica que distingue al género). En la región anal, por debajo del décimo segmento se ubican tres cercos caudales, el central es más corto que los cercos laterales. Esta especie también es buena nadadora por las características descritas.

Claudioperla tigrina Klapalék 1914.

El tamaño del cuerpo está comprendido entre 4,5 a 12 mm., de forma cilíndrica y alargada (figura 22). La cabeza es casi del mismo ancho que del cuerpo, con un par de ojos relativamente pequeños, en la frente se disponen tres ocelos, un par esta ubicado en el margen del clípeo y al frente en posición central un solo ocelo. Las antenas son largas y filiformes con la base -pedúnculo- ancha.

En el tórax se pueden llegar a diferenciar claramente el pronoto, mesonoto y metanoto, independiente al desarrollo de las pterotecas. Cuando las pterotecas están desarrolladas, están ampliamente separadas de la línea media del cuerpo. Las patas posteriores están más desarrolladas que las anteriores y las medias, cada pata presenta tres segmentos tarsales y el último más largo en cuyo ápice se encuentran una par de uñas tarsales.

Abdomen cilíndrico de diez segmentos y por debajo del último segmento - décimo- en la región anal esta ubicado un racimo de traquelobranquias y lateralmente a esta estructura se encuentran un par de cercos caudales y largos.

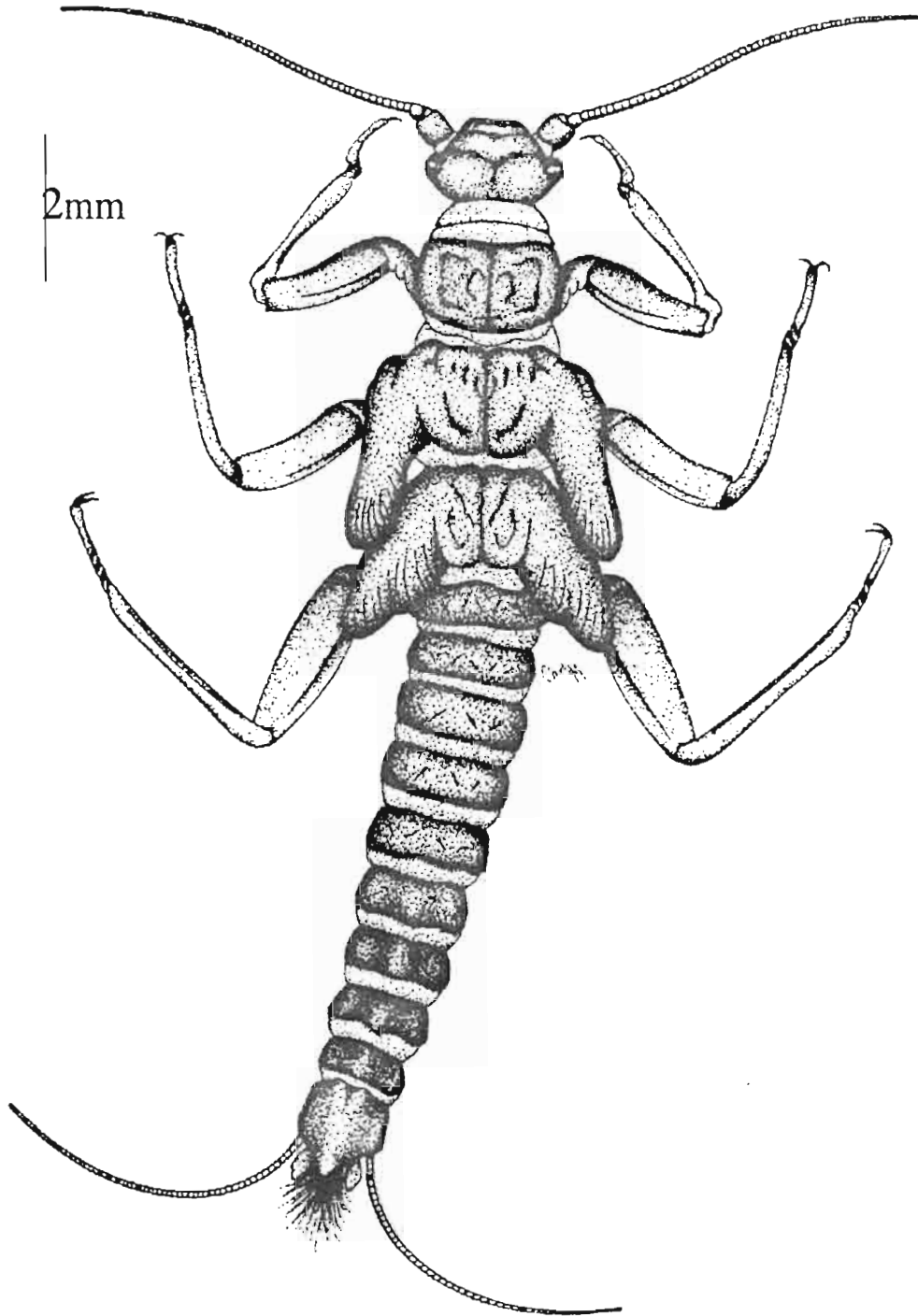


Figura 22. Dibujo de la ninfa *Claudioperla tigrina* (dibujo propio).

Cailloma rubemarini Molina-Arzabe & Gibon *en prep.*

Es una nueva especie que se llegó a describir en el desarrollo de este trabajo (Molina-Arzabe & Gibon *en prep.*). Tamaño aproximado de 4 a 9 mm., de longitud, son larvas de vida libre no constructoras de casa portátiles (característica de la superfamilia Rhyacophiloidea) (figura 23).

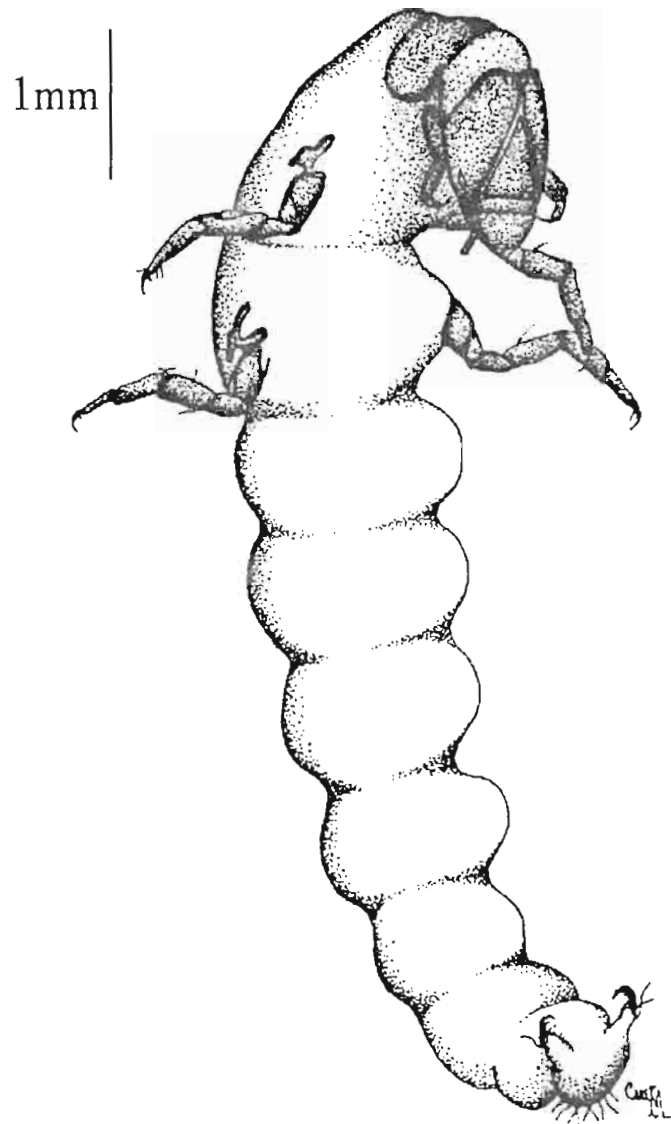


Figura 23. Dibujo de la larva *Cailloma rubemarini* (dibujo propio).

Cabeza subcuadrangular y aplanada dorsoventral de posición prognata, con pequeñas manchas oscuras y se pueden llegar a distinguir las mandíbulas de un solo diente fino.

En el tórax únicamente la región del pronoto es esclerotizada y en la región del proesternal lleva una pequeña esclerotización ligeramente triangular. Las patas anteriores son del tipo quelada -fémur arqueado con una pequeña proyección ventral apical-, las patas posteriores y medias son más largas, cada pata con una uña tarsal de forma arqueada.

Abdomen con segmentos abultados, libre de tráqueas branquiales, por lo que la respiración viene a ser tegumentaria. En posición dorsal en el noveno segmento se puede diferenciar un esclerito y en el décimo propatas anales, terminadas en fuerte uñas como arfio.

Antartoecia nordenskioeldi Ulmer 1905.

En general estas larvas son más grandes de tamaño, aproximadamente de 7 a 15 m., de longitud, en su cuerpo presenta gruesas esclerotizaciones y con fuertes setas, en la región de la cabeza, tórax y patas (figura 24). Son larvas constructoras de casas portables con material constituido por fragmentos de plantas en larvas inmaduras y con minutas piedrecillas graníticas y de pizarra en las larvas maduras antes de ser pupas.

La cabeza de posición hipognata, con un pequeño par de antenas delante los ojos. El tórax esclerotizado en la región del pronoto y mesonoto, en esta última región además presentan pequeñas esclerotizaciones laterales, mientras que en el metanoto solo posee dos pares de áreas nodales, (pequeñas esclerotizaciones con fuertes setas) en este segmento de puede diferenciar jorobas laterales. En el proesterno presenta una fuerte espina y por debajo una pequeña esclerotización de forma irregular. Las patas anteriores están más desarrolladas que las medias y posteriores.

Abdomen con branquias traqueales ramificadas de posición dorsal y ventral, pareadas en cada segmento. En la región lateral y toda la extensión del abdomen presenta una hilera longitudinal flecos. En el noveno segmento presenta un pequeño esclerito y en el décimo las propatas anales con un porción esclerotizada y con una pequeña uña.

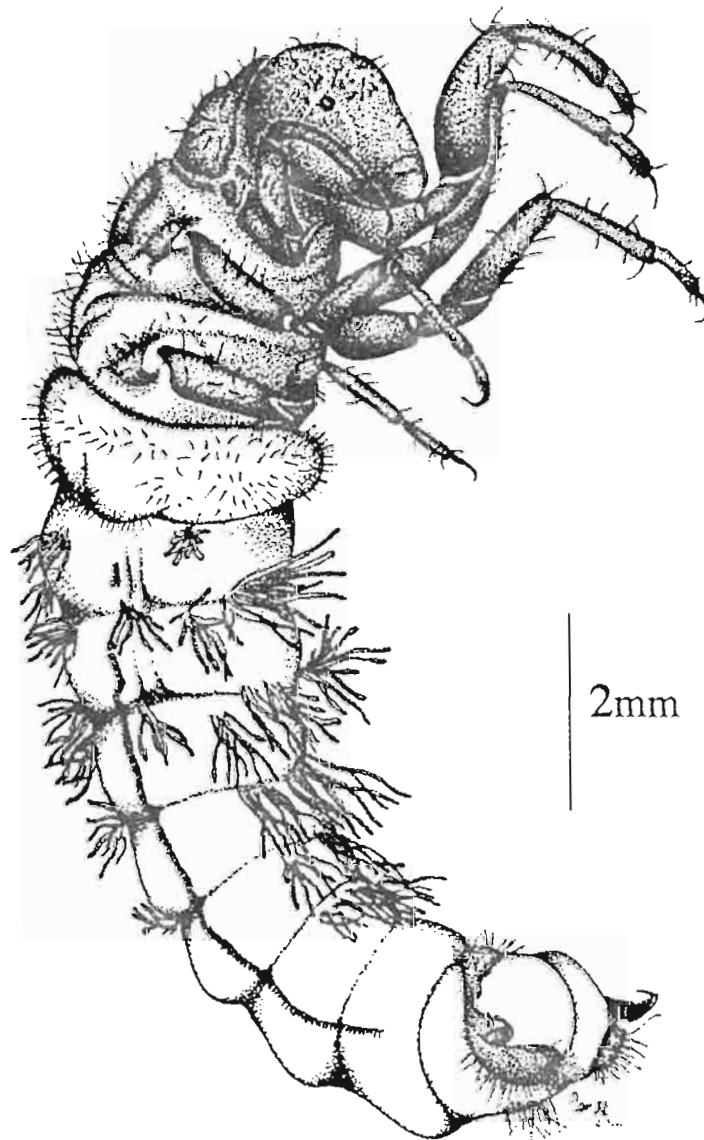


Figura 24. Dibujo de la larva *Antartoecia nordenskiöldi* (dibujos propios).

6.5 Rasgos funcionales alimenticios de las especies de los órdenes E P T.

En las tablas 5, 6, 7, 8, y 9 se describen las partes bucales; maxila y mandíbula, más los contenidos estomacales (región anterior) de cada especie estudiada, lo que posibilita definir el grupo funcional y el nivel trófico al que pertenecen:

Tabla 6. Descripción del régimen alimenticio de *A. peruvianus*.

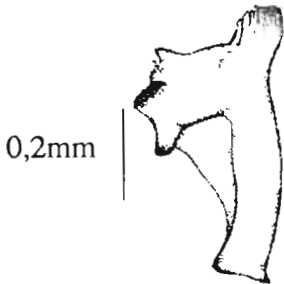
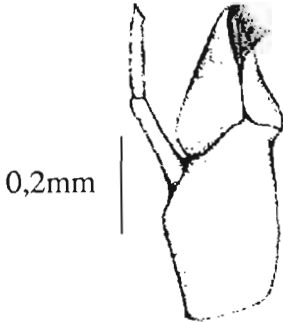
PARTES BUCALES		DESCRIPCIÓN
Mandíbula 		La mandíbula de forma triangular, en posición anteroapical se diferencia la región incisiva, como una especie de cuchillas, adaptadas para cortar. En posición inferolateral medio la región molar, con muchas cerdas desgastadas y de igual tamaño adaptada para triturar la materia orgánica.
Maxila 		Apicalmente la galea recubre a la lacina de donde se proyectan setas. Los palpos maxilares presentan dos segmentos relativamente largos y delgados, estas últimas estructuras posibilitan la selección y captura del alimento.
CONTENIDO ESTOMACAL		DESCRIPCIÓN
 (100X)		Compuestos principalmente por fragmentos (tejidos) de materia orgánica amorfa. También se han llegado a observar algunas algas microscópicas del género <i>Staurostrum</i> (forma circular con apéndices) y diátomeas del género <i>Navícula</i> (estructuras alargadas como agujas). En el análisis de algunos contenidos estomacales se ha observado bacterias con cierta actividad móvil.
GRUPO FUNCIONAL ALIMENTICIO		NIVEL TRÓFICO
Fragmentador		Herbívoro

Tabla 7. Descripción del régimen alimenticio de *M. irarrazavali*.

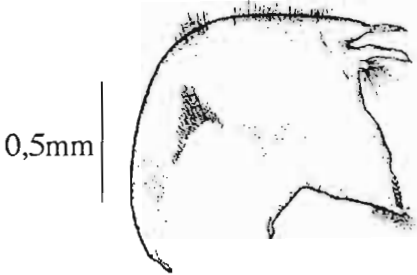
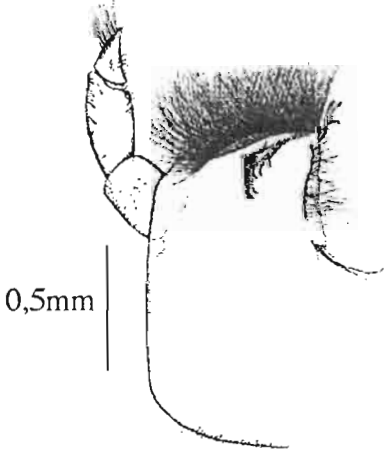
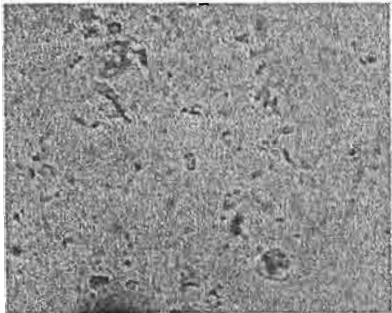
PARTES BUCALES	DESCRIPCIÓN
Mandíbula 	Mandíbula de forma semi-redondeada, en la región incisiva se diferencian dos proyecciones como pinzas, que presumiblemente lo emplean para la remoción. En la región molar se presentan pequeños dentículos útiles para triturar la materia orgánica.
Maxila 	Es más grande que la mandíbulas, la galea y lacina formas una misma estructura, en cuya región anterior presenta largas setas y filígranas (cedas largas igual a peines), ideales para la retención de partículas. Los palpos de tres segmentos cortos, gruesos y el último es más corto y termina en punta con setas largas.
CONTENIDO ESTOMACAL	DESCRIPCIÓN
 (100X)	Se ha llegado a observar principalmente material fino orgánico e inorgánico y se han diferenciado algunas diatomeas. También en el análisis de algunos contenidos estomacales se ha observado bacterias con cierta actividad de movimiento.
GRUPO FUNCIONAL ALIMENTICIO	NIVEL TRÓFICO
Colector	Detritívoro

Tabla 8. Descripción del régimen alimenticio de *C. tigrina*.

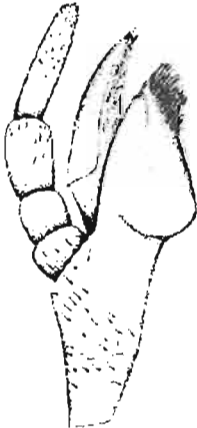
PARTES BUCALES		DESCRIPCIÓN
Mandíbula		
0,4mm		En posición anterior se diferencian cúspides de dientes fuertemente esclerotizados y relativamente desgastado, y en posición lateral interna se agrupan setas cortas.
Maxila		
0,4mm		La galea se proyecta hacia delante como una cuchilla, separada de la lacina, esta última en la porción anterior lateral se diferencias cortas cerdas como cepillo.
CONTENIDO ESTOMACAL		DESCRIPCIÓN
		En la mayoría de los análisis se ha llegado a distinguir partes de organismos de su misma especie, como uñas dobles y tarsos con tres segmentos. También materia orgánica fragmentada, diatomeas y algunas que otras algas filamentosas.
(100X)		
GRUPO FUNCIONAL ALIMENTICIO		NIVEL TRÓFICO
Raspador – Depredador		Omnívoro

Tabla 9. Descripción del régimen alimenticio de: *C. rubemarini*.

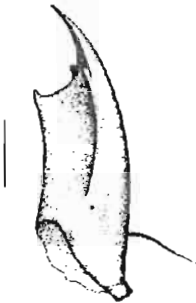
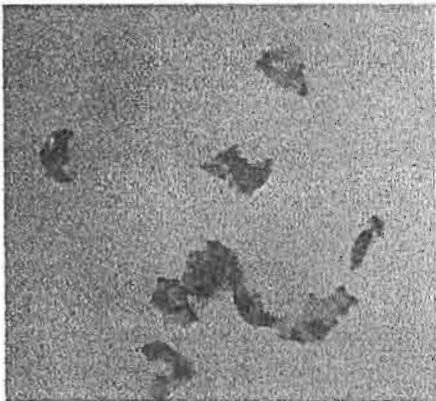
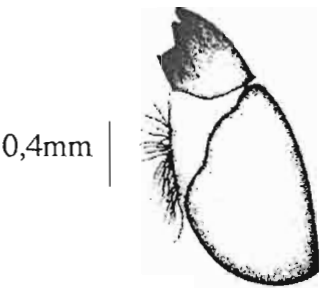
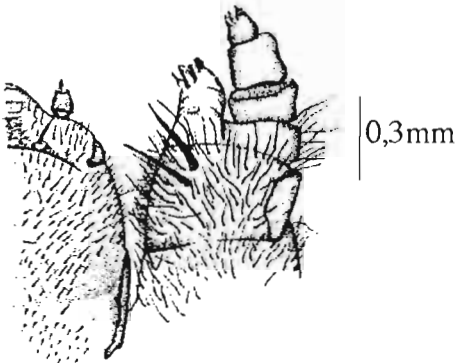
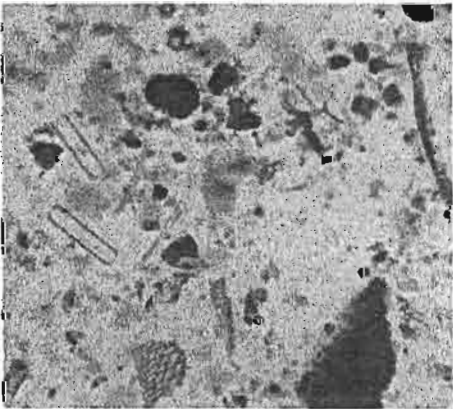
PARTES BUCALES	DESCRIPCIÓN
Mandíbula	La mandíbula compuesta por una principal pinza larga y punteaguda, como una daga y en la región lateral interior es engrosada como una espátula.
	
Maxilolabio	Los palpos de tres segmentos y el último es largo, que en conjunto sobresalen de la región bucal. La región del estipe posee pocas finas setas. Las maxilas están fusionadas al labio cuya estructura es denominada como maxilolabio.
	
CONTENIDO ESTOMACAL	DESCRIPCIÓN
 (100X)	Generalmente se han observado fragmentos de exoesqueleto de artrópodos y en algunas ocasiones se han diferenciados partes de simúlidos (mentón), como también algunas patas de Ephemeropteros de la familia Baetidae.
GRUPO FUNCIONAL ALIMENTICIO	NIVEL TRÓFICO
Depredador	Carnívoro

Tabla 10. Descripción del régimen alimenticio de: *A. nordenskiöldi*.

PARTES BUCALES		DESCRIPCIÓN
Mandíbula		
		Mandíbulas compuestas por dos piezas, la anterior fuertemente esclerotizados con cúspides de dientes desgastados sobre todo en la región interior. La otra pieza más grande y con menor grado de esclerotización, en la región interior e inferior se disponen muchas setas largas.
Maxilolabio		
		Los tres palpos maxilares son gruesos y cortos y el anterior es más pequeño, en la región del estirpe presenta muchas setas y las internas son más gruesas.
CONTENIDO ESTOMACAL		DESCRIPCIÓN
 (100X)		Compuesta principalmente por densa materia orgánica amorfa y diatoméas. También se ha llegado a distinguir algunas algas microscópicas como <i>Fragilaria</i> y <i>Staurastrum</i> .
GRUPO FUNCIONAL ALIMENTICIO		NIVEL TRÓFICO
Raspador		Herbívoro

6.6 Abundancia temporal y espacial de las especies de los órdenes E P T.

Se llegó a evaluar un total de 13 769 individuos de EPT, concentrados en el mes de julio; este número decrece respecto a septiembre y diciembre, registrándose la menor abundancia en el mes de enero (figura 25).

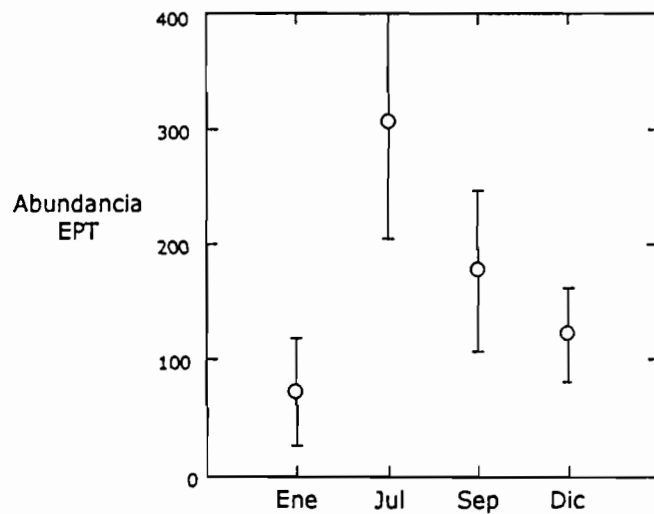


Figura 25. Comparación de medias y desviaciones de la abundancia total de EPT, para las cuatro temporadas de estudio.

La dominancia en abundancia le corresponde a las especies del orden Ephemeroptera (*A. peruvianus* y *M. irarrazavalli*), en segundo lugar la especie del orden Plecoptera (*C. tigrina*) y en menor proporción el orden Trichoptera (*C. rubemarini* y *A. nordensioeldi*) (figura 26).

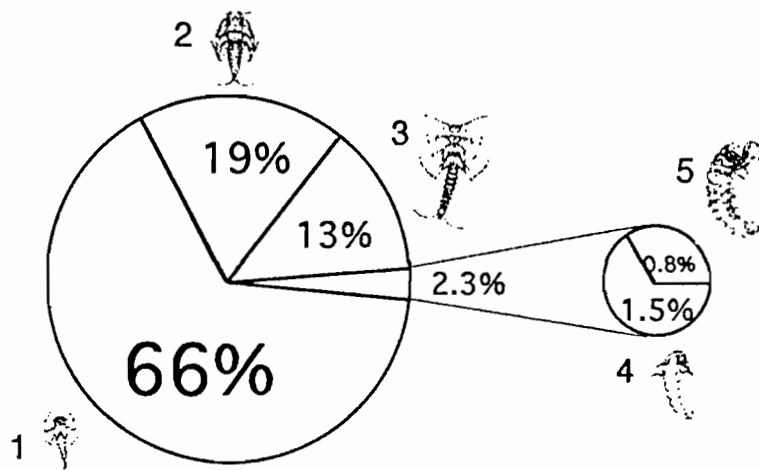


Figura 26. Abundancia total de las especies de los órdenes EPT: 1 *A. peruvianus*. 2 *M. irarrazavalli*. 3 *C. tigrina*. 4 *C. rubemarini*. 5 *A. nordensioeldi*.

Respecto al análisis de ausencia, presencia y sus respectiva abundancia por sitios temporada de estudio, estas están representadas en las curvas de rango abundancia (figuras 27, 28, 29 y 30). Las especies *A. peruvianus* y *M. irarrazavalli* están presentes en todas las temporadas y sitios de estudio, pero *A. peruvianus* en general mostró mayor abundancia. La única especie del orden Plecoptera, *C. tigrina*, también estuvo presente en todas las temporadas y sitios, pero en menor proporción. En general estas tres especies, fueron más abundantes en los sitios 2 y 3, sobre todo para la temporada del mes de julio, porque para septiembre y diciembre disminuye en densidad.

Las especies del orden Trichoptera, en general han mostrado abundancia marcadamente reducida, sobre todo la especie *A. nordenskiöldi* y su presencia ha sido recuente en el sitio 1 en todas las temporadas, mostrando mayor abundancia para el mes de diciembre, aunque también fue registrado escasamente cinco individuos en el sitio 2 en el mes febrero. En cambio, *C. rubemarini* estuvo presente en mayor proporción, pero su densidad ha estado concentrada en el sitio 2 del mes de febrero y para julio estuvo presente en todos los sitios.

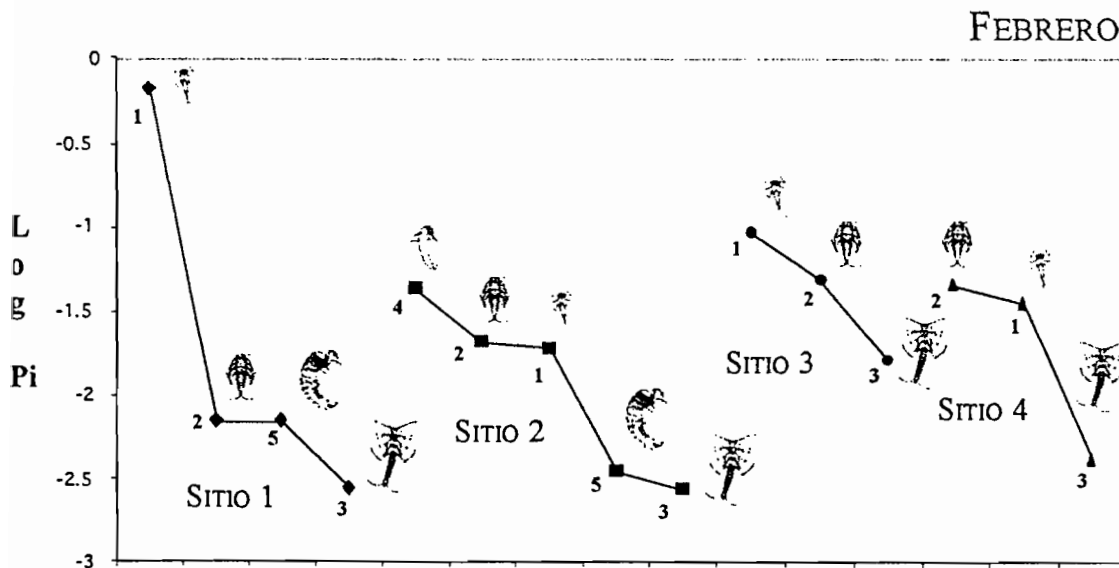


Figura 27. Comportamiento de las curvas de rangos abundancia de las especies de EPT, respecto a los sitios en el mes de febrero. 1 *A. peruvianus*. 2 *M. irarrazavalli*. 3 *C. tigrina*. 4 *C. rubemarini*. 5 *A. nordenskiöldi*.

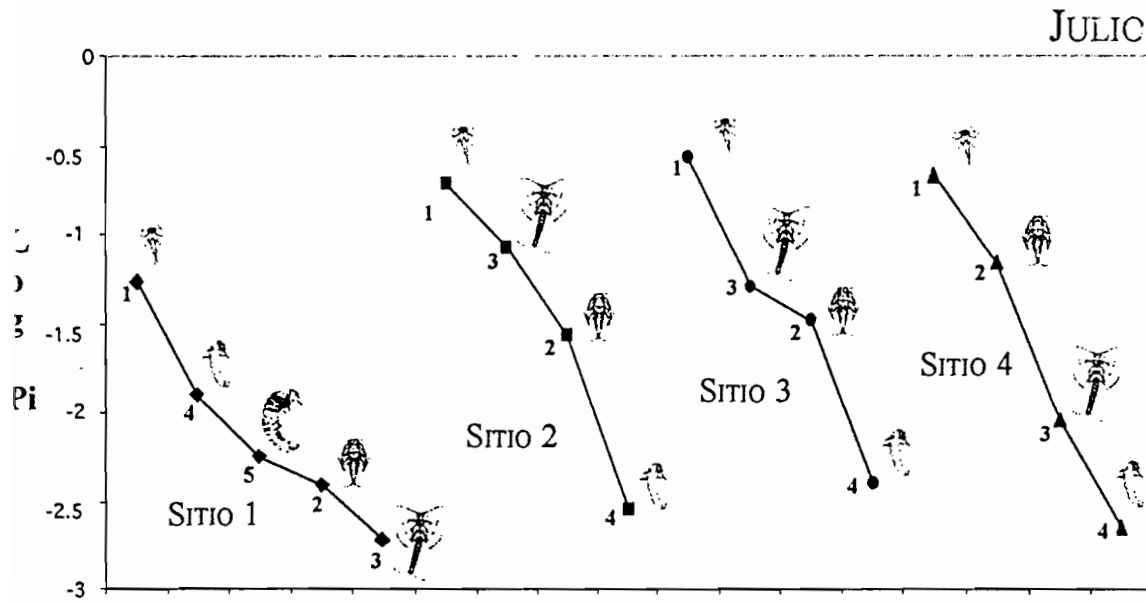


Figura 28. Comportamiento de las curvas de rangos abundancia de las especies de EPT, respecto a los sitios en el mes de julio. 1 *A. peruvianus*. 2 *M. irarrazavalli*. 3 *C. tigrina*. 4 *C. rubemarini*. 5 *A. nordenskiöldi*.

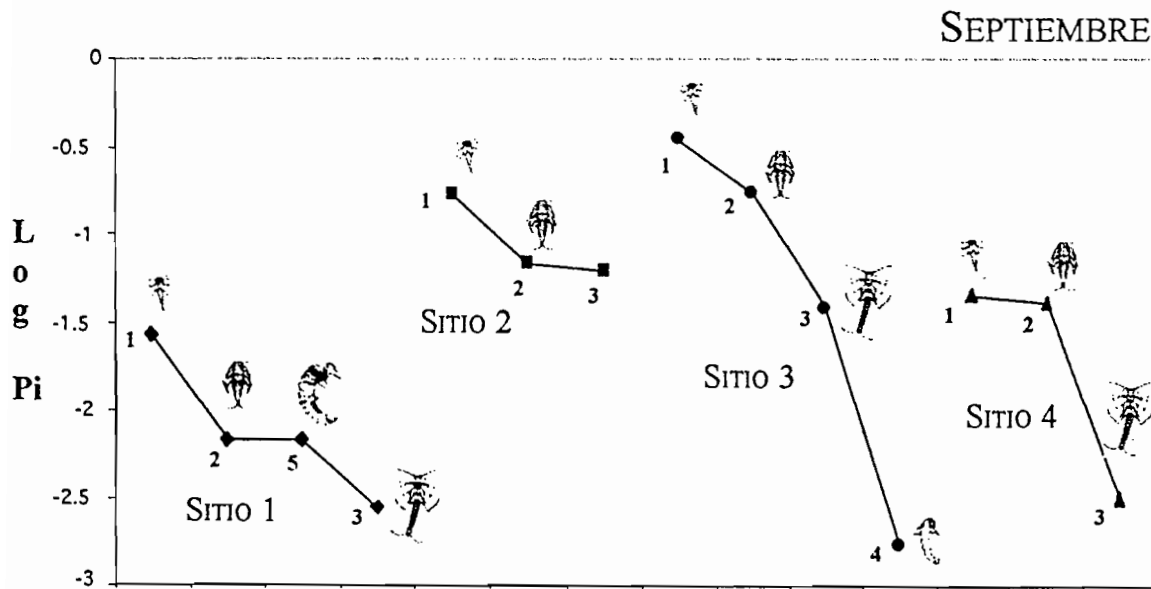


Figura 29. Comportamiento de las curvas de rangos abundancia de las especies de EPT, respecto a los sitios en el mes de septiembre. 1 *A. peruvianus*. 2 *M. irarrazavalli*. 3 *C. tigrina*. 4 *C. rubemarini*. 5 *A. nordenskiöldi*.

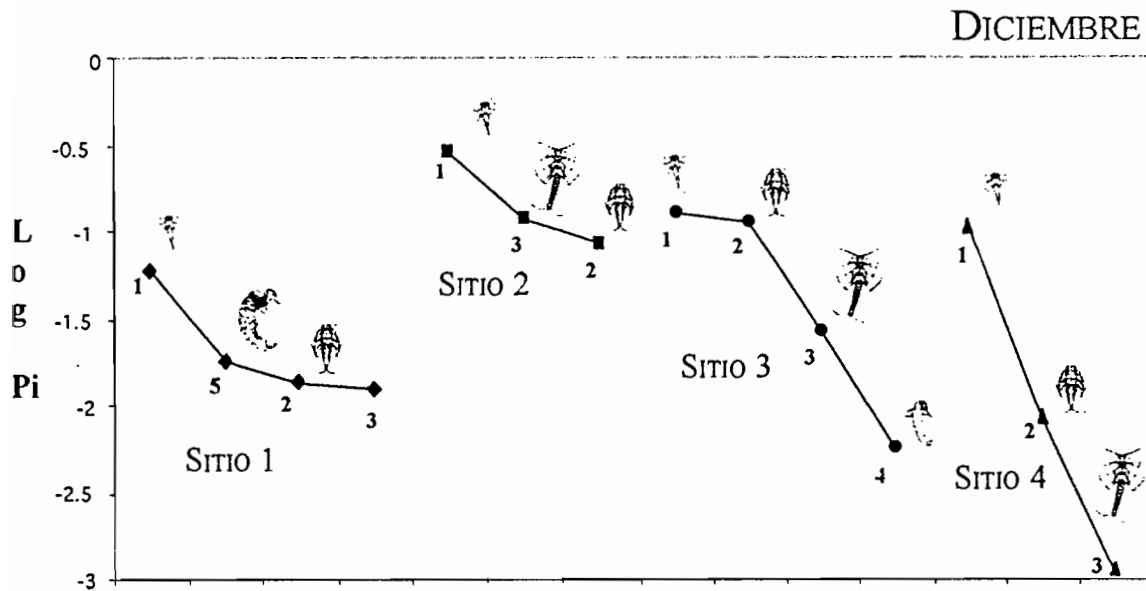


Figura 30. Comportamiento de las curvas de rangos abundancia de las especies de EPT, respecto a los sitios en el mes de diciembre. 1 *A. peruvianus*. 2 *M. irarrazavalli*. 3 *C. tigrina*. 4 *C. rubemarini*. 5 *A. nordenskiöldi*.

6.7 Estructural poblacional de las especies de los ordenes E P T.

Todas las estructuras medidas, muestran relación simétrica respecto al tamaño total de cada individuo. Las diferentes medidas relacionados con su respectiva abundancia, dan información sobre la estructura poblacional de estas especies estudiadas.

A continuación se describen la estructura de las poblaciones por cada especie estudiada, inicialmente se muestran las gráficas de relaciones entre las medidas de la cabeza y del tórax, y después se muestra histogramas de abundancias respecto a las diferentes tallas de la cabeza.

6.7.1 Estructura poblacional de la especie *A. peruvianus*.

Los individuos de esta población, presenta tallas reducidas respecto a las demás especie estudiadas (ancho cabeza máx. 1,43 mm. y largo pterotecas máx. 3,20 mm.). Los individuos inmaduros no tienen desarrollada las pterotecas, donde la longitud del segmento metatorácico es menor al tamaño del ancho de la cabeza, pero para aquellos individuos desarrollados (maduros), presentan medidas en las pterotecas mayores al tamaño de la cabeza (figura 31).

En la figura 31 se puede observar la diferenciación en el desarrollo de las pterotecas, en donde los puntos de tendencia muestran un cambio de pendiente en las tallas superiores (rápido desarrollo de alas) y al finalizar la curva de estos puntos de tendencia, se aíslan en grupos separados.

La estructuración de esta población total, muestra un incremento rápido de los individuos alcanzando mayor densidad en la talla de 0,3 a 0,7 mm en tamaño del ancho de la cabeza y luego disminuye gradualmente en densidad en los individuos de talla superior (figura 32).

La distribución de los diferentes tamaños en las temporadas y sitios estudiados, muestran un similar comportamiento a la población total, también se llegaron a diferenciar en el campo adultos para la temporada del mes de julio en los sitios 2 y 4 (figura 33). En general las figuras 32 y 33 muestran la diferenciación entre 11 a 15 barras con variación en densidad respecto a las diferentes temporadas y sitios.

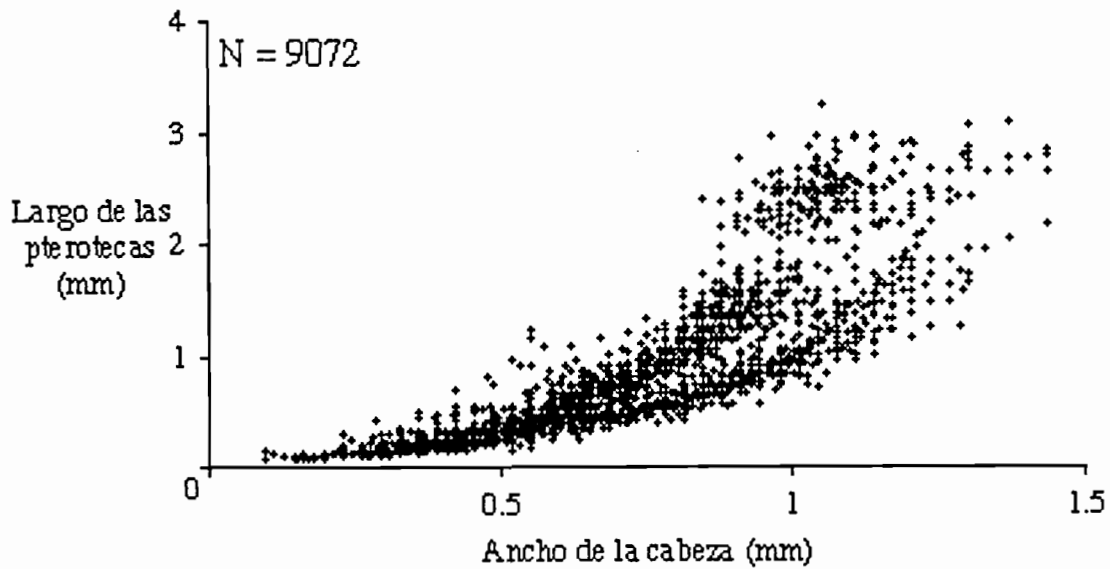


Figura 31. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y el largo de pterotecas de la población de *A. peruvianus*.

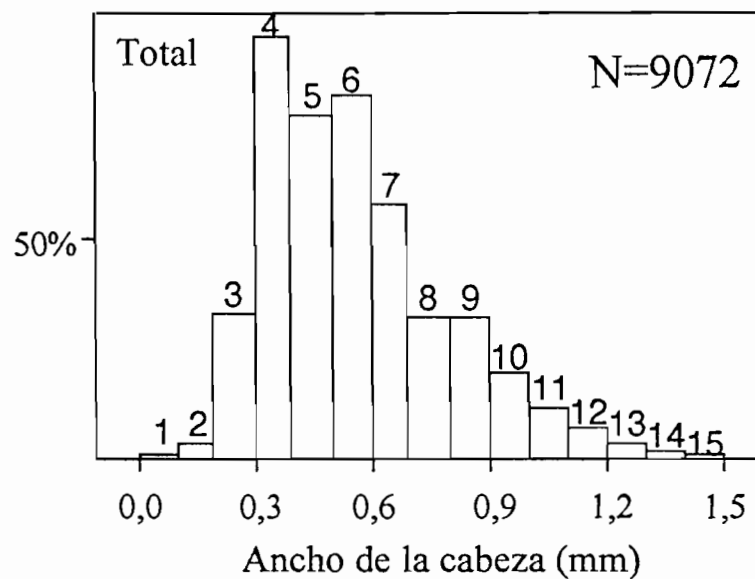


Figura 32. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de *A. peruvianus*.

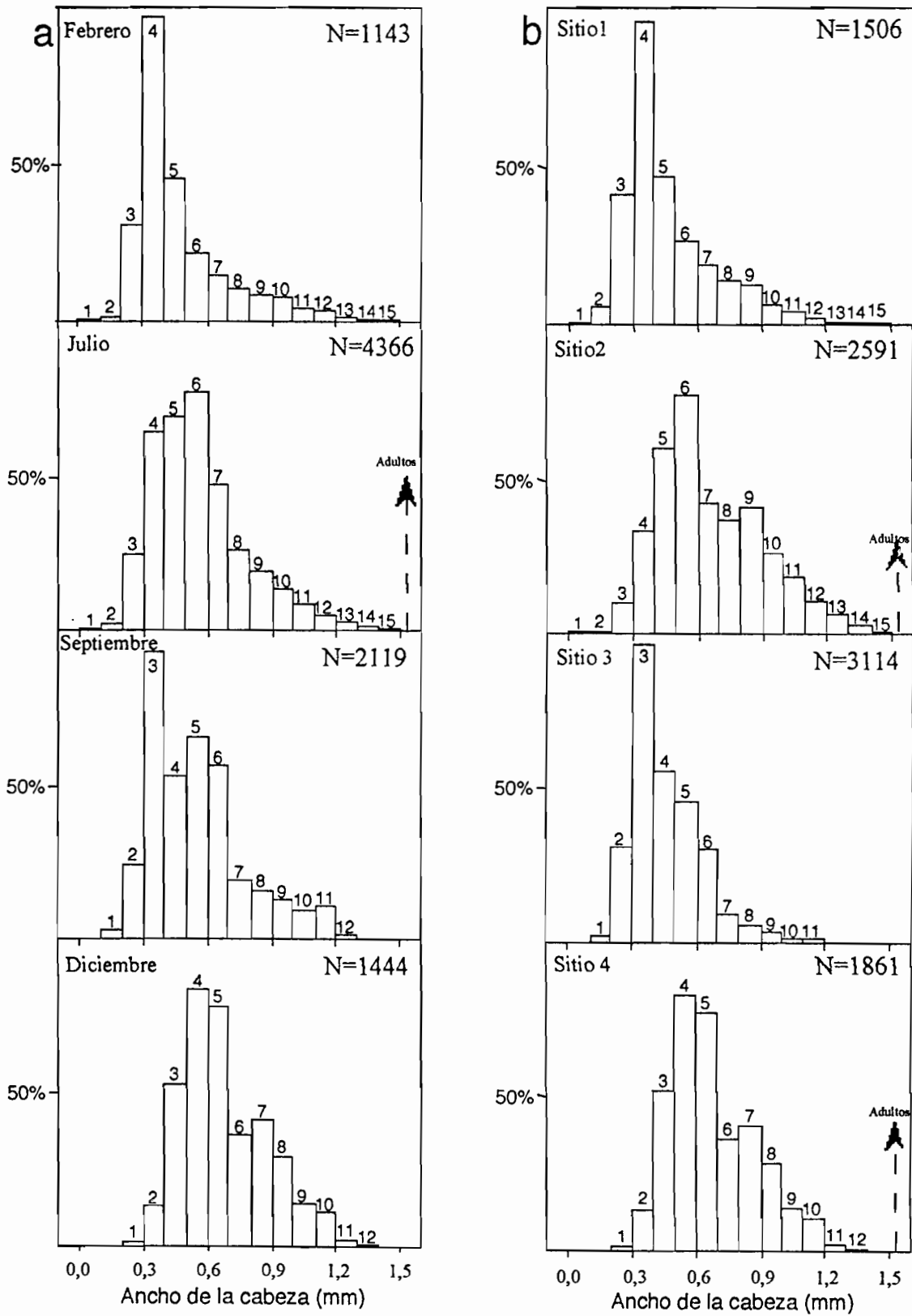


Figura 33. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de *A. peruvianus*.

6.7.2 Estructura poblacional de la especie *M. irarrazavalli*.

Los individuos de esta población presentan tallas más amplias (rango de tamaño de la cabeza de 0,04 a 2,15 mm y pterotecas 0,07 a 4,21mm) a diferencia de las otras especies. Las tallas inferiores (ancho de la cabeza y largo de pterotecas), estas muestran una relación proporcional de uno y en las superiores se duplica esta relación, es decir el tamaño de las pterotecas mide aproximadamente dos veces el tamaño de la cabeza y a la vez se puede observar el cambio de pendiente en los puntos de tendencia con el desarrollo de las pterotecas (1,025mm). En las tallas de medidas elevadas, las pterotecas se pueden diferenciar como un grupo de puntos aislados que podrían corresponder a las últimas etapas de crecimiento ninfal, (aproximadamente de 1,8 a 2,2 mm., del ancho de cabeza) (figura 34).

La estructura del tamaño de cabeza de esta población, esta comprendida dentro un rango de 0 a 2.2 mm, con un incremento rápido en densidad de individuos en las tallas inferiores, alcanzando una máxima abundancia entre 0.3 a 1.1 mm, y luego decrece gradualmente hacia los individuos de tamaño máximos (máx. 2.2mm.) (figura 35).

El comportamiento de estos tamaños de crecimiento se mantiene respecto a todas las temporadas y sitios estudiados, pero no para la temporada del mes de septiembre donde la distribución es relativamente uniforme. Este es el único grupo donde no se obtuvieron adultos en ningún sitio y temporada. Los histogramas en densidad de tallas, se llegan a diferenciar alto número de barras, entre 19 a 22 (figura 36).

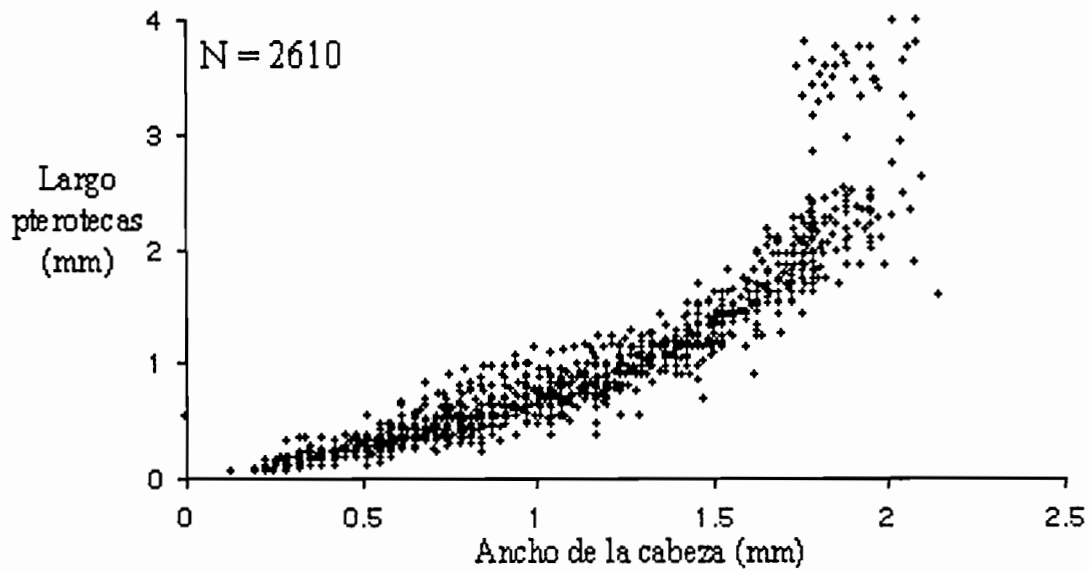


Figura 34. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y el largo de pterotecas de la población de *M. irrazavalli*.

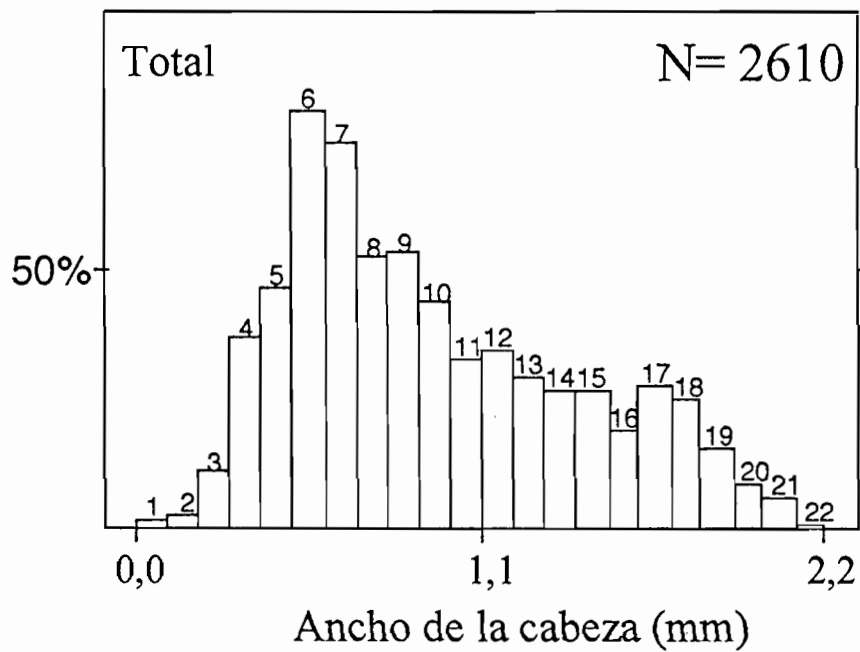


Figura 35. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de *M. irrazavalli*.

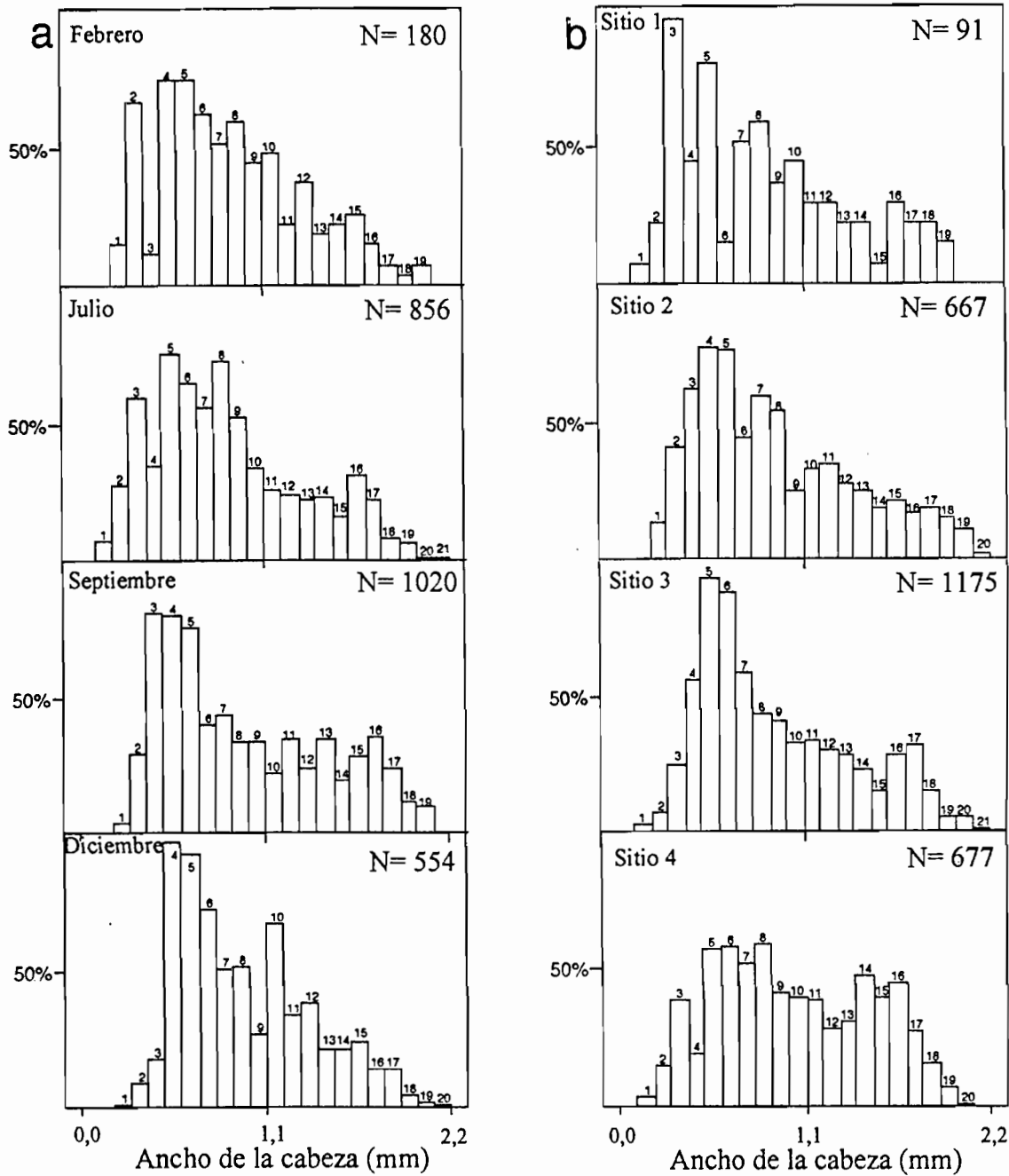


Figura 36. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de *M. irrazavalli*.

6.7.3 Estructura poblacional de la especie *C. tigrina*.

El comportamiento de la estructura poblacional de esta especie, es similar a la anterior, pero las medidas de tamaño son intermedias entre las especies *A. peruvianus* y *M. irrazavalli*. Las tallas inferiores muestran una relación proporcional de uno entre el

tamaño de la cabeza y tamaño del segmento mesotorácico, hasta alcanzar el desarrollo de las pterotecas (cambio en pendiente de pterotecas igual a 0,6mm) y las tallas mayores superar al tamaño a la cabeza. Las tallas superiores se aíslan en una nube de puntos, del total de los puntos de tendencia (figura 37).

Los individuos muestran un rango en tamaño de cabeza entre 0.2 a 1.5mm. Contrario al comportamiento de la estructura poblacional de las dos anteriores especies mostradas, el crecimiento en densidad de esta especie es gradual, alcanzando una máxima en las tallas de 0,6 a 1.1mm., para luego descender en las tallas superiores (figura 38).

En general el comportamiento de los tamaños de esta población respecto a las temporadas y sitios de estudio es irregular y no muestran un claro patrón de desarrollo. Para las temporadas de los meses julio y septiembre se puede observar un crecimiento secuencial progresivo de la estructura de la población. Adultos fueron capturados en el sitio 4 en el mes de julio (figura 39a).

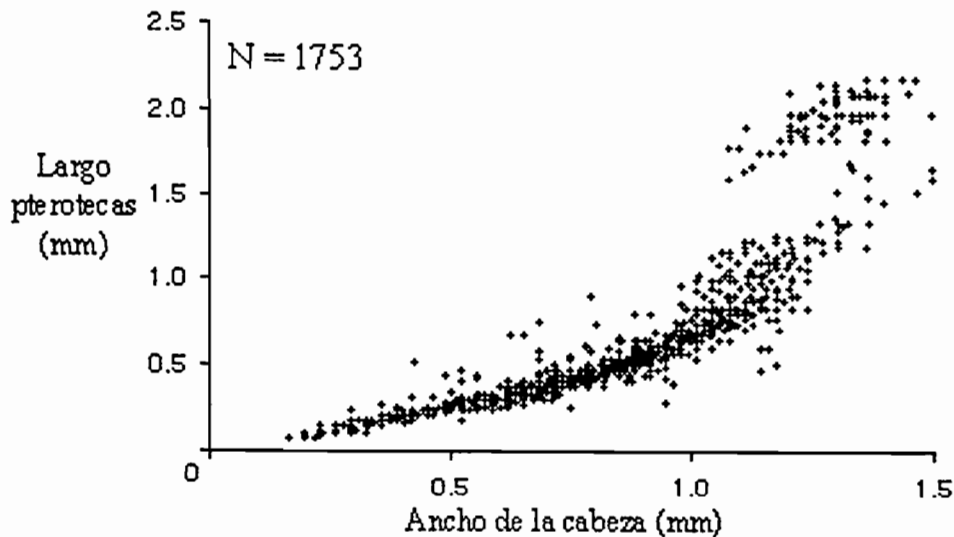


Figura 37. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y el largo de pterotecas de la población de *C. tigrina*.

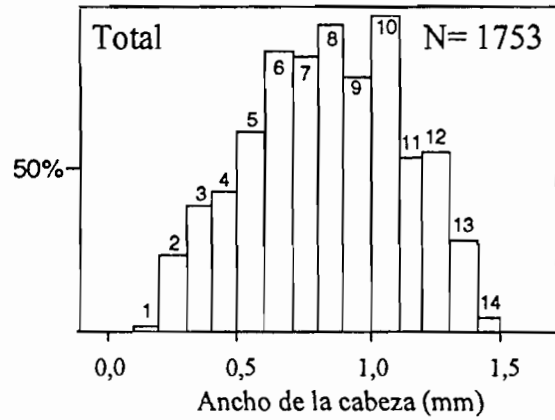


Figura 38. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de *C. tigrina*.

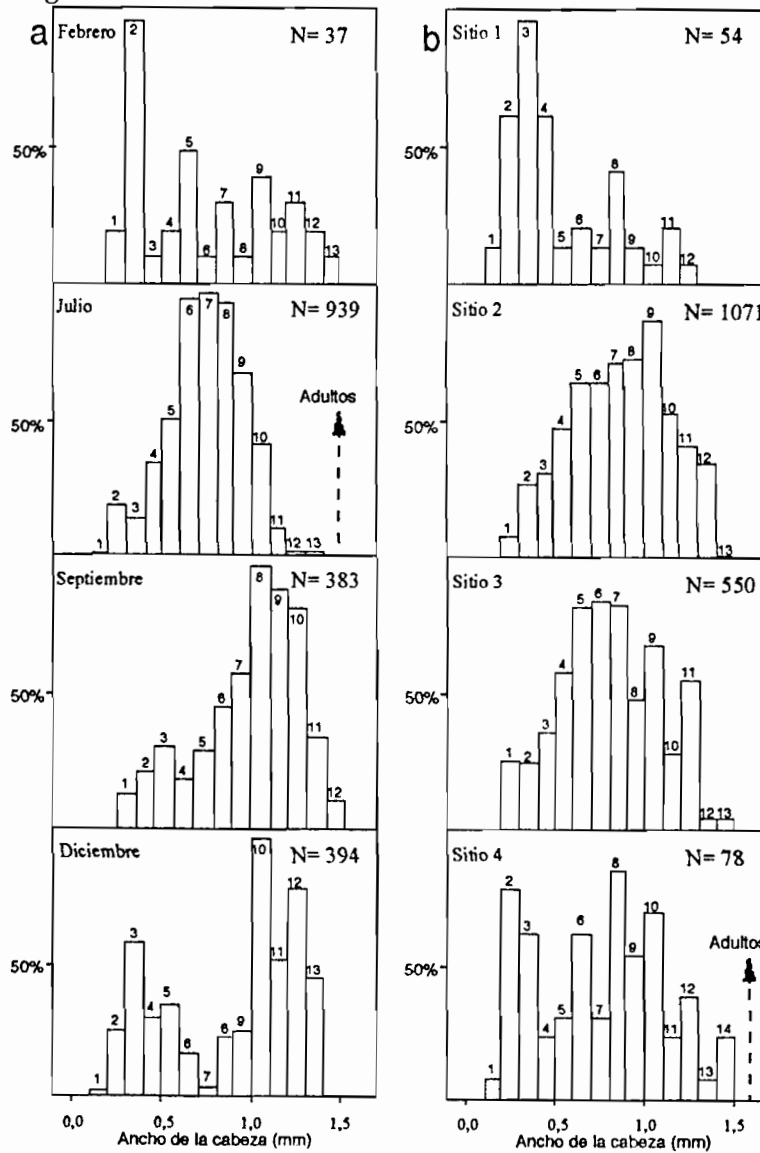


Figura 39. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de *C. tigrina*.

6.7.4 Estructura poblacional de la especie *C. rubemarini*.

Esta especie presenta aproximadamente una similitud proporcional en el tamaño del ancho de cabeza y el ancho del pronoto, además es posible diferenciar claramente cinco agrupaciones de puntos aislados, que podrían corresponder a etapas de crecimiento (figura 40), además este patrón es claramente diferenciable en las temporadas y sitios (figura 41).

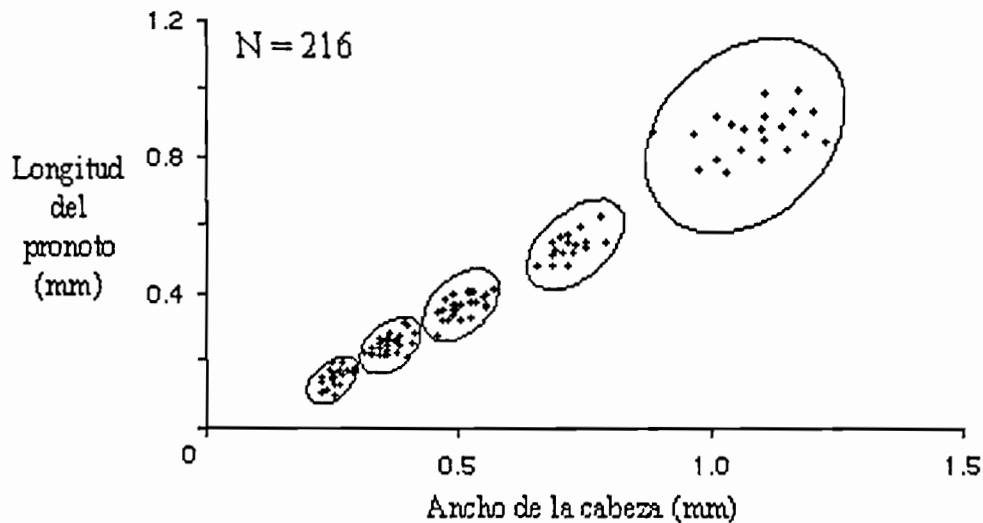


Figura 40. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y el largo de pterotecas de la población de *C. rubemarini*.

El tamaño de cabeza comprende un rango de talla de 0,1 a 1,2 mm., alcanzan mayor densidad en individuos con tallas comprendidas entre 0,3 a 0,5 mm., que podrían corresponder a la segunda etapa de crecimiento y cuyo comportamiento varía respecto a las temporadas y sitios. Los adultos fueron capturados en la temporada correspondiente al mes de septiembre para el sitio 4 y no se obtuvieron pupas (figura 42). Los individuos colectados en el sitio 2 y en el mes de febrero muestran una típica estructura poblacional (figura 42b).

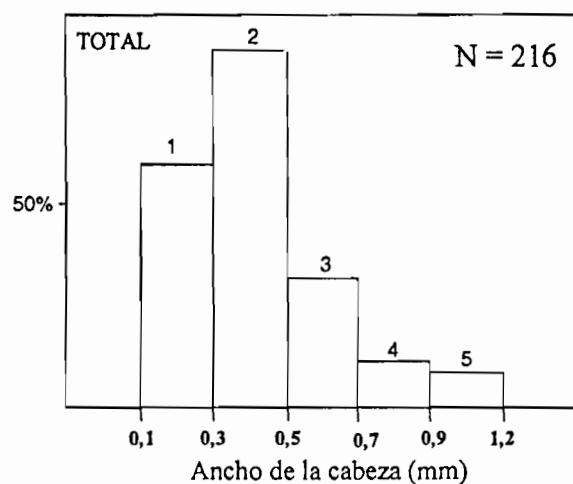


Figura 41. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de *C. rubemarinii*.

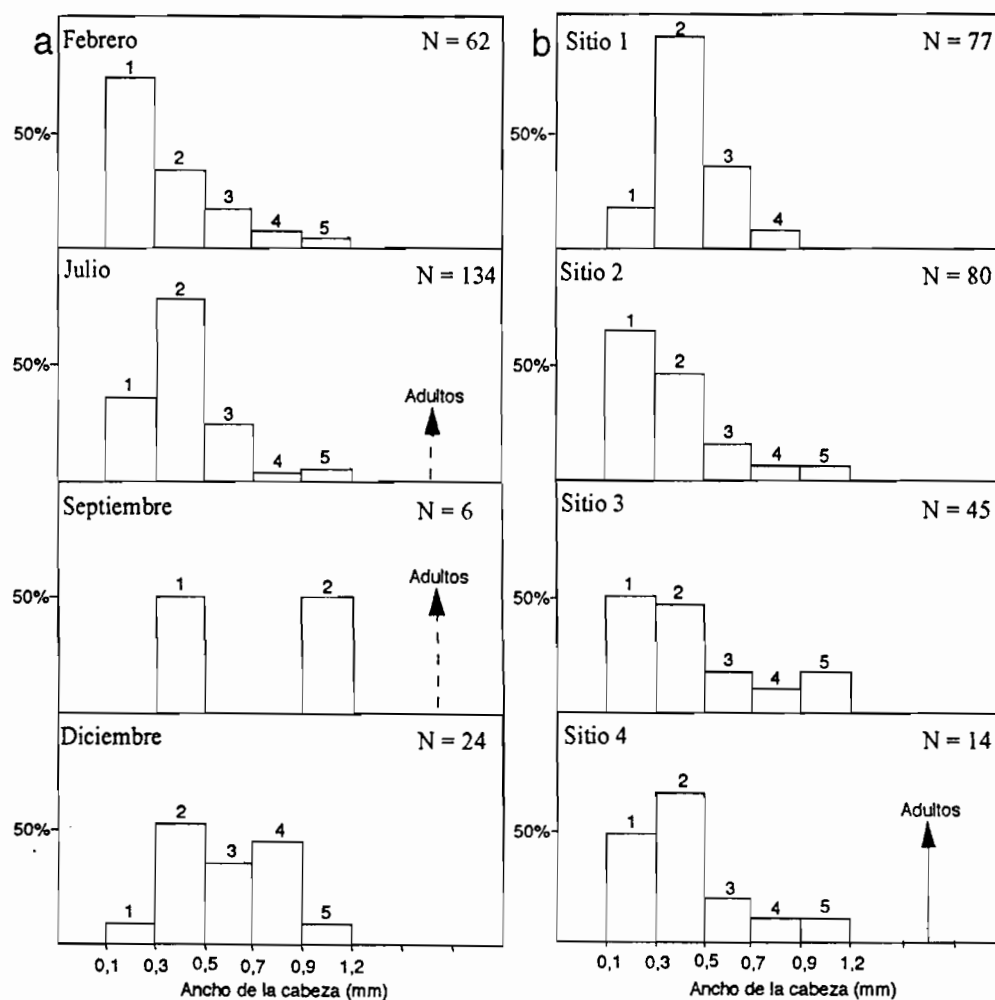


Figura 42. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de *C. rubemarinii*.

6.7.5 Estructura poblacional de la especie *A. nordenskiöldi*.

Esta especie muestra tallas mas amplias (cabeza de 0,15 a 1,4mm. y pronoto de 0,05 a 1,37mm), respecto a la anterior especie de tricoptero. En tallas inferiores el tamaño de la cabeza es dos veces mas grande que el pronoto, mientras que las tallas superiores la relación es proporcional (figura 43).

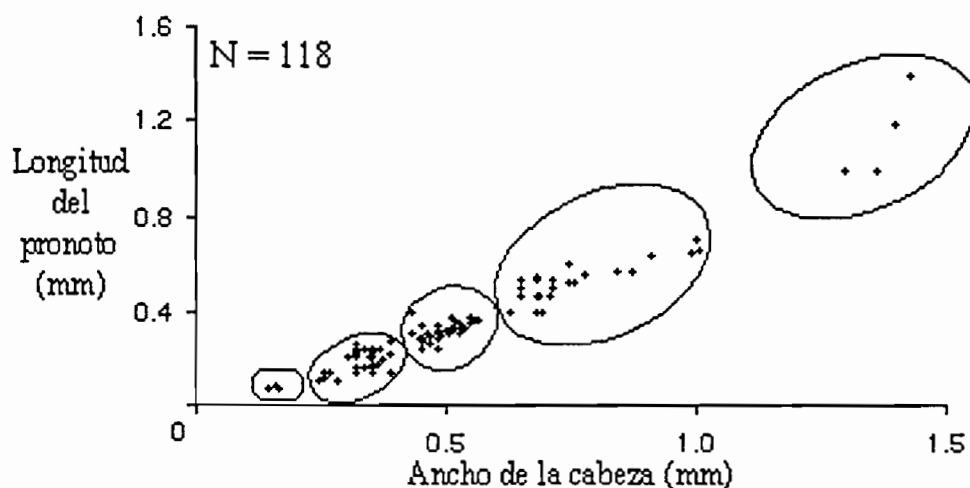


Figura 43. Relación de las medidas del ancho de la cabeza y la longitud del pronoto de la población de *A. nordenskiöldi*.

El tamaño de la cabeza muestra un rango de tamaño de 0,15 a 1,5mm., aunque la densidad de este grupo es baja también se llegaron a observar cinco grupos de tallas aisladas. La mayor densidad corresponde a los tamaños de 0,3 a 0,6 mm., que podría corresponder también a la segunda etapa de crecimiento (figuras 44) y este comportamiento se mantiene en las diferentes temporadas y sitios. Los adultos fueron conseguido en el mes de julio para el primer sitio, donde también se pudieron colectar pupas (figuras 45).

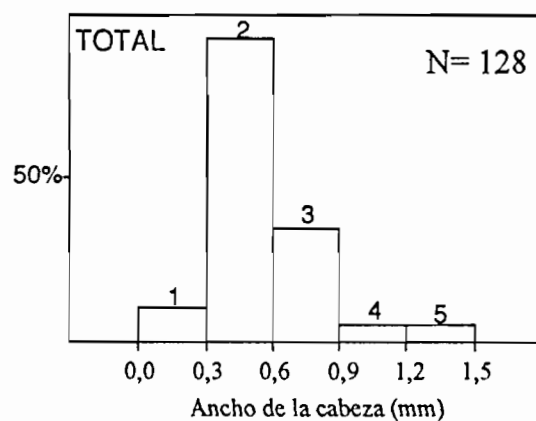


Figura 44. Histograma total sobre la estructura de los diferentes tamaños de cabeza de la población de *A. nordenskiöldi*.

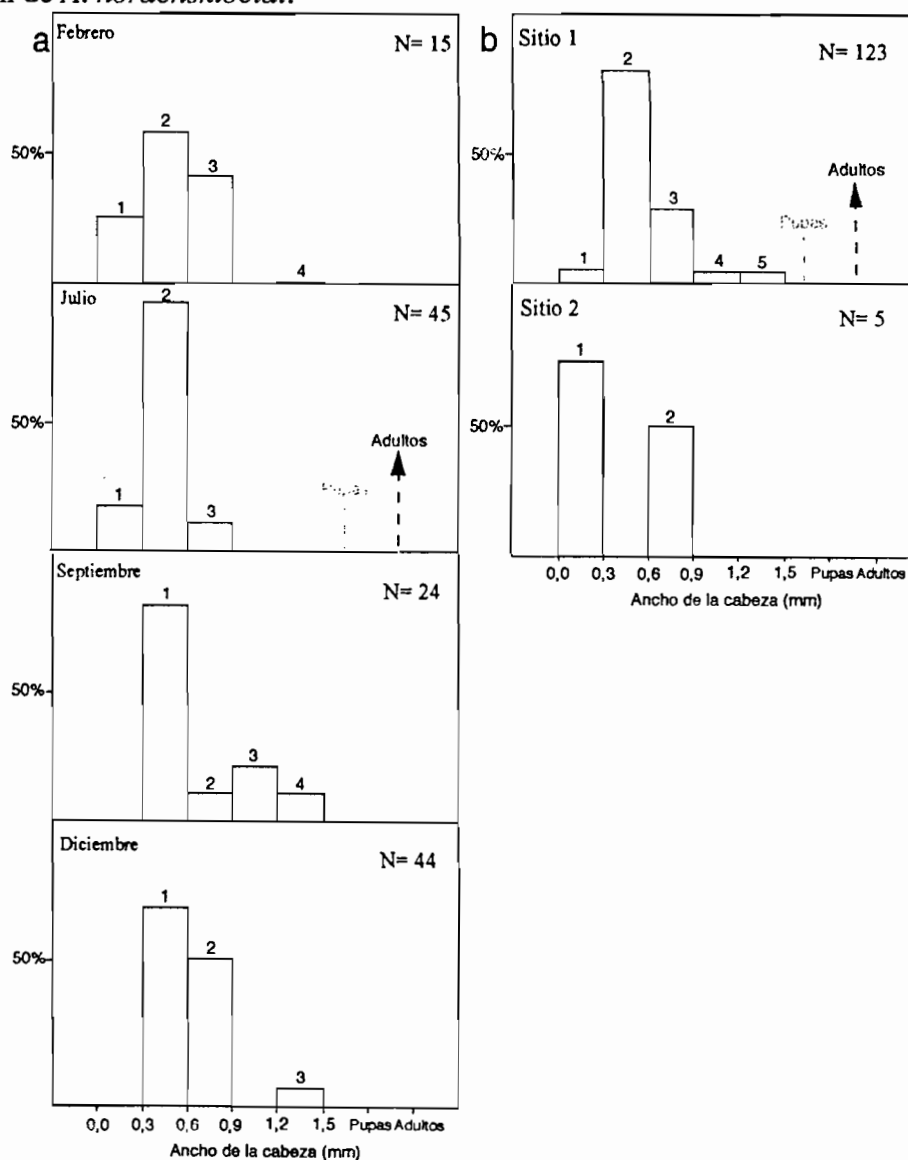


Figura 45. Histogramas sobre la distribución de la estructura poblacional temporal (a) y espacial (b) de los diferentes tamaños de la cabeza de *A. nordenskiöldi*.

6.8 Análisis estadísticos de los tamaños del ancho de cabeza de las especies estudiadas EPT.

Todas la medidas efectuadas sobre el ancho de la cabeza de las especies estudiadas, fueron sometidas al análisis estadístico de varianza ANOVA y comparadas entre temporadas y sitios por medio del test de comparaciones múltiples *Tukey*.

6.8.1 Comparación de los tamaños de cabeza entre temporadas.

Las tallas del ancho de la cabeza comparadas estadísticamente entre las temporadas estudiadas, posibilita inferir que casi las especies muestran diferencias significativas, pero no así la especie *A. nordenskiöldi* (tabla 11 y figura 46).

La especie *A. peruvianus*, muestra mayores tamaños para la temporada correspondiente al mes de diciembre, en cambio en julio y septiembre las tallas son casi similares, donde la prueba estadística no hallo diferencias significativas y en febrero son inferiores. La especie *M. irarrazavalli*, *C. tigrina* y *C. rubemarini* muestran mayor diferenciación en tamaño en septiembre y diciembre, pero para febrero y julio las desviaciones y medias de las tallas son bajas.

A. nordenskiöldi no mostró diferencias estadísticas, pero para la temporada del mes de julio, muestra bajos valores respecto al tamaños de la cabeza, comparando con los demás meses.

Las especies que muestran baja desviación respecto a la media de las tallas, son aquellas que han mostrado alta densidad, como es la caso de *A. peruvianus* y *M. irarrazavalli*, Aquellas especies de baja densidad muestran elevada amplitud de desviación, este es el caso de las dos especies de Trichopteros; *C. rubemarini* y *A. nordenskiöldi*.

Tabla 11. Estadística de la prueba de ANOVA paramétrica y el test de comparaciones múltiples "Tukey" sobre comparaciones del ancho de la cabeza de las especies EPT entre temporadas de estudios.

Prueba paramétrica ANOVA					
<i>Andeopsis spA.</i> N= 9072					
Temporadas	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre temporadas
1. Febrero	0,473	164,940 $P = 0,000$ R Ho	(1 Vs 2) 0,000	R Ho	1 $\neq$ 2
2. Julio	0,560		(1 Vs 3) 0,000	R Ho	1 $\neq$ 3
3. Septiembre	0,551		(1 vs 4) 0,000	R Ho	1 $\neq$ 4
4. Diciembre	0,659		(2 Vs 3) 0,393	No R Ho	2 = 3
			(2 Vs 4) 0,000	R Ho	2 $\neq$ 4
			(3 vs 4) 0,000	R Ho	3 $\neq$ 4
<i>M. irarrazavalli.</i> N= 2610					
Temporadas	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre temporadas
1. Febrero	0,924	8,700 $P = 0,000$ R Ho	(1 Vs 2) 0,675	No R Ho	1 = 2
2. Julio	0,883		(1 Vs 3) 0,340	No R Ho	1 = 3
3. Septiembre	0,985		(1 vs 4) 0,681	No R Ho	1 = 4
4. Diciembre	0,967		(2 Vs 3) 0,000	R Ho	2 $\neq$ 3
			(2 Vs 4) 0,003	R Ho	2 $\neq$ 4
			(3 vs 4) 0,879	No R Ho	3 = 4
<i>Claudioperla tigrina.</i> N= 1753					
Temporadas	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre temporadas
1. Febrero	0,744	95,603 $P = 0,000$ R Ho	(1 Vs 2) 1,000	No R Ho	1 = 2
2. Julio	0,742		(1 Vs 3) 0,000	R Ho	1 $\neq$ 3
3. Septiembre	1,000		(1 vs 4) 0,004	R Ho	1 $\neq$ 4
4. Diciembre	0,899		(2 Vs 3) 0,000	R Ho	2 $\neq$ 3
			(2 Vs 4) 0,000	R Ho	2 $\neq$ 4
			(3 vs 4) 0,000	R Ho	3 $\neq$ 4
<i>C. rubemarini</i> N= 216					
Temporadas	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre temporadas
1. Febrero	0,451	7,801 $P = 0,000$ R Ho	(1 Vs 2) 0,950	No R Ho	1 = 2
2. Julio	0,431		(1 Vs 3) 0,000	R Ho	1 $\neq$ 3
3. Septiembre	0,862		(1 vs 4) 0,234	No R Ho	1 = 4
4. Diciembre	0,572		(2 Vs 3) 0,000	R Ho	2 $\neq$ 3
			(2 Vs 4) 0,092	No R Ho	2 = 4
			(3 vs 4) 0,048	R Ho	3 $\neq$ 4
<i>A. nordenskiöldi</i> N= 118					
Temporadas	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre temporadas
1. Febrero	0,528	2,226 $P = 0,089$ No R Ho	(1 Vs 2) 0,615	No R Ho	1 = 2
2. Julio	0,445		(1 Vs 3) 0,907	No R Ho	1 = 3
3. Septiembre	0,586		(1 vs 4) 0,980	No R Ho	1 = 4
4. Diciembre	0,561		(2 Vs 3) 0,114	No R Ho	2 = 3
			(2 Vs 4) 0,136	No R Ho	2 = 4
			(3 vs 4) 0,976	No R Ho	3 = 4

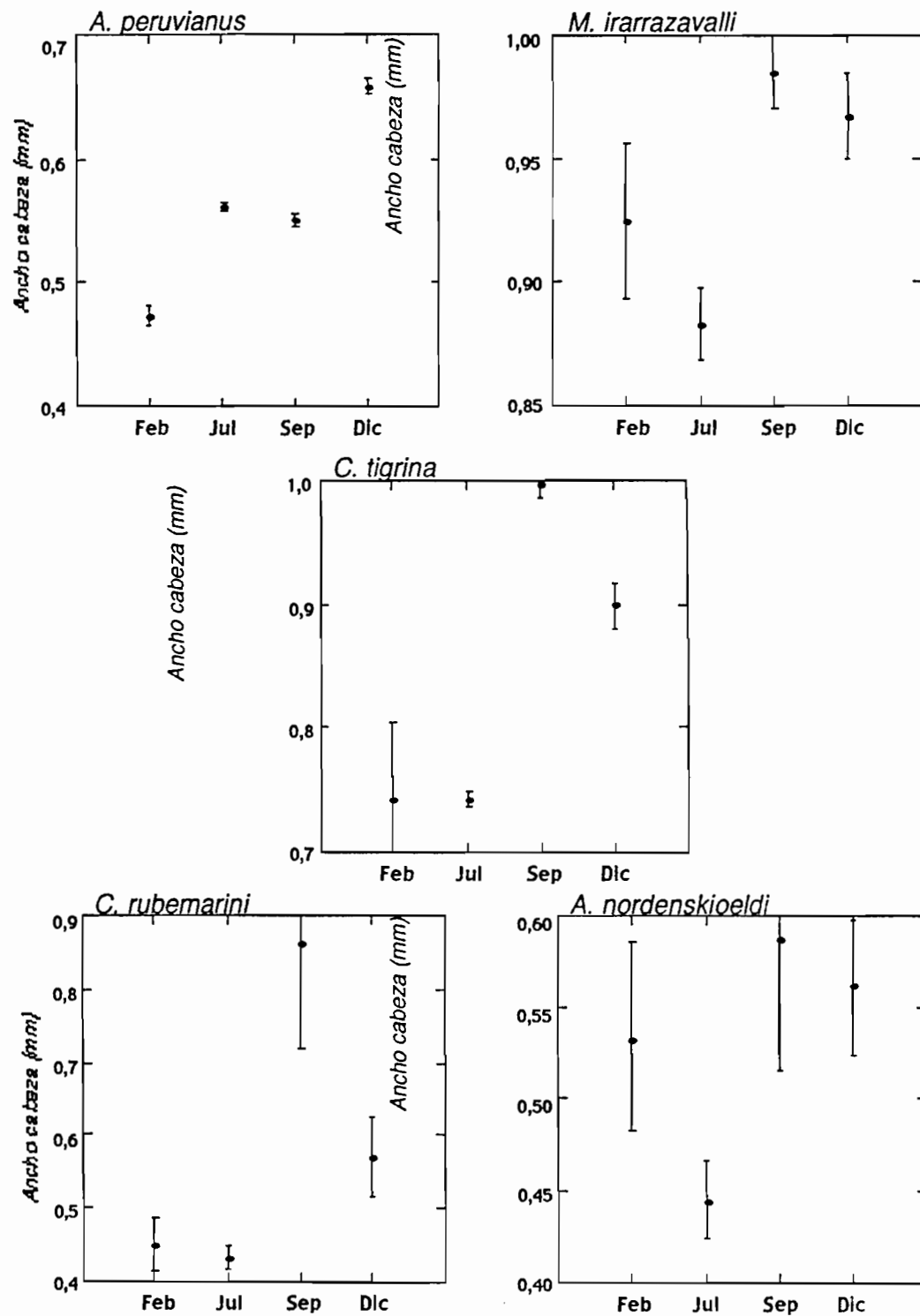


Figura 46. Comparación de medias y desviaciones de medidas del ancho de la cabeza, respecto a las temporadas estudiadas; febrero, julio, septiembre y diciembre.

6.8.2 Comparación de los tamaños de cabeza entre sitios.

Comparando estadísticamente los tamaños del ancho de la cabeza entre sitios de estudio, *A. peruvianus*, se diferencia estadísticamente con valores altos en los sitios 2 y 4, respecto a los sitios 1 y 3. En cambio *M. irarrazavalli*, muestra valores altos en tamaño en todos los sitios muestreados, pero con valores máximos en los sitios 2, 3 y 4 pero estadísticamente no se encontró diferencias entre todos los sitios (tabla 12 y figura 47).

C. tigrina presenta diferencias estadísticas significativas, con notoria diferenciación en el sitio 1 respecto a los sitios 2, 3 y 4 donde sus valores de tallas son mayores.

Las especies del orden Trichoptera, no presentan diferencias estadísticas significativas respecto a los sitios estudiados, pero *C. rubemarini*, muestra un incrementan de valores hacia el sitio inferior alcanzando máximos valores en el sitio 3.

A. nordenskioeldi, únicamente fue posible comparar estadísticamente los sitios 1 y 2, porque en los demás sitios inferiores su presencia es escasa. Muestra mayor diferenciación en tamaño para el sitio 1, ya que en este lugar alcanza mayor densidad y las altas amplitudes de desviaciones presenta cuando el tamaño poblacional es bajo como en el sitio 2.

Tabla 12. Estadística de la prueba de ANOVA paramétrica y el test de comparaciones múltiples “Tukey” sobre comparaciones del ancho de la cabeza de las especies EPT entre sitios de estudios.

Prueba paramétrica ANOVA					
<i>Andeopsis</i> spA N= 9072					
Sitios	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre temporas
1	0,467	796,035 $P = 0,000$ R Ho	(1 Vs 2) 0,000	R Ho	1 = 2
2	0,661		(1 Vs 3) 0,821	No R Ho	1 = 3
3	0,462		(1 vs 4) 0,000	R Ho	1 = 4
4	0,671		(2 Vs 3) 0,000	R Ho	2 = 3
			(2 Vs 4) 0,355	No R Ho	2 = 4
			(3 vs 4) 0,000	R Ho	3 = 4
<i>M. irarrazavalli</i> N= 2610					
Sitios	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre temporadas
1	0,886	1,224 $P = 0,299$ No R Ho	(1 Vs 2) 0,709	No R Ho	1 = 2
2	0,940		(1 Vs 3) 0,732	No R Ho	1 = 3
3	0,937		(1 vs 4) 0,371	No R Ho	1 = 4
4	0,967		(2 Vs 3) 0,999	No R Ho	2 = 3
			(2 Vs 4) 0,681	No R Ho	2 = 4
			(3 vs 4) 0,494	No R Ho	3 = 4
<i>Claudioperla</i> spA N= 1753					
Sitios	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre sitios
1	0,548	29,49 $P = 0,000$ R Ho	(1 Vs 2) 0,000	R Ho	1 = 2
2	0,871		(1 Vs 3) 0,000	R Ho	1 = 3
3	0,801		(1 vs 4) 0,000	R Ho	1 = 4
4	0,753		(2 Vs 3) 0,000	R Ho	2 = 3
			(2 Vs 4) 0,002	R Ho	2 = 4
			(3 vs 4) 0,502	No R Ho	3 = 4
<i>C. rubemarini</i> N= 216					
Sitio	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre sitios
1	0,434	0,765 $P = 0,551$ No R Ho	(1 Vs 2) 0,927	No R Ho	1 = 2
2	0,458		(1 Vs 3) 0,437	No R Ho	1 = 3
3	0,503		(1 vs 4) 0,942	No R Ho	1 = 4
4	0,472		(2 Vs 3) 0,760	No R Ho	2 = 3
			(2 Vs 4) 0,997	No R Ho	2 = 4
			(3 vs 4) 0,973	No R Ho	3 = 4
<i>A. nordenskiöldi</i> N= 118					
Sitio	Media	Valor prueba, P ($\alpha=0.05$, g.l.=3) y decisión.	Comparación múltiple Test Tukey	Decisión	Comparación entre temporadas
1	0,534	1,316 $P = 0,252$ No R Ho	(1 Vs 2) 0,254	No R Ho	1 = 2
2	0,408				

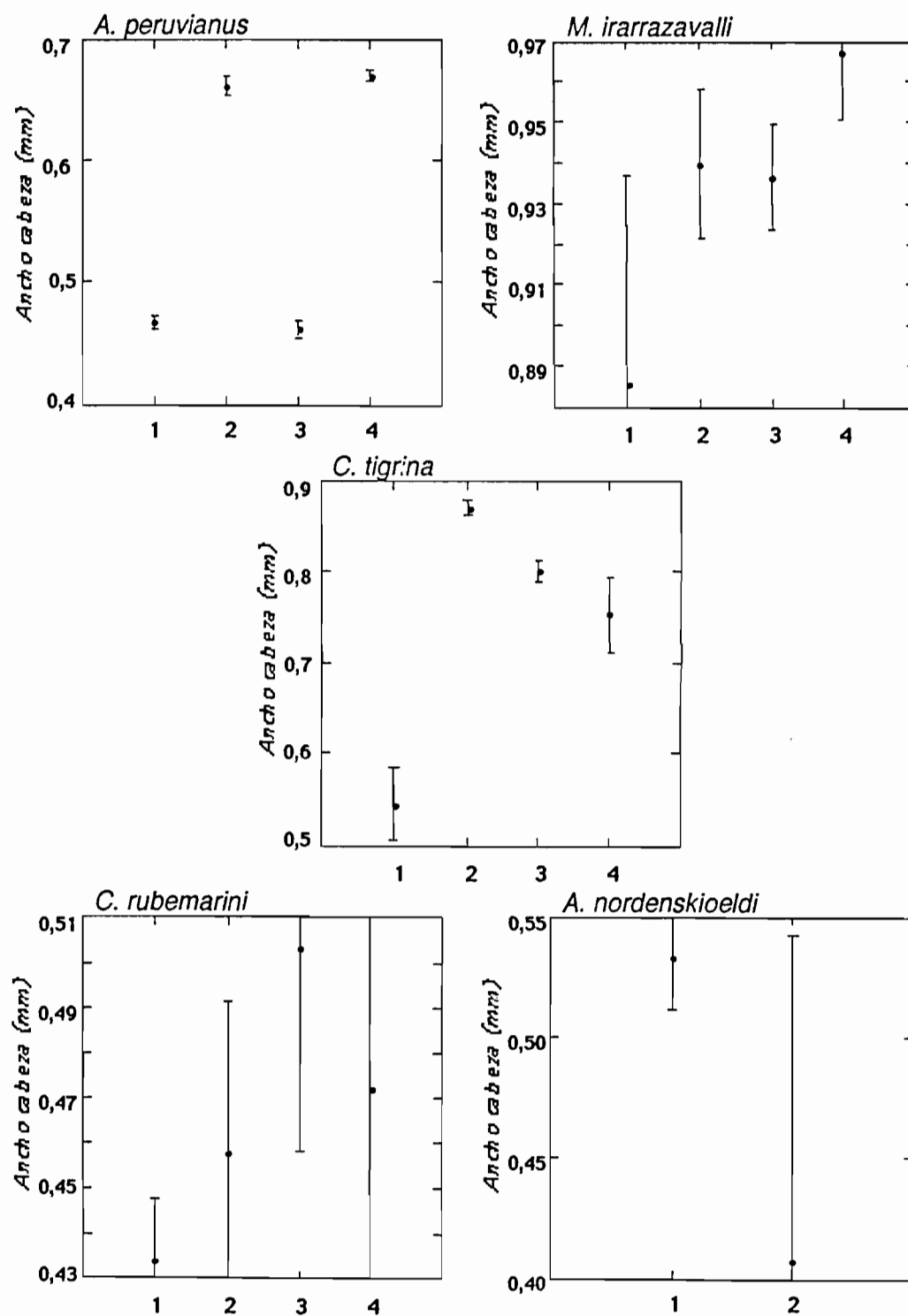


Figura 47. Comparación de medias y desviaciones de medidas del ancho de la cabeza, respecto a las sitios estudiados.

7. Rasgos biológicos y ecológicos definidos para las especies de los ordenes EPT, para el río de Choquecota.

En base a estudio de características morfológicas y biológicas de las especies estudiadas, más las características ambientales del agua en el río Choquecota, en la tabla 13 se describen los siguientes rasgos biológicos y en la tabla 14 los rasgos ecológicos, en base a definiciones de Tachet *et al.* (2001).

Tabla 13. Rasgos biológicos definidos para las especies de los ordenes EPT, para el río de Choquecota.

N°	RASGO	ESPECIE	NATURALEZA DE LA MODALIDAD
1	Tamaño máximo (mm)	<i>A. peruvianus</i>	7
		<i>M. irarrazavalli</i>	9.5
		<i>C. tigrina</i>	12
		<i>C. rubemarini</i>	9
		<i>A. nordenskiöldi</i>	15
2	Ciclo de vida	<i>A. peruvianus</i>	< 1 año
		<i>M. irarrazavalli</i>	< 1 año
		<i>C. tigrina</i>	< 1 año
		<i>C. rubemarini</i>	< 1 año
		<i>A. nordenskiöldi</i>	< 1 año
3	Número de generación por año	<i>A. peruvianus</i>	> 1
		<i>M. irarrazavalli</i>	> 1
		<i>C. tigrina</i>	> 1
		<i>C. rubemarini</i>	> 1
		<i>A. nordenskiöldi</i>	> 1
4	Estado acuático	<i>A. peruvianus</i>	Ninfa
		<i>M. irarrazavalli</i>	Ninfa
		<i>C. tigrina</i>	Ninfa
		<i>C. rubemarini</i>	Larva
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Larva
5	Forma de resistencia	<i>A. peruvianus</i>	No presente
		<i>M. irarrazavalli</i>	No presente
		<i>C. tigrina</i>	No presente
		<i>C. rubemarini</i>	No presente
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Casas portables (coccons)
6	Respiración	<i>A. peruvianus</i>	Agallas branquiales
		<i>M. irarrazavalli</i>	Agallas branquiales
		<i>C. tigrina</i>	Traquelobranquias
		<i>C. rubemarini</i>	Tegumentaria
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Traquelobranquias

7	Locomoción	<i>A. peruvianus</i>	Nadadoras superficiales
		<i>M. irarrazavalli</i>	Nadadoras superficiales
		<i>C. tigrina</i>	Nadadoras superficiales
		<i>C. rubemarini</i>	Asentadas temporalmente
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Asentadas permanentemente
8	Alimento	<i>A. peruvianus</i>	Detrito vegetal > 1mm
		<i>M. irarrazavalli</i>	Detrito < 1mm
		<i>C. tigrina</i>	Detrito < 1mm + Animales
		<i>C. rubemarini</i>	Animales
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Detrito < 1mm
9	Hábito alimenticio	<i>Andeopsis</i> spA	Fragmentador
		<i>M. irarrazavalli</i>	Colector
		<i>C. tigrina</i>	Raspador + Depredador
		<i>C. rubemarini</i>	Depredador
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Raspador

Tabla 14. Rasgos ecológicos definidos para las especies de los órdenes EPT, para el río de Choquecota.

Nº	RASGO	ESPECIE	NATURALEZA DE LA MODALIDAD
1	Distribución transversal	<i>Andeopsis</i> spA	Canal del río
		<i>M. irarrazavalli</i>	Canal del río
		<i>C. tigrina</i>	Canal del río
		<i>C. rubemarini</i>	Canal del río
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Canal del río
2	Distribución longitudinal	<i>Andeopsis</i> spA	Crenon
		<i>M. irarrazavalli</i>	Rhitron + Crenon
		<i>C. tigrina</i>	Crenon
		<i>C. rubemarini</i>	Crenon
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Rhitron + Crenon
3	Altitud (m)	<i>Andeopsis</i> spA	3600 - 4400
		<i>M. irarrazavalli</i>	3600 - 4400
		<i>C. tigrina</i>	3600 - 4400
		<i>C. rubemarini</i>	3600 - 4400
		<i>A. nordenskiöldi</i>	> 4400
4	Sustrato (preferencia)	<i>Andeopsis</i> spA	Piedra + Cascajo
		<i>M. irarrazavalli</i>	Piedra + Cascajo
		<i>C. tigrina</i>	Piedra + Cascajo
		<i>C. rubemarini</i>	Piedra
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Turba + Cascajo
5	Velocidad de la corriente (preferencia)	<i>Andeopsis</i> spA	Rápida 1,80-2,45
		<i>M. irarrazavalli</i>	Rápida 1,80-2,45
		<i>C. tigrina</i>	Moderada 1,45-1,80
		<i>C. rubemarini</i>	Moderada 1,45-1,80
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Baja 0,56-1,90

6	Temperatura	<i>Andeopsis</i> spA	Fría < 15 °C
		<i>M. irarrazavalli</i>	Fría < 15 °C
		<i>C. tigrina</i>	Fría < 15 °C
		<i>C. rubemariini</i>	Fría < 15 °C
		<i>A. nordenskiöldi</i>	Fría < 15 °C
7	PH (preferencia)	<i>Andeopsis</i> spA	6.3-7.3
		<i>M. irarrazavalli</i>	6.3-7.3
		<i>C. tigrina</i>	6.3-7.3
		<i>C. rubemariini</i>	6.5-7.5
		<i>A. nordenskiöldi</i>	6.8-7.8

8. DISCUSIONES.

8.1 Condiciones físico químicas.

El sustrato en los cursos de aguas corrientes, es uno de los factores importantes que condiciona la presencia y distribución de invertebrados (Gordon *et al.* 1992). Estudios realizados por Wasson & Marín (1988) y Marín (1989), revelan una relativa estabilidad temporal de la composición granulométrica del sustrato, para los ríos de baja pendiente ubicados en la vertiente occidental de la Cordillera Real. Por esta razón las evaluaciones cuantitativas del sustrato para el río Choquecota, fueron realizadas por solo una vez, con la finalidad de caracterizar los sitios estudiados del hábitat acuático.

El glaciar Mururata y el valle de Choquecota no posee estaciones meteorológicas, pero; Ronchail (1986), Wasson *et al.* (1989) y Lorini (1992), señalan que el ciclo de precipitaciones sigue un comportamiento unimodal para la región de la Cordillera Real, donde llegaron a diferenciar claramente dos temporadas; una húmeda (diciembre a marzo) y otra seca (mayo a agosto), este mismo comportamiento en precipitaciones muestra la información meteorológica de los registros del glaciar de Zongo para el año 2002 (Soruco *et al.* 2003). Según estudios de Francou *et al.* (1995), asevera que la información que se obtenga del glaciar de Zongo, puede ser extrapolado al comportamiento de otros glaciales de esta cordillera, en este sentido los trabajos realizados en esta región por Guyot (1986), Wasson, *et al.* (1989), Wasson & Marín (1988) y Apaza, (1991), señalan que la mayor diferencia de la físico química del agua

esta condicionada bajo esta variación del ciclo de precipitaciones entre la época seca y húmeda. Bajo este principio las evaluaciones físico químicas del presente estudio han estado restringido únicamente a estas dos temporadas, la primera corresponde a la época húmeda en el mes de febrero y la segunda en la época seca para el mes de julio.

Los resultados físico químicos obtenidos en la época húmeda, están relacionados a descripciones e interpretaciones de Guyot (1986), Wasson & Marín (1988) y Franken & Sivila (1992), para la región de la cordillera, sobre todo correspondiente a la vertiente occidental. Donde la composición química del agua refleja la naturaleza geológica, caracterizadas por una baja conductividad, un pH ligeramente ácido llegando a alcanzar la neutralidad en algunos casos y baja concentración de cationes y aniones.

En la época húmeda según la información hidráulica que se obtuvo, se registró los mayores valores de velocidades en la corriente de agua y descarga, por tal efecto se registraron bajas concentraciones de cationes, aniones, pH y conductividad, efecto atribuido a la dilución, identificado por Guyot (1986).

En cambio en la época seca la velocidad del agua y descarga fueron menores, a la vez los cationes y aniones estuvieron presentes en mayor concentración pero con variaciones entre sitio de muestreo, sobre todo al nivel de la concentración de los bicarbonatos, calcio y sólidos suspendidos, porque en los sitios 1 y 4 poseen mayor concentración, en cambio en los sitios 2 y 3 son inferiores. Este comportamiento podría ser explicado por el aporte de agua de tributarios de la misma cuenca, porque debajo del sitio 1 se unen a un importantes afluentes como; aguas del cerro negro y por debajo del sitio 2 las aguas río Takes-Uma, cuyas aguas posee influencia directa del glaciar Mururata, lo que podría posibilitar una dilución del agua para los sitio 2 y 3. Pero río abajo en el sitio 4 se puede evidenciar la recuperación de estos compuestos químicos, pero para este caso los afluentes que se unen antes del sitio 4 al río principal, provienen de la acumulación de pequeños afluentes de la microcuenca, además de la laguna Quela Jahuira, que según Iltis (1988), las aguas de las lagunas de altura para la región de la cordillera, están caracterizados por elevadas concentraciones de bicarbonatos y calcio,

respecto a los demás componentes químicos mayoritarios. Por esta razón, posiblemente la influencia de esta laguna contribuya significativamente con iones de bicarbonatos, calcio y al mismo tiempo se restablece la concentración de los sólidos suspendidos.

Paralelo al anterior fenómeno descrito (época seca - julio), en los sitio 2 y 3 fue la única vez que se llegaron a registrar bajas concentraciones de cloruros, posiblemente atribuidos a la influencia principal de excreciones de ganado ovino y camélido que forrajea en estos lugares, fenómeno corroborado con elevada concentración de cationes de sodio.

8.2 Sistemática de las especies encontradas.

Comparando los grupos taxonómicos encontrados en este estudio, con anteriores trabajos de la misma región, se observa que existe concordancia con el nivel y grupos identificados. Entre las primeras incursiones en la identificación de la fauna de insectos acuáticos de la región montañosa de la cordillera real en Bolivia, están los trabajos de Dejoux (1988), que ha servido de base para los estudios de Wasson & Marín (1988) y Franken & Marín (1992), cuyos trabajos encontraron ubicuos los grupos del orden Ephemeroptera (*Baetidae-Baetis?peruvianus*- y *Leptophlebiidae*), Plecoptera (*C. tigrina*) y una familia de Trichoptera (*Hydroptilidae*), para la región de la vertiente occidental de la cordillera oriental o real de la ciudad de La Paz. En el presente estudio en el río de Choquecota, también se encontraron ambas familias del orden Ephemeroptera: la especie *A. peruvianus* representante de la familia Baetidae y las identificaciones en adultos confirman la fiabilidad de identificación (descripción restringido en este documento) y según Domínguez, *et al.* (2001), este género *-Andesiops-* presenta amplia distribución en la cordillera, además este género ha sido registrado en las cabeceras de la cuenca del río Dumas en Chile (Figuerola *et al.*, 2003), pero este género presenta una sola especie *Andesiops peruvianus* Ulmer 1920, y posee como sinonimia la especie *Baetis peruvianus* Ulmer 1920, registrados sin certeza en Bolivia por Dejoux (1988), Wasson & Marín (1988) y Franken & Marín (1992).

En el río Choquecota la familia Leptophlebiidae esta representada por la especie *Massartellopsis irrazavalli* Demoulin 1955., cuya identificación fue difícil por la carencia de ejemplares adultos y en la clave de identificación más actualizada sobre ninfas (Domínguez, *et al.* 2001), no están bien definidos los caracteres de identificación, entre géneros *Meridialaris* y *Massartellopsis*, porque el carácter del nivel de pigmentación de branquias es subjetivo entre ambos géneros. Pero las descripciones de especies del género *Massartellopsis* por Domínguez *et al.* (1994), está realizadas en base a especímenes de estadio ninfal y adulto, lo cual posibilitaron una adecuada identificación de esta especie.

También Dejoux (1988), Wasson & Marín (1988) y Franken & Marín (1992), llegaron a diferenciar la especie *Claudioperla tigrina*, también registrada en el río Choquecota. Pero según un especialista en la taxonomía de Plecopteros, Stark (2003, *com. pers.*), asevera que tiene diferenciados tres morfotipos del género *Claudioperla* de la región montañosa del Ecuador, que difiere de la descripción de *Claudioperla tigrina* Klapalék 1914 y según la identificación de pocos ejemplares adultos de esta especie del río Choquecota, es relativamente diferente al especímenes de Stark. Por el momento este género *Claudioperla*, solo tiene una especie descrita, *Claudioperla tigrina* Klapalék 1914, aunque se debe considerar que Benedetto (1974), asevera que esta especie se extiende desde el Perú en el lago Titicaca, hasta las provincias de Antofagasta en Chile y la familia Grypopterygidae de esta especie, sólo esta presente en Sudamérica (McLellan 1993, Zwick 2000).

En el presente estudio, la familia Hydroptilidae con el género representante *Neotrichia* ha sido muy escasa, estando presente únicamente en la época seca (julio) con solo dos ejemplares, que después para las dos siguientes temporadas de muestreo no fue encontrado ni vestigios algunos.

Por el desarrollo de este trabajo, posibilito la descripción de una nueva especie de la familia Hydrobiosidae: *Cailloma rubemarini* Molina-Arzabe & Gibon (*en prep.*), género descrito por Ross & King (1951). Los autores Molina-Arzabe & Gibon (*en prep.*)

le dan el nombre a esta especie como *rubemarini*, en honor al Lic. Rubén Marín, primer científico boliviano en estudiar la entomofauna acuática de los ríos de montaña de la región de La Paz. Molina-Arzabe & Gibon (*en prep.*), creen que posiblemente esta especie muestra amplia distribución en la cordillera, porque tienen reportes de esta especie en algunos ríos de la cordillera real, además los trabajos de Wasson & Marín (1988), encontraron especímenes de la familia Rhyacophilidae (antigua denominación de la familia Hydrobiosidae) para el río Hichu Khota (misma vertiente del río Choquecota), que posibles especímenes correspondan a la especie *C. rubemarini*.

La familia Limnephilidae está representada por la especie *Antartoecia nordenskiöldi* Ulmer 1905, en el río Choquecota, familia que no fue registrada en los principales trabajos citados de la región de la cordillera y posiblemente esta familia muestre amplia distribución en esta región, porque algunos trabajos, de Franken & Marín (1992), para el orden Trichoptera, tienen registrada la familia Goeridae para el río Kaluyo (misma vertiente del río Choquecota), familia presente en la región Neártica (Wiggins 1974, 1996), pero que comparte algunas características con la familia Limnephilidae, ya que ambas familias están agrupadas dentro una misma superfamilia, Limnephiloidea. También algunos trabajos realizados en lagunas de altura por Pinto (1991), muestra dibujos de tricópteros como de la familia Hydropsychidae, pero cuyas características se asemejan a la familia Limnephilidae, además yo puede coleccionar algunos especímenes de esta familia en lagunas al pie del nevado Mururata en abril del presente año.

La familia Glossosomatidae no fue encontrada en ninguna temporada en el río Choquecota, pero si están registrados en los trabajos de Wasson & Marín (1988) y Franken & Marín (1992).

Comparando la riqueza de especies de los taxones EPT, con trabajos en ríos de las regiones montañosas neotropicales que presenta un mismo rango altitudinal. De manera general se puede evidenciar la baja riqueza que existen en los respectivos grupos comparables. Jacobsen *et al.* (1997, 1998), en ríos del Ecuador registro las mismas

familias descritas en este trabajo, más la presencia de cuatro familias diferentes de Trichopteros. Carrera & Gunkel (2003), solo hallaron la familia Baetidae con dos géneros (*Baetodes* y *Baetis*), una familia de Plecoptero (Perlidae) y tres familias de Trichopteros (Glossosomatidae, Leptoceridae y Hydrobiosidae). En cambio en los ríos altura de la región templada, aunque las alturas no son comparables, pero la riqueza de especies es mayor. Hawkins, *et al.* (1981), en los ríos de altura de la región de Oregon en Norteamérica, diferenció seis familias de Ephemeropteros, ocho de Plecoptero y once de Trichopteros, otros estudios sobre la distribución de Ephemeropteros y Plecopteros, en ríos de montaña del sur de Europa por Zamora-Muñoz *et al.* (1993), llegaron a registrar cuatro familias de Ephemeropteros, con la dominancia de la familia Baetidae con nueve géneros y el orden Plecoptera con cinco familias, en cambio Maiolini & Lencioni (2001), en los Alpes Italianos diferenció al orden Plecoptera como el más rico, con la presencia de cuatro familias y cada uno con mas de un género.

Algunos trabajos confirman la baja riqueza de especies que presentan los ríos de montaña de la región tropical, y atribuyen que la posible causa de esta diferencia con la región templada, se deba a situaciones geográficas y cambios climáticos globales causados durante la pequeña edad de hielo del Pleistoceno (Illies, 1968 ; Covich, 1988 ; Rohde, 1992 ; Jacobsen, 1997 ; Brittain *et al.*, 2001 ; Carrera & Gunklel, 2003), época en la cual aproximadamente el 32% de la superficie de la tierra estaba cubierto por glaciales, así los lagos y ríos de altura habrían desaparecido (Brittain *et al.* 2001), lo cual forzó a la fauna de los ríos oligostenotermos a migrar a sitios de refugio conduciéndose a bajas altitudes y latitudes, pero en el caso de la fauna de la regiones templadas, la disposición geográficas de la montañas que se extienden de este a oeste y de baja altitud –sobre todo en Europa- favoreció encontrar rápidamente sitios de refugio de aislamiento. En cambio en la región tropical específicamente en Sudamérica las montañas que se extiende a los largo de una cadena en dirección de norte a sur y de altitudes más elevadas, de tal manera la fauna de estos medios oligostenotermos careció de sitios de aislamiento y su posterior especiación, de tal manera que muy pocas especies llegaron a evolucionar.

De manera general, la cadena montañosa de Sudamérica presenta picos más elevados y por lo tanto a mayor altura las temperaturas son más bajas, comparados con la regiones templadas donde la situación es diferente. Rohde (1992), sostiene que la temperatura es el principal factor que gobierna la diversidad de especies, a elevadas temperaturas conduce a altas tasas de mutación y cortas generaciones, en consecuencia el número de familias y especies que existen en la actualidad en la región templada, han experimentado una rápida evolución y especiación.

Bajo la perspectiva del calentamiento global de la tierra en estas últimas décadas y el retrocesos de los glaciales (Gallaire, *et al.* 2000; Mendoza & Francou 2000), podría favorecer el avane de la sucesión biológica desde la regiones bajas hacia las altas, a causa del incremento de la temperatura (Petts & Bickerton 1994), al respecto Jacobsen (1997), sostiene que la regiones montañosas de Sudamérica, Norteamérica y Europa, se esperarían un incremento de la riqueza en el futuro, pero en contraposición está las aseveraciones de Brittain (2001), que el incremento global de la temperatura afectaría significativamente la reducción de la diversidad de la comunidades de invertebrados acuáticos que están ubicados a pie de los glaciales, pero esta situación sería aún más lamentable para región tropical montañosa, por la baja riqueza de especies que existe en esta región.

8.3 Grupos funcionales Alimenticios.

De acuerdo a las estructuras morfológicas de piezas bucales (mandíbulas y maxilas) de la fauna de insectos acuáticos estudiados, de manera general se ha llegado a constatar que cada una de estas estructuras posee cierta especificidad a la preferencia del tipo de recurso alimenticio, ya que las formas de adquisición de alimento están dadas bajo las condiciones del tiempo de evolución y de interacciones de las especies con su medio (Arens 1980). Los análisis de contenidos estomacales corroboran la definición al grupo funcional (Rosi-Marshall & Wallace 2002), pero para tal caso de las cinco especies analizadas se pudo observar dominio en sus contenidos estomacales, de partículas de materia orgánica de origen vegetal, como; fragmento de tejidos de plantas, algas

microscópicas (sobre todo diatomeas y algas filamentosas), así que este estudio respalda algunas investigaciones que concluyen que muchos organismos pueden presentar rasgos alimenticios definidos, pero no siempre pueden seleccionar su alimento, dependen más de la disponibilidad de sus recursos alimenticios que están presente en el medios (Cummins & Wilzbach, 1985; Cummins & Merritt, 1996; Wichard *et al.*, 2001), y esta disponibilidad de alimento depende en gran medida de acuerdo a características morfodinámicas del río, velocidad de la corriente de agua, composición del sustrato, temperatura y la interacción de la energía autóctona y alóctona, definidas en el Concepto del Río Continuo por Vannote *et al.* (1980). Pero Covich (1988), por sus revisiones había manifestado que los ríos pequeños de la región neotropical estaban dominadas por especies consumidoras generalistas y sería difícil la diferenciación de grupos funcionales alimenticio, pero este estudio en un río pequeño de altura de la región tropical demuestra una situación diferente, ya que si se pueden diferenciar grupos alimenticios funcionales.

Los grupos funcionales alimenticios que se han podido definir de la fauna de EPT del río de Choquecota, no varia a las definiciones realizadas al nivel taxonómico de familias de la región templada. En el orden Ephemeroptera la familia Baetidae es con preferencia es fragmentadora y la familia Leptophlebiidae es colectora (Brittain 1982). En el orden Trichoptera, la familia Hydrobiosidae es depredadora (Wichard *et al.*, 2002), mientras que la familia Limnephilidae con preferencia es fragmentadora pero también existen formas raspadoras (Wiggins, 1978). En cambio el orden Plecoptera, la familia Grypopterygidae está restringida a la región templada, pero Wichard *et al.* (2002) sostiene que muchas de las especies de ríos de altura con preferencia son raspadoras, pero en el caso de la familia Grypopterygidae para el río Choquecota, estos estudios revelan, que además de ser raspadora se comporta como depredadora.

8.4 Abundancia temporal espacial.

Según estudios realizados en ríos de la región de la Cordillera Real por Marín (1989), Wasson *et al.* (1997) y en ríos de los Andes venezolanos (Flecker 1994), pudieron evidenciar que altos niveles de agua están condicionados por una clara época

húmeda, donde las condiciones hidráulicas son extremas y esto a la vez está traducido por una baja densidad de las comunidades de invertebrados acuáticos y su posterior recuperación esta dada para la temporada seca, donde las condiciones ambientales muestran relativa estabilidad. Este mismo comportamiento fue observado para las poblaciones de EPT estudiados en el río de Choquecota, donde los parámetros hidráulicos especialmente descarga y la velocidad de la corriente de agua muestran valores altos para la temporada del mes de febrero (época húmeda) y un decremento en densidades de las poblaciones de EPT, especialmente en los sitios ubicados ríos abajo (sitios 4), donde las condiciones hidráulicas aún son más extremas. Corroborando a estos resultados están los registros del año 2002 de altos valores de precipitaciones para esta temporada en la estación meteorológica del glaciar de Zongo de la Cordillera Real (Soruco *et al.* 2003). Después de esta perturbación, en la época seca (mes de julio) se observa un incremento de la densidad de las poblaciones estudiadas, especialmente la población de la especie *A. peruvianus* y en menor grado *M. irarrazavalli*, como también en esta época fue la única vez que se registro especímenes de la familia Hydroptilidae (Trichoptera). Para las siguientes temporadas, en los meses de septiembre y diciembre, las densidades nuevamente tienden a disminuir, cuando empieza la temporada de precipitaciones. Este comportamiento de perturbación temporal sobre la estructura de las comunidades, ya fue predecido por la hipótesis de la perturbación intermedia, postulado por Connell (1978), que posteriormente fue adaptado a estudios de medios lóticos, por Ward & Standford (1983); Resh *et al.* (1988); Poff (1992) y Townsend *et al.* (1997). Estos autores sostienen que después de eventos de perturbación de frecuencia e intensidad intermedia, los hábitat son colonizados por diferentes especies competidoras inferiores, -que en este caso podría corresponder a las especie de Hydroptilidae que fueron hallados en la época seca- traducido en un incremento de la riqueza de especies, como también la abundancia de las especies, sobre todo del la especie competidora superior (aquella especie que persiste en el tiempo) (Death & Winterbourn 1995), como las especies de *A. peruvianus*, *M. irarrazavalli*, *C. trigrina*, fueron encontradas en todas las temporadas y sitios de estudio en el río Choquecota.

Al mismo tiempo, los rasgos biológicos que presentan las poblaciones de invertebrados acuáticos, les confiere cierta resistencia y resiliencia en sus hábitat frente a eventos de perturbación (Townsend & Hildrew 1994), lo cual condiciona la sobrevivencia y su posterior persistencia de las especies. Como se pudo describir anteriormente las poblaciones de *A. peruvianus* persisten sus poblaciones en el tiempo y espacio, pero para la época húmeda (febrero) disminuyen en densidad, sobre todo para el sitio 2, lugar donde incrementa la densidad de la especie depredadora *C. rubemarinii*, y por medio del análisis de contenidos estomacal se ha llegado a constatar la ingestión de pequeños especímenes de la especie de *A. peruvianus*. La especie *A. peruvianus* esta caracterizada por un tamaño pequeño, la forma de su cuerpo se asemeja a un torpedo lo cual le posibilita evitar la resistencia al flujo de la corriente del agua y poseen alta movilidad de nado, además por el estudio de su características alimenticias (herbívoro-fragmentador), parece que esta especie muestra cierta dependencia de la materia orgánica fragmentada, porque en la época húmeda (febrero) sus densidad es mayor para el sitio 1, lugar donde abunda la materia orgánica por el desarrollo de bofedales de altura y río abajo se observo el incremento del volumen de agua y como consecuencia los componentes químicos mostraron cierta dilución, por lo tanto también la provisión alimento. Esto sugiere que esta población se comporta como una célula de dispersión frente a los eventos de perturbación, comportamiento precedido por el concepto de los parches dinámicos postulados por Townsend & Hildrew (1994).

En relación a *M. irarrazavalli*, también la forma de su cuerpo muestra rasgos hidrodinámicos, (cuerpo aplanada dorsoventralmente), pero no son tan buenos nadadores como los individuos de la especie *A. peruvianus*, aunque de manera general muestran similar comportamiento de distribución, es decir con cierta preferencia a los sitios 2 y 3 donde muestra altas densidades en las temporadas, como también las población de *C. tigrina*. Pero para el mes de julio, donde las condiciones hidráulicas son relativamente más estables, la población *M. irarrazavalli*, muestra una densidad inferior respecto a la población de *C. tigrina* específicamente en los sitios (2 y 3), y esta última especie de acuerdo a sus características morfológicas alimenticias funcionales es un raspador, pero al mismo tiempo se comporta como depredador de acuerdo a la disponibilidad de

alimento. Posiblemente este tipo de interacción depredador-presa, explique este comportamiento espacio temporal de estas poblaciones, ya que estos ordenes EPT son más abundantes respecto a otras taxas de invertebrados acuáticos en el río Choquecota y en la región de la cordillera Wasson & Marín (1988).

La población de *A. nordenskiöldi*, muestra cierta preferencia al sitio 1, porque fueron encontrados en todas las temporadas solo en este lugar y eventualmente fueron encontrados pocos especímenes de esta especie en el sitio 2 para la temporada del mes de febrero, posiblemente se deba a los efectos de deriva estacional por las condiciones hidráulicas que caracterizan esta época. El sitio 1 esta caracterizado principalmente por el desarrollo de bofedales de altura, que condiciona un cierto tipo de vegetación semiacuática, las aguas poseen baja corriente, muestran elevadas concentraciones de oxígeno (saturado) y aniones de bicarbonato, corroborado por un pH ligeramente ácido, lo que mostraría una relativa descomposición del medio ("contaminación orgánica"). Jacobsen (1998), hace una extensa discusión al respecto: pese a que existen elevadas concentraciones de oxígeno en el agua de las cabeceras de los ríos de montaña de la región Neotropical, dadas principalmente por la baja temperatura e intercambio con la atmósfera (turbulencia), pero la disponibilidad de oxígeno hacia los invertebrados acuáticos no muestra las mejores condiciones, ya que la contaminación orgánica reduce los niveles de oxígeno y además por la turbulencia de las aguas, la sedimentación del oxígeno es baja. Esto podría explicar de cierta manera el desarrollo del rasgo de grandes traquelobranquias en la especie *A. nordenskiöldi* y su preferencia al sitio 1 y es tipo de adaptación fisiológica y morfológica, y preferencia de hábitat, también fue observado por Jacobsen (2000), en Trichopteros del mismo género en los ríos de montaña del Ecuador.

8.5 Estructura poblacional.

Según investigaciones y revisiones de algunos autores, mencionan que las medidas morfológicas como el tamaño del ancho de la cabeza, es un buen parámetro para poder discriminar diferentes etapas de desarrollo: Brittain (1982) para las

poblaciones de ephemeropteros, Wichard *et al.* (2002) para plecopteros y Richard *et al.* (1981); Komzak & Standford (1981); Tsuruishi (2003) y Beam & Wiggins (1987) para trichopteros.

En los resultados mostrados en las gráficas que relacionan el ancho de la cabeza y el largo de las pterotecas en el caso de las especies de *A. peruvianus*, *M. irarrazavalli* y *C. tigrina*, solo se puede diferenciar un solo grupo aislado casi al finalizar la nube de puntos de tendencia (últimas etapas de crecimiento), por el desarrollo acelerado en el desarrollo de las pterotecas antes de emerger hacia fuera del agua, porque el tamaño de la cabeza permanece relativamente constante. Pero para la especie *A. peruvianus* se llegó a observar claramente dos grupos de tendencia de puntos de medidas, que posiblemente correspondan a una diferenciación a nivel de sexos –dimorfismos sexual- porque las identificaciones taxonómicas en ninfas y en escasos adultos solo constataron a una sola especie *A. peruvianus*, como también estudios realizados en ninfas de esta especie por Berner (1980), sus resultados revelan la dominancia de machos en una generación y postula que posiblemente los individuos de esta especie se reproduzcan partenogénicamente, lo cual podría posibilitar la diferencia en tamaños entre individuos reproducidos sexualmente y partenogénicamente, pero al mismo tiempo no se debe descartar la idea que estos especímenes correspondan a dos especies, que en estado ninfal solo muestre diferencias en tamaños de estructuras morfológicas. Para este tipo de cuestiones, es ideal el uso de técnicas genéticas para poder discriminar sexos o especies.

En general, todas los histogramas sobre la estructura poblacional de las especies estudiadas, no muestran las típicas gráficas demográficas de poblaciones: caracterizadas por altas densidades en los estadios juveniles (elevada natalidad) y descenso en densidad en estadios avanzados (elevada mortalidad) (Krebs 1985), y la densidad de las poblaciones esta sujeta a variaciones de emigrantes e inmigrantes de las especies, que según Death & Winterbourn (1995), en las poblaciones de invertebrados acuáticos esta variación está controlada por factores de exclusión competitiva de las especies competidoras superiores y la capacidad de colonización de otras. El patrón de la estructura poblacional de las especies estudiadas, probablemente sea explicado por el

tipo de muestreo de invertebrados acuáticos efectuado (Kick-samplig), que únicamente llega a colecta la fauna superficial de los ríos y no así los intersticios (Molina-Arzabe *et al.* 2004), ya que las larvas recién emergidas aparentemente desarrollan sus primeros estadios en ambientes hiporreicos protegidos de la depredación (Domínguez *et al.* 2001), pero para la especie *C. rubemarini* en el sitio 2 su estructura poblacional muestra altas densidades para las tallas en sus primeras etapas de crecimiento, lugar donde esta especie ha mostrado preferencia al mostrar alto número de individuos. Pero al mismo tiempo surgen la inquietud: el muestreo de invertebrados fue realizado en el centro del cauce del río por sitio de estudio, posiblemente las especies adultas voladoras tenga cierta preferencia de ovoposición a las orillas del río, lugar donde la corriente del agua no es tan fuerte y posibilite un mejor desarrollo de larvas y ninfas de los primeros estadios.

El decrecimiento típico en densidad de los tamaños de crecimiento avanzado, mostradas en las figuras de histogramas sobre la estructura poblacional de las especies, en general podrían estar explicados por procesos de interacción intra-e-inter específica de las especies, determinadas principalmente por competencia de recursos, depredación y parasitismo, como también características anatómicas de malformaciones en el desarrollo. La competencia podría haberse manifestado en aquellas especies que comparten un mismo rasgo funcional alimenticio, como las especies raspadoras de *A. nordenskioeldi* y *C. tigrina*, además esta última se comporta como depredadora, compartiendo este rasgo con individuos de la especie *C. rubemarini*. La interacción parásito hospedero, fue observada en algunos individuos de la especie *A. peruvianus*, que mostraron endoparásitos de larvas de la familia Chiromomidae (dípteros), adheridos por la región bucal al extremo anterior lateral de las pterotecas de *A. peruvianus*, lo cual imposibilitaba un correcto desarrollo de las alas. Malformaciones se pudo evidenciar en pocos individuos de la especie *A. peruvianus*, mientras eran efectuadas las medidas del ancho de la cabeza, se pudieron observar solo el desarrollo de un solo ojo compuesto, pudiendo mostrar un comportamiento no efectivo; en la búsqueda de su alimento y escape de sus depredadores.

Los histogramas del ancho de la cabeza, con número de aproximadamente 15 barras para la población *A. peruvianus*, 22 para *M. irarrazavalli* y 14 para *C. tigrina*., posiblemente este número correspondan a instares, pero que no son constantes en todas las temporadas y sitios. Sobre este punto Brittain (1982), sostiene que las poblaciones de ephemeropteros pueden mostrar un número elevado de instares (de 15 hasta 25), pero no son constantes porque dependen de las condiciones ambientales y de alimentación. Para las poblaciones de plecoterios Wichard *et al.* (2002), menciona que las especies de tamaño grande pueden tener como máximo 20 instares, pero que también no son constantes y están influenciadas por las variaciones ambientales.

Según Wiggins (1974, 1978, 1996) y Mc Gavin (2001), mencionan que la mayoría de las especies de tricópteros muestran 5 instares y muy pocas tienen de 7 a 13. En el caso de las poblaciones *A. nordenskiöldi* y *C. rubemarini*., los resultados muestran la diferenciación de 5 etapas de crecimiento presentes en todas las temporadas y sitios encontrados. Los histogramas de estas poblaciones, muestran mayor número de individuos para el segundo estadio de crecimiento, tanto para temporadas como sitios muestreados y no se llegó a evidenciar sincronización de estos estadios de crecimiento con la temporada, como es el caso de muchas especies de tricópteros de la región templada (Jones 1974); (Komzak & Standford 1981); (Wiggins 1996) y (Beam & Wiggins 1987).

Esta reconocido que la temperatura del agua juega un rol importante en el crecimiento y distribución de insectos acuáticos (Hawkins *et al.* 1997). El comportamiento de medidas del tamaño de la cabeza en las temporadas de muestreo (considerando la relación proporcional del tamaño de la cabeza respecto al tamaño del cuerpo), las poblaciones; *A. nordenskiöldi*, *C. rubemarini* y *C. tigrina*., para el mes de julio muestran tallas pequeñas (temporada fría), pero para septiembre (inicio de la temporada cálida) llegan a ser más grandes y en diciembre nuevamente tienen a disminuir de tamaño, en cambio las poblaciones de las dos especies de ephemeropteros; *A. peruvianus* y *M. irarrazavalli*, en el mes de julio empiezan a diferenciarse hasta

alcanzar máximos tamaños en el mes de diciembre. Este comportamiento podría ser explicado por la evolución de la temperatura diaria para los meses estudiado, donde las temperaturas bajas del agua corresponde sobre todo al mes julio, que la vez muestran amplia variación entre los valores inferiores a horas de la mañana (1°C a 8:00 hrs.) y los valores superior restringido a horas de la tarde ($9,2^{\circ}\text{C}$ a 16:00 hrs.), y para el mes de septiembre tiende a incrementar hasta registrarse los valores altos en diciembre, con menor variación respecto a los valores en horas de la mañana y de la tarde (11°C a 11:05 Hrs. y 15°C a 16:30 hrs.). Este similar comportamiento sobre los regimenes térmicos en ríos de la cordillera fueron observados por Wasson *et al.* (1989), donde las temperaturas diarias para el río Hichu-Khota, presentan una mayor amplitud térmica en días muy soleados al finalizar la época seca (meses de julio y agosto) e inicios de la húmeda (meses de septiembre y octubre) con una máxima de 12.2°C .- desarrollo de plecopteros y tricopteros-, pero para noviembre se da una fuerte inversión de la temperatura por debajo de la media (3°C), temporada caracterizada por la elevada nubosidad en la cordillera, pero al mismo tiempo para el mes de diciembre tiende recuperar la temperatura por encima de esta media –desarrollo de ephemeropteros-.

Los individuos de las poblaciones de *A. peruvianus*, *M. irarrazavalli* y *C. tigrina* que están presentes en todos los sitios y temporadas de estudio, respecto al comportamiento del tamaño de la cabeza en relación a los sitios estudiados, en general tienden a ser más grandes en los sitios interiores 3 y 4, este comportamiento también podría ser explicado por el leve incremento de la temperatura cuando disminuye la altura, y según los mismos estudios sobre los regímenes térmicos de la cordillera por Wasson *et al.* (1989), asevera que existe una diferencia de 1.5° por una diferencia de altura de 500m. Para el río Choquecota, aunque los sitios de estudio muestran poca diferencia de alturas (787m entre sitios 1 y 4), pero existe diferencia térmicas aunque es mínima.

Algunos estudios de Jackson & Fisher (1986), Wallace & Anderson (1995), demuestran que la inestabilidad del medio esta caracterizada como “stop” de emergencia de insectos acuáticos. En el río Choquecota, la primera campaña de muestreo realizada corresponde en el mes de febrero (temporada húmeda), donde los factores hidráulicos

(velocidad y caudal) están caracterizados con valores elevados respecto a las demás temporadas estudiadas y posiblemente como consecuencia de hallaron escaso número de adultos voladores.

Según estudios efectuados por Wolf *et al.* (1989), en ríos de tres diferentes pisos altitudinales en Antioquia Colombia, demuestra que la emergencia de familias de Trichopteros y Dipteros se da todo el año y los Ephemeropteros y Plecopteros en ciertas temporadas. Para este estudio, los escasos adultos que fueron colectados estuvieron restringidos a la temporada seca (julio) e inicios de la húmeda (septiembre y diciembre), los cuales fueron hallados entre las piedras grandes y la vegetación vecina al río, porque las trampa de luz blanca y negra instaladas cercana al río principal no capturaron ejemplar alguno de los respectivos ordenes de interés. Algunos especímenes adultos de la especie *C. rubemarini* también fueron reportados en otro ríos de la cordillera, como el río Kullu-Kachi para el mes de abril de 2003 por Molina-Arzabe & Gibon (*en prep.*), en septiembre de 2003 en el río Zongo y enero de 2004 para el río Turco por Gibon (*com. pers.*), además se pueden encontrar especímenes de la especie *M. irarrazavalli* y *C. tigrina* en el primeros días del mes de abril del presente año, en pequeños riachuelos del mismos glaciar Mururata.

Al parecer la emergencia de adultos de las especies estudiadas es constante a lo largo del año en los ríos de montaña de clima tropical, pero creo que la emergencia esta influenciada bajo la estabilidad de las condiciones ambientales del agua y el comportamiento del leve incremento de la temperatura lo largo del día, pero una elevada emergencias y ovoposición se esperaría en la temporada seca e inicios de la húmeda. Corroborando a esto resultados, están los estudios sobre la comunidad de Trichoptera en ríos de primer orden del Brasil por Huamantico & Nessimain (2000), donde muestran que los últimos instares y la emergencia dominan en la temporada de la “primavera” (finalización de la época seca e inicios de la húmeda).

Los resultados que se obtuvieron en este trabajo de las comunidades de EPT para un río frío de montaña de la región tropical, respaldan la caracterización del ciclo de

vida no estacional tipificadas para la región tropical por Hynes (1970), para insectos con estadio acuático, que presentan varios instares en el mismo tiempo (sobreposición de generaciones), lo cual se traduce como muchos ciclos de vida y emergencias en un mismo año, pero al mismo tiempo surge la pregunta de este trabajo, es de saber el número de cuantos ciclos de vida presenta en un año y el tiempo aproximado de duración de un ciclo de vida para las especies estudiadas. Para poder responder a esta pregunta, se podría sugerir estudios de cría de huevos y observar el desarrollo hasta adultos en laboratorio, como estudios efectuados para Trichopteros por Tsuruishi (2003) y en mejor de los casos, se podrían aislar completamente pequeños segmentos de un río, únicamente permitiendo el flujo de la corriente de agua y de esta manera a parte de observar el ciclo de vida de las especies, se podía también observar el comportamiento de ovoposición e interacciones de las especies.

9. CONCLUSIONES.

La calidad de las aguas del río de Choquecota, reflejan la naturaleza geológica típica de los ríos ubicados en la región de la cordillera, caracterizadas por una baja conductividad, un pH ligeramente ácido llegando a alcanzar la neutralidad en algunos casos (época húmeda), como también baja concentración de cationes y aniones.

Los sulfatos, bicarbonatos y el calcio están presente en mayor concentración que los demás compuestos químicos mayoritarios (cloruros, magnesio, sodio y potasio).

Para la época seca en general, los componentes químicos determinados han mostrado mayores valores en concentración, pero a la vez varían entre sitios, lo cual refleja una sensibilidad a los aportes de tributarios y perturbaciones antrópicas puntuales, como: la influencia de excreciones de ganado camélido y ovino.

El río Choquecota presenta baja riqueza de especies de los ordenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, pero los pocos grupos taxonómicos que existen son abundantes, sobre todo condicionados a la temporada seca.

En general las variaciones de distribución y abundancia de las poblaciones de EPT en el río Choquecota, está condicionada bajo el efecto perturbador hidráulico, a causa del régimen de precipitaciones de la región de la Cordillera Real, como consecuencia algunas poblaciones desaparecen eventualmente, como la familia Hydroptilidae y las demás especies persisten pero disminuyen en densidad.

Mediante la realización de este estudio, posibilito la descripción de una nueva especie: *Cailloma rubemarini*, perteneciente al orden Trichoptera y familia Hydrobiosidae.

Las especies *A. peruvianus* y *M. irarrazavalli*, muestran rasgos hidrodinámicos en la forma del cuerpo, además con rasgos herbívoros; la primera con hábito alimenticio fragmentados y la otra colectora. Estas características posiblemente contribuyan a que sus poblaciones persistan en abundancia en el tiempo y en el espacio en el río Choquecota.

La población de especies *A. nordenskioeldi.*, muestra preferencia a las condiciones ambientales que le ofrece el sitio 1, por medio del desarrollo de rasgos, como; baja movilidad, desarrollo de grandes traquelobranquias y hábito alimenticio fragmentados.

Las poblaciones de depredadores eventuales (*C. tigrina*) y estrictos (*C. rubemarini*), además de no ser buenos nadadores, sus poblaciones se comportan como especies oportunistas, porque fluctúan de acuerdo a la estabilidad del medio y el la provisión de recurso de alimentos.

La comunidad de trichopteros muestra 5 etapas de crecimiento diferenciables a lo largo del año. Mientras que las poblaciones de *A. peruvianus*, *M. irarrazavalli* y *C. tigrina* no muestran un patrón claro de diferenciación.

El desarrollo del tamaño del cuerpo de las poblaciones estudiadas, muestran cierta relación con el incremento de la temperatura temporal y espacial.

La sobreposición de los diferentes tamaños de crecimiento entre los sitios y temporadas estudiadas, muestran que estas poblaciones están caracterizadas por muchos ciclos de vida en un año (especies multivoltinas).

Las comunidades de insectos acuáticos estudiados, presentan una estrategia de vida no sincronizada entre la etapa de desarrollo y la evolución temporal en el año, por lo cual la emergencia de adultos sea probablemente constante a lo largo del año y una mayor emergencia y crecimiento en tamaño, está condicionada a la estabilidad de las condiciones ambientales del agua y el incremento de la temperatura lo largo del día.

Este estudio contribuye principalmente con conocimientos de sistemática, características biológicas y ecológicas de las especies de los ordenes EPT, que pueden ser aplicados en estudios de bioindicación para la evaluación de la calidad de aguas corrientes de la región altoandina.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abel, P.D. 1989. Water pollution biology. Ellis Horwood. Chichester, UK. 71p.
- ADE-4. 2001. v. 2001. Ecological data analysis. CNRS. Lyon.
- Alba-Tercedor, J., & Sánchez-Ortega, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*. 4: 51-56.
- Angelier, E. 2000. *Écologie des eaux courantes*. Librairie Tec & Doc. París. 2 p.
- Angrisamo, E.B., & Korob, P.G. 2001. Trichoptera. pp. 55-92. En: Fernández, H. R., & Domínguez, E.(eds.): *Trichoptera*. Universidad de Tucumán.
- Arens, W. 1980. Comparative functional morphology of the mouthparts of stream animal feeding on epilithic algae. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 83: 253-354.
- Apaza, R., 1991. Influencia sobre la fauna béntica de la contaminación por efluentes mineros en un complejo fluvio-lacustre altoandino. Tesis de licenciatura. Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. 121p.

Baudoin, M., & Pacheco, L. 1991. Reptiles. pp. 421-452. En: Forno, E., & Baudoin, M.(eds.): Reptiles. Instituto de Ecología - UMSA. La Paz, Bolivia.

Bean, B.D., & Wiggins, G.B. 1987. A comparative study of biology of five species of *Neophylax* (Trichoptera: Limnephilidae) in southern Ontario. Canadian Journal of Zoology. 65: 1741-1754.

Beck, S., & García, E. 1991. Flora y vegetación de los diferentes pisos altitudinales. pp. 65-79. En: Forno, E., & Baudoin, M.(eds.): Flora y vegetación de los diferentes pisos altitudinales. Instituto de Ecología - UMSA. La Paz, Bolivia.

Benedetto, L. 1974. Clave para la identificación de Plecopteros Sudamericanos. Studies on the Neotropical Fauna. 9: 141-170.

Berner, L. 1980. Ephemeroptera nymphs. Proceeding of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 132: 176-217.

Brittain, J.E. 1982. Biology of mayflies. Ann. Rev. Entomol. 27: 119-147.

Brittain, J.E., & Milner, A. M. 2001. Ecology of glacier-fed rivers: current status and concepts. Freshwater Biology. 46: 1571-1578.

Cairns, J., & Pratt, J. 1993. A history of biology monitoring using benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D. M., & Resh, V.H.(eds.): A history of biology monitoring using benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall. New York. 10-27.

Carrera, P.B., & Gunkel, G. 2003. Ecology of a high Andean, río Itambi, Otavalo, Ecuador. Limnológica. 33: 29-43.

Connell, J. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science. 199: 1302-1308.

Covich, A.P. 1988. Geographical and historical comparisons of neotropical streams: biotic diversity and detrital processing in highly variable habitats. Journal North American Benthological Society. 7(4): 361-386.

Cummins, K.W., & Wilzbach, M. A. 1985. Field procedures for analysis of functional feeding group of macroinvertebrates. Third editions. Appalachian Environmental Laboratory, University of Maryland. Frostburg, Maryland. 1-17.

Cummins, K.W., & Merritt, R. W. 1996. Ecology and distribution of aquatic insects. pp. 78 - 82. In: Merritt, R. W., & Cummins, K.W.(eds.): Ecology and distribution of aquatic insects. Kendall/Hunt Publishing. Dubuque.

- Death, R.G., & Winterbourn, M.J. 1995. Diversity patterns in stream benthic invertebrate community: the influence of habitat stability. *Ecology*. 5: 1446-1460.
- Dejoux, C. 1988. Panorama de la fauna béntica de las aguas del altiplano boliviano. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. XLVIII: 97-112.
- Domínguez, E., & Ballesteros, J. M. 1992. Altitudinal replacement of Ephemeroptera in a subtropical river. *Hidrobiologia*. 246: 83-88.
- Domínguez, E., Hubbard, D.M. & Pescador, M.L. 1994. Fauna de agua dulce de la República de Argentina. Profadu (conicet). La Plata. 52 p.
- Domínguez, E., Hubbard, D.M., Pescador, M.L. & Molineri, C. 2001. Ephemeroptera. pp. 17-54. En: Fernández, H. R., & Domínguez, E.(eds.): Ephemeroptera. Universidad de Tucumán. Tucumán.
- Estenssoro, S. 1991. Los bofedales de la cuenca alta del valle de La Paz. pp.109-144. En: Forno, E., & Baudoin, M.(eds.): Los bofedales de la cuenca alta del valle de La Paz. Instituto de Ecología - UMSA. La Paz, Bolivia.
- Feinsinger, P. 2001. Designing field studies for biodiversity conservation. Island press. Washington. pp 138-140.
- Figuerola, R., Valdovinos, Cl., Araya, E. & Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bénticos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 76: 275-285.
- Flecker, A.F., Br. 1994. Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. *Freshwater Biology*. 31: 131-142.
- Flint, O.S. 1982. Studies of Neotropical caddisflies, XXX: larvae of the Genera of south american Limnephilidae (Trichoptera). *Smithsonian Contribution to Zoology*. 355.
- Fossati, O., Wasson, J.-G., Hénry, C., Salinas, G. & Marín, R. 2001. Impact of sediment releases on water chemistry and macroinvertebrates in clear water Andean streams (Bolivia). *Hydrobiological*. 1: 33-55.
- Fossati, O., Dumas, P., Archaimbault, V., Rocabado, G., Fernández, H., Wasson, J.G. & Usseglio-Polatera, P. 2003. Rasgos de vida: uso para los invertebrados acuáticos neotropicales. Conferencia sobre la bioindicación en Europa y Francia. Instituto de Ecología, La Paz.
- Francou, B., Ribstein, P., Saravia, R. & Tiriau, E. 1995. Monthly balance and water discharge of an inter-tropical: Zongo Glacial, Cordillera Real, Bolivia, 16° S. *Journal of Glaciology*. 41: 61-67.

Franken, M., & Sivila, R. 1992. Estudio limnológico de los ríos del valle de La Paz en relación a su calidad de agua. *Ecología en Bolivia*. 19: 97-132.

Franken, M., & Marín, R. 1992. Influencia de una fábrica de estuco sobre un ecosistema acuático en la ciudad de La Paz. *Ecología en Bolivia*. 19: 73-96.

Gallaire, R., Pouyard, B., Ribstein, P., Caballero, Y. & Baldivieso, H. 2000. S.O.I. y variabilidad de los regímenes hidroluviométricos de los valles altoandinos de Bolivia. pp. 50-55. En: Argollo, J., & Miranda, G.(eds.): S.O.I. y variabilidad de los regímenes hidroluviométricos de los valles altoandinos de Bolivia. Academia Nacional de Ciencias. La Paz.

Gordon, N., McNahon, Th. & Finlayson, Br. 1992. *Stream Hydrology*. John Wiley & Sons. Chichester. 14 p.

Guyot, J.L. 1986. Evolución en el espacio y tiempo de las concentraciones de materia en solución y en suspensión, de las aguas de la cuenca Amazónica de Bolivia. pp. 48-53. En: Dejoux, C.(ed.): Evolución en el espacio y tiempo de las concentraciones de materia en solución y en suspensión, de las aguas de la cuenca Amazónica de Bolivia. Embajada de Francia, Ministerio de Planeamiento, Academia Nacional de Ciencias. La Paz - Bolivia.

Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.R. & Black, W. C. 1999. *Análisis multivariable*. Quinta edición. Prentice Hall. Madrid. 9 -10, 40, 80-99.

Hawkins, C. P., Hogue, J. N., Fecker, L. M. & Feminella, J.W. 1997. Channel morphology, water temperatura and assemblage structure of stream insects. *Journal North American Benthological Society*. 16(4): 728-749

Hawkins, C., & Sedell, J. 1981. Longitudinal and seasonal changes in funcional organization of macroinvertebrates communities in four Oregon streams. *Ecology*. 62: 387-397.

Huamantínco, A.A., & Nessimian, J.L. 2000. Variation and life strategies of Trichoptera (Insecta) larvae community in a first order tributary of the Paraque river, Southeastern Brasil. *Rev. Brasil. Biol.* 60 (1): 73-82.

Hynes, H.B.N. 1970. *The ecology of running waters*. Univ. Toronto Press. Toronto. 555p.

IDRISI. 1996. v. 32. *Geography information system*. Microsoft.

I.G.M. 1955. *Glaciar Mururata, La Paz. Fotografías aéreas pancromáticas, escala 1: 50 000*. Primera edición. Instituto Geográfico Militar. Número 80 y 81.

I.G.M. 1974. Palca, La Paz. Mapa topográfico, escala 1: 50 000. Primera edición. Instituto Geográfico Militar. Número 6044 III.

I.G.M. 1985. Chojlla, La Paz. Mapa topográfico, escala 1: 50 000. Segunda edición. Instituto Geográfico Militar. Número 6044 V.

Illies, J. 1968. Biogeography and ecology of neotropical freshwater insects, especially those from running water. pp. 685-708. In: Fittkau, E., Illies, J., Klinge, H., Schwabe, G. & Sioli, H.(eds.): Biogeography and ecology of neotropical freshwater insects, especially those from running water. The Hague: Jange, W.

Iltis, A. 1988. Datos sobre las lagunas de altura de la región de La Paz. Convenio UMSA-ORSTON. 14.

Jackson, J., & Fisher, S. 1986. Secondary production, emergence, and export of aquatic insects of a sonoran desert stream. *Ecology*. 67: 629-638.

Jacobsen, D., Schultz, R. & Escalada, A. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblage: the influence of temperature with altitude an latitude. *Freshwater Biology*. 38: 247-261.

Jacobsen, D. 1998. The effect of organic pollution the macroinvertebrate fauna of Ecuatorian highland satreams. *Hidrobiology*. 2: 179-195.

Jacobsen, D. 2000. Gill size of trichopteran larvae and oxigen supply in streams along a 4000-m gradient of altitude. *Journal North American Benthological Society*. 19(2): 329-343.

Jones, N.V. 1974. The Trichoptera of the stony shore of lake with particular reference to *Tinodes waeneri* (L) (Psychomyiidae). *Proc. of the Firts Int. Symp. on Trichoptera*. 117-130.

Kellerhals, S.R., & Bray, D.I. 1971. Sampling procedures for coarse fluvial sediments. *Proc. Am. Soc. Civil Enginners-I. Hydraulics Division*. 8: 1165-1180.

Komzák, P., & Sedlák, E. 2002. The life cycle of *Sericostoma flavicorne* Scheneider, 1845 (Trichoptera: Sericosmatidae). *Proc. 10th Int. Symp. Trichoptera - Nova Suppl. Ent., Keltern*. 15: 425-434.

Krebs, C.J. 1985. *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*. Harla S.A. Segunda edición. p 148.

Lorini, J. 1991. Clima. pp. 26-46. En: Forno, E., & Baudoin, M.(eds.): *Historia natural de un valle de los Andes: La Paz*. Instituto de Ecología - UMSA. La Paz, Bolivia.

- Maiolini, B., & Lencioni, V. 2001. Longitudinal distribution of macroinvertebrates assemblages in a glacially influenced stream system in the Italian Alps. *Freshwater Biology*. 46: 1625-1639.
- Malavoi, J.R., & Souchon, Y. 1989. Methodologie de description et quantification des variables morphodynamiques d' un cours d' eau a fond caillouteux. *Reveu de Géographie de Lyon*. 64: 252-259.
- Marín, R. 1989. Elementos para la tipología de los ríos de altura de la región de La Paz: características biológicas y potencialidades piscícolas. Tesis de licenciatura. Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. 13-18, 43-50 pp.
- Martin, M., Martin, J.S., Kukor, J.J. & Merritt, R.W. 1980. The digestion of protein and carbohydrate by stream detritivore. *Tipula abdominalis* (Diptera, Tupulidae). *Oecologia*. 46: 360-364.
- McGavin, G.C. 2001. *Essential entomology*. Oxford University Press Inc. New York. 71p.
- McLellan, I.D. 1993. Antartoperlinae (Insecta: Plecoptera). *Fauna of New Zealand*. 27: 70p.
- Mendoza, J., & Francou, B. 2000. Chacaltaya, evolución de un pequeño glaciar de los Andes de Bolivia. pp. 44-49. En: Argollo, J., & Miranda, G.(eds.): Chacaltaya, evolución de un pequeño glaciar de los Andes de Bolivia. Academia Nacional de Ciencias. La Paz - Bolivia.
- Mercado, R. 1969. Estudio geológico de la región de Palca, Bolsa Negra, Yanacaqui y Puente Villa. Tesis de licenciatura. Carrera de Geología, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. 6-43.
- Mercado, I., & Millares, J. 1991. Mamíferos. En: Forno, E., & Baudoin, M.(eds.): *Historia natural de un valle de los Andes*. Instituto de Ecología - UMSA. La Paz, Bolivia. 293-345.
- Molina-Arzabe, C., & Gibon, F.M. *en prep.* Description of one new specie of Cailloma from high andes of Bolivian, with particular reference to inmadure stages (Trichoptera: Hydrobiosidae).
- Molina-Arzabe, C., Fossati, O. & Marín, R. 2004. A method for sampling stream macroinvertebrates for bio-indication. Submitted.
- Muñoz-Quesada, F., & Paprocki, H. 2002. Clave de identificación de larvas y adultos de las familias neotropicales de trichoptera. Diplomado de Insectos Acuáticos. Cali-Colombia.

Navarro, G., & Maldonado, M. 2002. Geografía ecológica de Bolivia. Primera edición. Fundación Simón I. Patiño. Cochabamba. 502 - 583.

Pescador, M., Hubbard, M. & Zuniga, M.C. 2001. The status of the taxonomy of the mayfly (Ephemeroptera) fauna de South America. pp. 37-42. In: Domínguez, E.(ed.): The status of the taxonomy of the mayfly (Ephemeroptera) fauna de South America. Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Petersen, R.C., & Cummins, K.W. 1974. Leaf processing in a woodland streams ecosystem. *Freshwater Biology*. 4: 343-368.

Petts, G.E., & Bickerton, M. A. 1994. Influence of water abstraction on the macroinvertebrates community gradient within a glacial system La Borgne d'Arolla, Valais, Switzerland. *Freshwater Biology*. 32: 375-386.

Pinto, J. 1991. Invertebrados acuáticos. p. 536 En: Forno, E., & Baudoin, M.(eds.): Historia natural de un valle de los Andes. Instituto de Ecología - UMSA. La Paz, Bolivia.

Poff, N.L. 1992. Why disturbance can be predictable: a perspective on the definition of disturbance in streams. *Journal of the North American Benthological Society*. 11(1): 86-92.

Resh, V.H., Brown, A.V., Covich, A.P., Gurtz, M.E., Li, H.W., Minshall, G. W., Reice, S.R., Sheldon, A.L., Wallace, J. B. & Wissmar, R. 1988. The role of disturbance in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*. 7: 433 - 455.

Ribera, M. 1991. Aves. pp. 345-420. En: Forno, E., & Baudoin, M.(eds.): Historia natural de un valle de los Andes. Instituto de Ecología - UMSA. La Paz, Bolivia.

Richard, H.F., & Stanford, J. A. 1981. Larval specialization and phenotypic variation in *Arctopsyche grandis* (Trichoptera: Hydrobiosidae). *Ecology*. 3: 645-653.

Rincon, M.E.H. 1999. Estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de los Trichopteros en la cordillera oriental (Colombia). *Insectos de Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. 2: 267-282.

Roche, M.A. (ed). 1986. Distribuciones espacio temporales de los parámetros climatológicos sobre Bolivia. En: Enbajada de Francia, Ministerio de planeamiento, Academia Nacional de Ciencias. La Paz -Bolivia.

Rohde, K. 1992. Latitudinal gradients in species diversity: the search for primary cause. *Oikos*. 65: 514-527.

- Roldán, G. (ed). 1988. Guía para el estudio de invertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Colciencias. Antioquia.
- Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Primera. Universidad de Antioquia. Medellín. pp. 403-419.
- Roldán, G. 2001. Los macroinvertebrados de agua dulce de los andes tropicales. pp. 122-123. En: Primack, R., Rozz, R., Feinsinger, P., Dorzo, R. & Nassardo, F.(eds.): Los macroinvertebrados de agua dulce de los andes tropicales. Fondo de la cultura económica. D.F. Mexico.
- Romero, V.F. 2001. Plecoptera. pp. 93-109. En: Fernández, H. R., & Domínguez, E.(eds.): Plecoptera. Universidad de Tucumán. Tucumán.
- Ronchail, J. 1986. Variaciones climáticas en Bolivia, método y enfoque del estudio. En: Dejoux, C.(ed.): Variaciones climáticas en Bolivia, método y enfoque del estudio. Enbajada de Francia, Ministerio de Planeamiento, Academia Nacional de Ciencias de Bolivia. La Paz - Bolivia. 33.
- Rosenberg, D.M., & Resh, V.H. (ed). 1993. Fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall. London.
- Rosi-Marshall, E., & Wallace, B. 2002. Invertebrate food webs along a stream resource gradient. *Freshwater Biology*. 47: 129-141.
- Ross, H.H., & King, E. W. 1951. A key to the world general of the caddisfly tribe "Hydrobiosini". *Acta Zool. Lill.* 12: 501-508.
- Salinas, G., Marín, R., Henry, C., Fossati, O. & Wasson, J.-G. 1999. Efectos de la materia en suspensión sobre los invertebrados benthicos de los ríos de aguas claras en los Yungas de Bolivia. *Rev. Bol. de Ecol.* 6: 183 -189.
- Southwood, T.R. 1977. Habitat, the templet for ecological strategies. *Journal of Animal Ecology*. 46: 337-365.
- Statzner, B., Bis, Barbara, B., Dolédec, S. & Usseglio, P. 2001a. Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for functional composition of invertebrates communities in European running water. *Basic Appl. Ecol.* 2: 73-85.
- Statzner, B., Hildrew, A.G. & Resh, V.H. 2001b. Species traits and environmental constraints: entomological research and the history of ecological theory. *Annu. Rev. Entomol.* 46: 292- 316.
- Stone, M., & Wallace, B. 1998. Long-term recovery of a mountain stream clear-cut logging: the effects of forest succession on benthic invertebrates community structure. *Freshwater Biology*. 39: 151-169.

- Soruco, A., Rabatel, A., Chazarin, J.P., Gallaire, R., Fuertes, R., Ribstein, P., Wagnon, P., Francou, B. & Valdivieso, H. 2003. Medidas meteorológicas, hidrológicas y glaciológicas sobre el glaciar de Zongo. Institut de Recherche pour Développement - IRD. p. 18.
- Suárez, L. 1967. Estudio geológico de la Cordillera real: Taquesi-Parte Oriental. Tesis de licenciatura. Carrera de Geología, Universidad Mayor de San Andrés - Facultad de Ingeniería geológica. La Paz, Bolivia. 25-75.
- Systat. 1992. v 5.2.1. Systat, Inc. Evanston, IL.
- Tachet, H., Richoux, Ph., Bournaud, M. & Usseglio-Polatera. 2001. Invertébrés d'eau douce. CNRS Editions. Paris. 47-48 p.
- Townsend, C.R. 1989. The patch dynamic of stream community ecology. Journal of the North American Benthological Society. 1: 36-50.
- Townsend, C.R., & Hildrew, A.G. 1994. Species trait in relation to a habitat template for river systems. Freshwater Biology. 31: 265-275.
- Townsend, C.R., Scarsbrook, M.R. & Doledéc, S. 1997. Quantifying disturbance in stream: alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrates species traits and species richness. Journal of the North American Benthological Society. 16(3): 531-544.
- Tsuruishi, T. 2003. Life cycle of a giant carnivorous caddisfly, *Himalopsyche japonica* (Morton) (Trichoptera: Rhyacophilidae), in the mountain streams of Central Japan. Limnology. 4: 11-18.
- Usseglio-Polatera Ph., B.M., Richoux Ph. & Tachet H. 2000a. Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: how to these species trait database? Hidrobiología. 153-162.
- Usseglio-Polatera Ph., B.M., Richoux Ph. & Tachet H. 2000b. Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with traits. Freshwater Biology. 43: 175-205.
- Usseglio-Polatera, P. 2003. Los rasgos bio-ecológicos al análisis funcional de las comunidades de invertebrados de río: Desarrollo actual de las investigaciones en Europa. Conferencia sobre la bioindicación en Europa y Francia. Instituto de Ecología, La Paz.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130-137.

- Wallace, J.B., & Anderson, N. H. 1995. Habitat, life history, and behavioral adaptations of aquatic insects. In: Merritt, R. W., & Cummins, K.W.(eds.): Habitat, life history, and behavioral adaptations of aquatic insects. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. 47-48.
- Ward, J.V., & Stanford, J. A. 1983. The intermediate-disturbance hypothesis: an explanation for biotic diversity patterns in lotic ecosystems. In: Fontaine, T. D., & Bartell, S.M.(eds.): The intermediate-disturbance hypothesis: an explanation for biotic diversity patterns in lotic ecosystems. Ann Arbor Science. Michigan. 347-356.
- Wasson, J.G., & Marín, R. 1988. Tipología y potencialidades biológicas de los ríos de altura en la región de La Paz (Bolivia): Metodologías y primeros resultados. Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle. XLVIII: 97-122.
- Wasson, J.G., Guyot, J.L., Dejoux, C. & Roche, A. 1989. Régimen termico de los ríos de Bolivia. PHICAB: ORSTOM, UMSA, IHH, IIQ, HIDROBIOLOGIA, SENAMI. La Paz -Bolivia. 5-35.
- Wasson, J.G., Marín, R., Guyot, J. & Maridet, L. 1997. Hydro-morphological variability and benthic community structure in five high altitude Andean streams (Bolivia). Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 1169-1173.
- Wasson, J., G. & Barrere, B. 1999. Regionalización de la cuenca amazónica boliviana: las hidro-ecoregiones de la zona andina. Rev. Bol. de Ecol. 6: 111-120.
- Wichard, W., Arens, W. & Eisenbeis, G. 2002. Biological atlas of aquatic insects. Apollo Book. Stenstrup. 18-26.
- Wiggins, G. 1974. Contributions to the systematic of the caddis-fly family Limnephilidae (trichoptera). III: The genus Goereilla. Proc. of the Firts Int. Symp. on Trichoptera. 7-19.
- Wiggins, G. 1978. Larvae of the North American Caddisfly genera (Trichoptera). 1. University of Toronto Press. Toronto Buffalo London. 401.
- Wiggins, G. 1996. Trichoptera. In: Merritt, R. W., & Cummins, K.W.(ed.): Trichoptera. Kendall/Hunt Publishing. Dubuque. 78 - 82.
- Wolf, M., Matthias, U. & Roldán, G. 1989. Estudio del desarrollo de los insectos acuáticos, su emergencia en tres ecosistemas diferentes en el departamento de Antioquia. Actual. Biol. 17(63): 2-27.
- Zamora-Muñoz, C., Sanchez-Ortega, A & Alba-Tercedor, J. 1993. Physico-Chemical factors that determine the distribution of mayflies and stoneflies in a high-mountain stream in Southern Europe (Sierra Nevada, Southern Spain). Aquatic Insects. 15: 11-20.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Fourth edition. Prentice Hall. New Jersey. p 209-210.

Zwick, P. 2000. Phylogenetic system and zoogeography of the Plecoptera. Annu. Rev. Entomol. 45: 709-746.

ANEXOS

ANEXO 1

Rasgos biológicos y ecológicos definidos para macroinvertebrados: por Tachet *et al.* (2000).

BIOLÓGICOS			
Nº	Rasgo	Código de la modalidad	Naturaleza de la modalidad
1	Tamaño máximo (mm)	1	<2,5
		2	2,5 -5
		3	5-10
		4	10-20
		5	20-40
		6	40-80
		7	>80
2	Duración del ciclo de vida	1	<1 año
		2	>1 año
3	Número de generaciones /año	1	<1
		2	1
		3	>1
4	Estado acuático	1	Huevo
		2	Larva
		3	Ninfa
		4	Adulto
5	Reproducción (Sexual o asexual)	1	Ovovivíparo
		2	Huevos aislados, libres
		3	Huevos aislados, pegado
		4	Cópula pegada
		5	Cópula libre
		6	Cópula endofítica
		7	Cópula terrestre
		8	Reproducción asexual
		9	Partenogénesis
6	Dispersión	1	Acuático pasivo
		2	Acuático activo
		3	Aéreo pasivo
		4	Aéreo activo
7	Forma de resistencia	1	Huevo, gémulas, estoblastos
		2	Capullo
		3	Células contra la desecación
		4	Diapausa o dormancia
		5	Ninguno
8	Tipo de alimento	1	Sedimentos finos + microorganismos
		2	Detrito < 1mm
		3	Detrito de vegetación
		4	Microfitas vivas
		5	Macrófitas vivas
		6	Animales muertos
		7	Microinvertebrados vivos
		8	Macroinvertebrados vivos
		9	Vertebrados

9	Hábito alimenticio	1 2 3 4 5 6 7 8	Absorción a través del tegumento Alimentarse de sedimento fino Fragmentador Raspador Filtrador Perforador Predador Parásito
10	Respiración	1 2 3 4 5	Tegumentaria Branquial Plastrón Espiráculos (respiración aérea) Vesículas hidroestáticas
11	Temperatura	1 2 3	Estenotermo: sicrófilo Estenotermo: termófilo. Euritermo

ECOLÓGICOS

Nº	Rasgo	Código de la modalidad	Naturaleza de la modalidad
12	pH	1 2 3 4 5 6	<4 4-4,5 4,5-5 5-5,5 5,5-6 >6
13	Nivel trófico	1 2 3	Oligotrófico Mesotrófico Eutrófico
14	Valor de saprobía	1 2 3 4 5	Xénosaprobio Oligosaprobio Beta mesosaprobio Alfa mesosaprobio Polisaprobio
15	Salinidad	1 2	Agua dulce Agua somera
16	Zonas biogeográficas	1 2 3 4 5	2: Pirineos 4: Alpes 8: Macizo central de Vosges 13a: Tierras bajas (oceánico) 13b: Tierras bajas (mediterránea)
17	Altura	1 2 3	Tierras bajas (<1000m) Nivel montaña (1000-2000m) Nivel alpino (>2000m)
18	Distribución longitudinal	1 2 3 4 5 6 7 8	Crénon Epirhithron Metarhithron Hyporhithron Epipotamon Metapotamon Estuario Fuera de los hidrosistemas fluviales
19	Distribución transversal	1 2	Canal del río Canales secundarios

		3	Posas, tanques, meandros abandonados
		4	Pantanos, turberas
		5	Aguas temporales
		6	Lagos
		7	Hábitat secundarios
0	Microhábitat (preferencia)	1	Piedras, bloques
		2	Grava
		3	Arcilla
		4	Limo
		5	Macrofitas
		6	Microfitas
		7	Ramas / raíces
		8	Detrito orgánico
		9	Fango
1	Modo de locomoción y relación con el sustrato	1	Volador
		2	Nadador superficial
		3	Nadador
		4	Arrastrador
		5	Escavador (epibéntico)
		6	Intersticial (endobéntico)
		7	Adherido temporal
		8	Adherido permanente
2	Corriente (preferencia)	1	Nula
		2	Lenta (<25cm/s)
		3	Mediano (25-50cm/s)
		4	Rápido (>50cm/s)

ANEXO 2.

Protocolo para la determinación de oxígeno en campo, método de la botella Winkler.

El método de Winkler, que posibilita medir la presencia de oxígeno disuelto en el agua, fue introducido en 1888 por L.W. Winkler. El método se basa en la oxidación del hidróxido manganoso, por el oxígeno disuelto en el agua, posibilitando la formación de un compuesto tetravalente acidificando el agua, se libera yodo a partir de la oxidación del yoduro de potasio, el yodo liberado químicamente equivale al oxígeno disuelto en la muestra.

Reactivos:

- $ClMn_2$ (solución)
- KI (solución)
- HCl (concentrado)
- $Na_2S_2O_3$ (solución)
- *Almidón* (solución)

Materiales:

- Frasco Winkler.
- Dos pipetas de 1ml.
- Una pipeta de 2ml
- Un Erlenmeyer
- Bureta.
- Soporte universal

Procedimiento:

Se toma la muestra de agua preferentemente en un balde y con ayuda de una manguera se deposita el agua a un frasco Winkler, teniendo precaución de formar burbujas de oxígeno, hasta que rebalse el agua del frasco Winkler. Luego con ayuda de una pipeta, se añade a la muestra primeramente 1ml de $MnCl_2$ introduciendo la pipeta por debajo del menisco del frasco, secundariamente con otra pipeta de la misma manera se añade 1ml de la solución de KI , inmediatamente se forma un precipitado, y para homogeneizar la muestra se agita el frasco. Posteriormente se tapa el frasco con un tapón esmerilado, introduciendo primeramente el extremo más largo del tapón, para desplazar el aire entrante al orificio del frasco, y se sujeta el tapón más el frasco con un clip.

En laboratorio se destapa el frasco y se añaden 2ml de HCl para disolver el precipitado. Se deja reposar 10 minutos en la oscuridad.

Luego de esperar el tiempo establecido, la muestra contenida el frasco Winkler, se vierte sobre un Erlenmeyer, para proceder a titular con la solución valorada de $Na_2S_2O_3$ (ver valoración Anexo). Se titula gota a gota agitando suavemente, sobre un fondo de color blanco, cuando la muestra empieza a tornarse de una coloración verde – amarillo, se agrega a la muestra 2ml de solución de almidón. Se sigue titulando gota a gota hasta que la muestra haya cambiado a una coloración azul – blanquecina.

CALCULO:

$$mgO_2 / lt = \frac{n \times F \times 80}{V - v}$$

Donde: n = volumen titulado de $Na_2S_2O_3$

F = Factor de Valoración de $Na_2S_2O_3$

V = Volumen exacto del frasco Winkler

v = Volumen de $MnCl_2$ y KI .

ANEXO 3

Escala granulométrica para sustratos de aguas corrientes, según Malavoi (1998).

ELEMENTO	TAMAÑO	CODIGO
Roca	> 1024 mm	R
Bloque	256 – 1024 mm	B
Piedra gruesa	128 – 256 mm	PG
Piedra fina	64 – 128 mm	PF
Cascajo grueso	32 – 64 mm	CG
Cascajo fino	16 – 32 mm	CF
Grava gruesa	8 – 16 mm	GG
Grava fina	2 – 8 mm	GF
Arena	62,5 μ – 2 mm	A
Limo	3,9 – 62,5 μ	L
Arcilla	< 2 μ	AR

