

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**“ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN COMUNITARIA DE  
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS, COMO REFERENTES  
DE LA CALIDAD DEL AGUA - CUENCA SAN ALBERTO,  
OXAPAMPA, PERÚ”**

**Presentada por:**

**GLEYMANG YUBERT JARAMILLO ABAD**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**Lima - Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN COMUNITARIA DE  
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS, COMO REFERENTES  
DE LA CALIDAD DEL AGUA - CUENCA SAN ALBERTO,  
OXAPAMPA, PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**GLEYMANG YUBERT JARAMILLO ABAD**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

-----  
**PRESIDENTE**  
Dr. Victor Meza Contreras

-----  
**ASESOR**  
Mg. Sc. Wilfredo Baldeón Quispe

-----  
**CO-ASESORA**  
Dra. Florencia Andrea Trama

-----  
**MIEMBRO**  
Mg. Sc. Zulema Quinteros Carlos

-----  
**MIEMBRO**  
M. Eng. Maria Cristina Miglio Toledo

## **DEDICATORIA**

A mis abuelos, madre y hermana.

Gracias por ser mis modelos a seguir, superar y además ser parte importante de mi inspiración profesional y personal.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero quiero agradecer a Dios, mis abuelos, madre y hermana –Roberto, Orfelía, Nalda, y Claudia– por su apoyo, guía e inspiración antes, ahora y siempre. A mis familiares y amigos –Yonatan, Beto, Juan Carlos, Fiorella, Alex, Luis, Marcia, Dany, Duber, Yvan, Don Manuel, y Rossana– por su insistencia, ánimos y confianza brindada.

A mi coasesora la Dra. Florencia Trama quien con su experiencia técnico científica me guio y apoyó sustancialmente durante el desarrollo del proyecto de investigación vinculado a los Macroinvertebrados Bentónicos y la cuenca San Alberto. Asimismo, al Dr. Federico Rizo Patrón quien me brindó el apoyo inicial en la ciudad de Oxapampa.

A mi asesor el profesor Mg. Sc. Wilfredo Baldeón Quispe quien fue un gran apoyo y guía en cuanto a las gestiones y revisión técnica durante el desarrollo de la presente investigación en marco de los recursos hídricos.

A los miembros del comité consejero – la Mg. Sc. Zulema Quinteros Carlos, la M. Eng. María Cristina Miglio Toledo y el Dr. Víctor Meza Contreras– cuyas funciones de consejería fueron clave para la mejora del presente documento y la investigación desarrollada.

A Sofía, Odar, Juan Carlos, Marianella, Scarlet y Yina por su apoyo en algunas de las actividades de campo o gabinete (diagnostico preliminar de la cuenca, monitoreos y análisis). A Poliana por la elaboración del mapa de las estaciones de muestreo - cuenca San Alberto.

A la Jefatura del Parque Nacional Yanachaga Chemillen (SERNANP) por haber brindado el acceso y guía inicial sobre las condiciones generales de la parte alta de la cuenca San Alberto. Al Laboratorio de Agua, Suelo, Medio ambiente y Fertirriego - Facultad de Ingeniería Agrícola- por el servicio brindado durante el análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua. A la coordinación de la Maestría en Ciencias Ambientales (UNALM), así como sus profesores, cuyas enseñanzas y apoyo me han servido de gran base profesional.

Por último, no menos importante, quiero agradecer a todas las personas que me ofrecieron su apoyo y guía durante todo este tiempo.

## **ÍNDICE GENERAL**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA (MARCO TEÓRICO) .....</b>	<b>4</b>
2.1.	MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS .....	4
2.2.	CALIDAD DEL AGUA .....	4
2.3.	BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA .....	5
2.4.	INDICES BIOTICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS .....	6
2.4.1.	Índice Biótico de Familias (IBF).....	7
2.4.2.	Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) .....	7
2.4.3.	Índice Biótico Andino (IBA) o Andean Biotic Index (ABI) .....	8
2.5.	COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES .....	9
2.5.1.	Composición y estructura comunitaria - Gremios de MIB .....	13
2.5.2.	Composición y estructura comunitaria - Índices de biodiversidad. ....	16
2.6.	ESTADISTICA .....	20
2.6.1.	Medidas de variación o variabilidad.....	20
2.6.2.	Medidas de asociación .....	21
2.7.	PARAMETROS FISICO QUIMICOS .....	24
2.7.1.	Parámetros fisicoquímicos .....	24
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
3.1.	ÁREA DE ESTUDIO.....	29
3.1.1.	Ubicación del área de estudio .....	29
3.1.2.	Prospección y establecimiento de estaciones de muestreo. ....	29
3.2.	MUESTREO.....	30
3.2.1.	Periodicidad de toma de muestras:.....	30
3.2.2.	Variables y metodología de muestreo. ....	32
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA. ....	33
3.4.	INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS (MATERIALES).....	33
3.5.	PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS. ....	34
3.5.1.	Análisis de muestras:.....	34

3.5.2.	Toma de datos:	34
3.5.3.	Pruebas estadísticas	36
3.5.4.	Biodiversidad	37
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>38</b>
	<b>BIODIVERSIDAD</b>	<b>43</b>
	<b>ESTRUCTURAS GREMIALES</b>	<b>45</b>
	Estructuras gremiales espaciales o en función del hábitat (G.H)	48
	Estructuras gremiales tróficas o alimenticias (G.A)	51
	<b>CALIDAD DE AGUA O CONDICIONES ECOLOGICAS</b>	<b>59</b>
	Condiciones de referencia CERA e índices IHF y QBR	59
	Índices EPT, IBF y ABI	60
	<b>GREMIOS O GRUPOS FUNCIONALES SENSIBLES Y RESISTENTES</b>	<b>66</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>77</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>78</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>79</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación de la calidad del agua según el IBF .....	7
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de la Calidad del Agua según el EPT .....	8
<b>Tabla 3:</b> Clases de estado ecológico según el IBA .....	8
<b>Tabla 4:</b> Términos comúnmente usados en la literatura para referirse a agrupamientos ecológicos de especies.....	10
<b>Tabla 5:</b> Clasificación de grupos ecológicos de especies según Gitay y Noble.....	11
<b>Tabla 6:</b> Clasificación de grupos ecológicos de especies propuesta por Wilson .....	12
<b>Tabla 7:</b> Tabla referencial para medir el grado de asociación. ....	24
<b>Tabla 8:</b> Clasificación de cuerpos de agua en función de la salinidad.....	26
<b>Tabla 9:</b> Nomenclatura y coordenadas UTM de las estaciones de monitoreo .....	30
<b>Tabla 10:</b> Registro de parámetros fisicoquímicos .....	109
<b>Tabla 11:</b> Procesamiento estadístico de la data de los parámetros fisicoquímicos ....	114
<b>Tabla 12:</b> Clasificación sistemática en la cuenca del río San Alberto .....	118
<b>Tabla 13:</b> Registro porcentual (%) y organoléptica de los sustratos de las muestras y sus réplicas .....	120
<b>Tabla 14:</b> Registro de los individuos y taxa MIB en la cuenca del río San Alberto ..	122
<b>Tabla 15:</b> Determinación y recuento de los individuos MIB por zona .....	129
<b>Tabla 16:</b> Determinación y recuento de los individuos MIB por evento de sucesión ecológica.....	130
<b>Tabla 17:</b> Registro de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) y Gremios tróficos o alimenticios (G.A) por taxa.....	132
<b>Tabla 18:</b> Unificación de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) y Gremios tróficos o alimenticios (G.A) por taxa.....	136
<b>Tabla 19:</b> Frecuencia de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) en función de los morfogrupos (o taxa).....	138
<b>Tabla 20:</b> Frecuencia de Gremios tróficos o alimenticios (G.A) en función de los morfogrupos (o taxa).....	138
<b>Tabla 21:</b> Sistematización de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) por zona .....	139
<b>Tabla 22:</b> Sistematización de Gremios tróficos o alimenticios (G.A) por zona.....	139
<b>Tabla 23:</b> Sistematización de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) por evento de sucesión ecológica.....	139
<b>Tabla 24:</b> Sistematización de Gremios tróficos o alimenticios (G.A) por evento de sucesión ecológica.....	139

<b>Tabla 25:</b> Condiciones de referencia – Rios andinos – Proyecto CERA de la cuenca del río San Alberto. Oxapampa – Pasco. 2012 – 2013.....	140
<b>Tabla 26:</b> Índice de Hábitat Fluvial – IHF de la cuenca del río San Alberto. Oxapampa – Pasco. 2012 – 2013.....	141
<b>Tabla 27:</b> Índice de Calidad del Bosque de Ribera QBR de la cuenca del río San Alberto. Oxapampa – Pasco. 2012 – 2013 .....	143
<b>Tabla 28:</b> Índices de calidad de agua vs evaluación de la cuenca (GLOBAL).....	149
<b>Tabla 29:</b> Índices de calidad de agua vs zona de la cuenca (ZONA).....	149
<b>Tabla 30:</b> Índices de calidad de agua vs periodo de muestreo (TIEMPO).....	149
<b>Tabla 31:</b> Índices de calidad de agua vs periodo de muestreo y tipo de muestreo ....	149
<b>Tabla 32:</b> Agrupación de bioindicadores de calidad de agua en función de su sensibilidad/resistencia.....	150
<b>Tabla 33:</b> Gremio o grupo funcional-bioindicador de calidad de agua (sensible o resistente) vs situación espaciotemporal o método de muestreo .....	151
<b>Tabla 34:</b> Gremio o grupo funcional-bioindicador de calidad de agua (sensible o resistente) vs Parámetros fisicoquímicos .....	151
<b>Tabla 35:</b> Análisis de Variación: Gremio o funcional según la Zona de la cuenca ...	153
<b>Tabla 36:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Zona de la cuenca vs Gremio funcional.....	153
<b>Tabla 37:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según el Periodo de muestreo ..	154
<b>Tabla 38:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Periodo de muestreo vs Gremio funcional.....	154
<b>Tabla 39:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	155
<b>Tabla 40:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Evento de sucesión (o fragmentación) vs Gremio funcional.....	155
<b>Tabla 41:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según el Método de muestreo ..	156
<b>Tabla 42:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Método de muestreo vs Gremio funcional.....	156
<b>Tabla 43:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según la temperatura .....	157
<b>Tabla 44:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Temperatura vs Gremio funcional .....	158
<b>Tabla 45:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según el pH .....	158
<b>Tabla 46:</b> Prueba Chi-Cuadrado: pH vs Gremio funcional.....	159
<b>Tabla 47:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según el oxígeno disuelto.....	159
<b>Tabla 48:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Oxígeno disuelto vs Gremio funcional .....	161
<b>Tabla 49:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según la salinidad.....	161
<b>Tabla 50:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Salinidad vs Gremio funcional.....	162
<b>Tabla 51:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según sólidos totales disueltos .	162



<b>Tabla 52:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Sólidos Totales Disueltos vs Gremio funcional....	164
<b>Tabla 53:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según los nitratos .....	164
<b>Tabla 54:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Nitratos vs Gremio funcional.....	165
<b>Tabla 55:</b> Análisis de Variación: Gremio funcional según el potasio.....	165
<b>Tabla 56:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Potasio vs Gremio funcional.....	167
<b>Tabla 57:</b> Frecuencia del Gremio Espacial o de Hábitat.....	167
<b>Tabla 58:</b> Frecuencia del Gremio Trófico o Alimenticio.....	167
<b>Tabla 59:</b> Análisis de Variación: Gremio espacial (o de hábitat) según la zona de la cuenca.....	168
<b>Tabla 60:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Zona de la cuenca vs Gremio espacial (o de hábitat) .....	169
<b>Tabla 61:</b> Análisis de Variación: Gremio trófico (o alimenticio) según la zona de la cuenca.....	169
<b>Tabla 62:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Zona de la cuenca vs Gremio trófico (o alimenticio) .....	170
<b>Tabla 63:</b> Análisis de Variación: Gremio espacial (o de hábitat) según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	170
<b>Tabla 64:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Evento de sucesión (o fragmentación) vs Gremio espacial (o de hábitat).....	171
<b>Tabla 65:</b> Análisis de Variación: Gremio trófico (o alimenticio) según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	172
<b>Tabla 66:</b> Prueba Chi-Cuadrado: Evento de sucesión (o fragmentación) vs Gremio trófico (o alimenticio).....	173
<b>Tabla 67:</b> Resumen Análisis de Variación de los gremios funcionales .....	174
<b>Tabla 68:</b> Resumen Prueba Chi-Cuadrado en función de los gremios funcionales ...	175
<b>Tabla 69:</b> Resumen Análisis de Variación de los Gremios espaciales (o de hábitat)	176
<b>Tabla 70:</b> Resumen Análisis de Variación de los Gremios tróficos (o alimenticios)	177
<b>Tabla 71:</b> Resumen Prueba Chi-Cuadrado en función de los Gremios Espaciales (o de hábitat) y Tróficos (o alimenticios).....	178
<b>Tabla 72:</b> Biodiversidad alfa por zona .....	179
<b>Tabla 73:</b> Biodiversidad beta cualitativa por zona.....	179
<b>Tabla 74:</b> Biodiversidad beta cuantitativa por zona.....	179
<b>Tabla 75:</b> Biodiversidad alfa, beta (cualitativo y cuantitativo) por evento de sucesión ecológica.....	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Conexiones comunes entre el concepto de gremio y otros conceptos, patrones, procesos y características estrechamente asociados .....	10
<b>Figura 2:</b> Diagramación de la estimación de la relación entre los MIB presentes en un cuerpo de agua y la descripción de su tipo de hábitat .....	16
<b>Figura 3:</b> Mapa de la cuenca del río San Alberto.....	29
<b>Figura 4:</b> Mapa de las estaciones de muestreo de la cuenca del río San Alberto. Fuente: elaboración propia.....	31
<b>Figura 5.</b> Proporción de individuos por taxa en la cuenca del río San Alberto.....	40
<b>Figura 6.</b> Conteo de individuos por taxa identificable.....	41
<b>Figura 7.</b> Comparativo de los Coeficientes de variación en relación de los Gremios espaciales o de hábitat.....	56
<b>Figura 8.</b> Comparativo de los Coeficientes de variación en relación de los Gremios tróficos o alimenticios .....	57
<b>Figura 9:</b> Comparativo de los Coeficientes V Cramer en función de los gremios espaciales y tróficos .....	58
<b>Figura 10.</b> Comparativo de los Coeficientes de variación en función de los grupos o gremios funcionales.....	75
<b>Figura 11.</b> Comparativo de los Coeficientes V Cramer en función de los grupos o gremios funcionales.....	76
<b>Figura 12:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según la zona de la cuenca .....	153
<b>Figura 13:</b> Variación del Gremio funcional según la zona de cuenca.....	153
<b>Figura 14:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según el periodo de muestreo .	154
<b>Figura 15:</b> Variación del Gremio funcional según el periodo de muestreo .....	154
<b>Figura 16:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	155
<b>Figura 17:</b> Variación del Gremio funcional según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	155
<b>Figura 18:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según el método de muestreo .	156
<b>Figura 19:</b> Variación del Gremio funcional según el método de muestreo.....	156
<b>Figura 20:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según la temperatura .....	157
<b>Figura 21:</b> Variación del Gremio funcional según la temperatura .....	157
<b>Figura 22:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según el pH.....	158
<b>Figura 23:</b> Variación del Gremio funcional según el pH.....	159
<b>Figura 24:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según el oxígeno disuelto.....	160

<b>Figura 25:</b> Variación del Gremio funcional según el oxígeno disuelto .....	160
<b>Figura 26:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según la salinidad .....	161
<b>Figura 27:</b> Variación del Gremio funcional según la salinidad .....	162
<b>Figura 28:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según sólidos totales disueltos	163
<b>Figura 29:</b> Variación del Gremio funcional según los sólidos totales disueltos .....	163
<b>Figura 30:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según los nitratos.....	164
<b>Figura 31:</b> Variación del Gremio funcional según los nitratos .....	165
<b>Figura 32:</b> Comparativo de los Gremios funcionales según el potasio.....	166
<b>Figura 33:</b> Variación del Gremio funcional según el potasio .....	166
<b>Figura 34:</b> Comparativo del Gremio espacial (o de hábitat) según la zona de la cuenca .....	168
<b>Figura 35:</b> Variación del Gremio espacial (o de hábitat) según la zona de la cuenca	168
<b>Figura 36:</b> Comparativo del Gremio trófico (o alimenticio) según la zona de la cuenca .....	169
<b>Figura 37:</b> Variación del Gremio trófico (o alimenticio) según la zona de la cuenca	170
<b>Figura 38:</b> Comparativo del Gremio espacial (o de hábitat) según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	171
<b>Figura 39:</b> Variación del Gremio espacial (o de hábitat) según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	171
<b>Figura 40:</b> Comparativo del Gremio trófico (o alimenticio) según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	172
<b>Figura 41:</b> Variación del Gremio trófico (o alimenticio) según el evento de sucesión (o fragmentación) .....	172

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Fotografías de la zona de muestreo, recorrido, y puntos referenciales.....	95
<b>ANEXO 2.</b> Fotografías de procedimiento en campo.....	98
<b>ANEXO 3.</b> Fotografías de procedimiento en fase de análisis de muestras y registro fotográfico de las comunidades MIB de la cuenca del río San Alberto. ....	100
<b>ANEXO 4.</b> Registro de parámetros físico químico <i>in situ</i> y análisis en laboratorio, y registros de observaciones en campo, informes de ensayo. ....	109
<b>ANEXO 5.</b> Clasificación de los taxa de MIB determinados en la cuenca del río San Alberto.....	118
<b>ANEXO 6.</b> Caracterización de la composición de sustratos en muestras y sus réplicas .....	120
<b>ANEXO 7.</b> Registro de los individuos y taxa MIB en la cuenca del río San Alberto	122
<b>ANEXO 8.</b> Determinación y recuento de los individuos MIB por zona y evento de sucesión ecológica.....	129
<b>ANEXO 9.</b> Determinación de la estructura gremial a nivel de morfogrupos.....	132
<b>ANEXO 10.</b> Sistematización de la estructura gremial a nivel de individuos de los morfogrupos .....	139
<b>ANEXO 11.</b> Condiciones de la cuenca (CERA, IHF y QBR).....	140
<b>ANEXO 12.</b> Puntajes de bioindicadores de calidad de agua (IBF e IBA) y registro de EPT.....	145
<b>ANEXO 13.</b> Aplicación de índices de calidad de agua (IBF, EPT e IBA) .....	148
<b>ANEXO 14.</b> Análisis de datos GREMIO O GRUPO FUNCIONAL (bioindicador de calidad).....	150
<b>ANEXO 15.</b> Pruebas estadísticas.....	153
<b>ANEXO 16:</b> Resumen de análisis estadísticos: dispersión y grado de asociación de datos .....	174
<b>ANEXO 17:</b> Análisis de los índices de Biodiversidad alfa y beta .....	179

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es caracterizar y determinar la composición y estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos MIB de la cuenca del río San Alberto, e inferir sobre su calidad de agua. Se realizó cuatro monitoreos trimestrales y un monitoreo preliminar (abril 2012 - abril 2013), se establecieron tres zonas de monitoreo, se registraron taxa, parámetros fisicoquímicos y condiciones de la cuenca, y se aplicó los índices bióticos, asimismo, se analizó la correlación entre la estructura de los MIB y otros factores o criterios. Se determinó 58 taxa y 9 303 individuos, siendo las familias más abundantes: Simuliidae, Chironomidae, Leptoceridae, Baetidae y Glossosomatidae. Las zonas de la cuenca reportan diversidad alfa normal o alta ( $H' \geq 2.51$ ), con una beta similitud ( $S_s$ ) superior al 42%. En cambio, luego de un posible evento de sucesión ecológica los valores alfa y beta se reducen ( $H'=1.59$ ;  $S_s \geq 21\%$ ). Se determinó seis gremios espaciales y nueve tróficos, cuyos morfogrupos tendrían correlación con el evento de sucesión ecológica (V Cramer: 4.12 y 0.331) y zona de la cuenca (V Cramer: 0.153 y 0.283). En cuanto a la cualificación de la cuenca los índices bióticos de calidad varían, buena (IBF:4.57), regular (EPT:49%) y muy buena (IBA:268), la zona baja reportaría la menor cualificación. Al analizar los grupos funcionales (sensibilidad) ante factores contaminantes, se determinó mayor correlación de sus morfogrupos respecto al pH (V Cramer = 0,608), seguido del oxígeno disuelto, periodo y zona de muestreo, temperatura, salinidad y sólidos totales disueltos (V Cramer: 0,577 - 0.402), por último, nitratos, potasio, método de muestreo y sucesión ecológica (V Cramer: 0,347 - 0.079). En síntesis, se puede decir que la calidad del agua, condiciones ecológicas y biodiversidad de la cuenca vista desde los diferentes bioindicadores, caracterizaciones e índices de biodiversidad presenta condiciones normales, de atención en la zona baja.

Palabras clave. Macroinvertebrados bentónicos, cuenca San Alberto, composición de comunidades, estructura de comunidad, gremios, índices bióticos de calidad.

## ABSTRACT

The present research aimed to characterize and determine the composition and structure of benthic macroinvertebrate communities MIB from San Alberto river basin, and to infer about its water quality. Four quarterly monitoring was carried out, and a pilot sampling (April 2012 – April 2013), three monitoring zones was established, taxa, physicochemical parameters and basin conditions were recorded, and applied biotics indices were applied, and the correlation between MIB structure and others factors or criteria was also analyzed. 58 taxa and 9 303 individuals were determined, being the most abundant families: Simuliidae, Chironomidae, Leptoceridae, Baetidae y Glossosomatidae. The basin zones report normal or high alpha diversity ( $H' \geq 2.51$ ), with a beta similarity ( $S_s$ ) greater than 42%. On the other hand, after a possible event of ecological succession the alpha and beta values decrease ( $H' = 1.59$ ;  $S_s \geq 21\%$ ). Six space and nine trophies guilds were determined, whose morphogroups would have a correlation with the ecological succession event (V Cramer: 4.12 y 0.331) and the basin zone (V Cramer: 0.153 y 0.283). Regarding the qualification of the basin, the biotic indices of quality vary, good (IBF:4.57), regular (EPT:49%) and very good (IBA:268), the low zone would report the lowest qualification. When analyzing the functional groups (sensitivity) to contaminating factors, a greater correlation of their morphogroups was determined about to pH (V Cramer = 0,608), followed by dissolved oxygen, sampling period and zone, temperature, salinity and total dissolved solid (V Cramer: 0,577 - 0.402), lastly, nitrates, potassium, sampling method and ecological succession (V Cramer: 0,347 - 0.079). In summary, it can be claimed that the water quality, ecological conditions and biodiversity of the basin seen from the different bioindicators, characterizations and indexes of biodiversity, represent normal conditions, for attention in the low zone.

Keywords: Benthic macroinvertebrates, San Alberto basin, community composition, community structure, guilds, biotic indices of quality.

## I. INTRODUCCIÓN

Las evaluaciones de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos MIB se hacen cada vez más conocidas, quizá por el uso de estas como agentes bioindicadores de la calidad del agua (Carter *et al.* 2017), y su consecuente aplicación en las evaluaciones ambientales (MINAM 2019). Las metodologías de evaluación MIB se clasifican en unimétricas (un solo tipo de medición de calidad de agua o condiciones ecológicas para caracterizar una cuenca) y multimétricas (varias métricas), en estas últimas se llegan a incluir las características tróficas y/o hábitats, para la evaluación de la calidad biológica de las aguas (Prat *et al.* 2009).

Según plantea Carter *et al.* (2017) los índices multimétricos son una de las metodologías más utilizadas, actualmente, en los estudios para determinar la calidad de los ríos, ya que reúnen en una única medida la variabilidad funcional y estructural de los componentes bióticos de un ecosistema fluvial. Esto se manifiesta en investigaciones como las realizadas en Baptista *et al.* (2007), Buckup *et al.* (2007), Tupinambás *et al.* (2007), Tomanova y Usseglio-Polatera (2007), Bagatini *et al.* (2012), Pereira *et al.* (2014), Rigotti *et al.* (2016) y Mena Mejía *et al.* (2017), en las cuales se llega a evaluar la composición, rasgos y características biológicas de las comunidades MIB, también denominados como macroinvertebrados acuáticos.

El uso de los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua presenta dos ventajas: primero, el bajo costo que representa, y segundo, este método permite inferir sobre la ocurrencia de alguna variación en la calidad del agua en un rango temporal mayor, en comparación con los datos que se obtienen por métodos de análisis fisicoquímicos los cuales solo servirían como referente de la calidad del agua para los instantes en los cuales son tomados (Domínguez y Fernández 2009).

La cuenca del río San Alberto tiene importancia antrópica y ecológica, toda vez que esta provee diversos servicios ecosistémicos y la población local se abastece de agua de la cuenca directa e indirectamente (CDC-UNALM 2005). La cuenca provee los servicios de recreación y turismo, sustento de especies en la zona, y forma parte del ciclo hidrológico de otras cuencas aguas abajo, además de formar parte importante del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH) (Salcedo *et al.* 2013, Salcedo 2014, Trama *et al.* 2020).

Por otro lado, la cuenca del río San Alberto se ve sometida a un conjunto de presiones, tales como, la alteración de la calidad del agua –debido a la contaminación y acumulación de desechos orgánicos y/o sustancias tóxicas de origen agropecuario, rural o urbano–, la alteración de los regímenes hídricos y la variación en la concentración de los sedimentos, la disminución de las especies de peces –debido a la pesca excesiva y/o introducción de especies exóticas–, y la deforestación y pérdida de cobertura vegetal –principalmente en la cabecera de cuenca y ribera de río (CDC-UNALM. 2005). La cuenca San Alberto registra estudios de caracterización hidrológica y calidad de agua, entre estos estudios tenemos a Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), Salcedo y Trama (2014), Trama *et al.* (2020), así como otros citados en IBC (2016) el cual lista los monitoreos o estudios de EPS (2013), MINSA (2013), E.A.W Muller (2013), AARAM-UNALM (2001), Molina y Llerena (2001), Moll y Llerena (2001), Sáñez y De Ruyter (2001).

Las poblaciones humanas asentadas en la cuenca del río San Alberto hacen uso, directo e indirecto, de los diversos servicios o recursos provistos por esta cuenca (CDC-UNALM 2005). Evaluar la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos MIB a lo largo del cauce del río San Alberto profundizaría el conocimiento de las condiciones ecológicas y calidad del agua de la cuenca, lo cual puede ayudar en la prevención de posibles riesgos en la salud de la población que usa directamente los recursos del río.

A fin de fortalecer el conocimiento de la composición y estructura de las comunidades MIB, y la calidad del agua del río San Alberto, es necesario plantear y responder las siguientes interrogantes ¿Cómo están compuestas las comunidades de macroinvertebrados del río San Alberto? ¿Qué características presentan estas comunidades respecto al tipo de alimentación (gremios tróficos o alimenticios)? ¿Qué características presentan estas comunidades respecto a la distribución espacial en el cuerpo de agua (gremio espacial)? ¿Qué mecanismo de respuesta poseen estas comunidades respecto a la alteración de la calidad del agua del río San Alberto (grupos funcionales)?

Es así como surge la pregunta ¿Cuál es el propósito de estudiar las características y la composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos? Pues este tipo de investigaciones nos aproximan a estimar la calidad de un cuerpo de agua, a través del estudio de la composición y características de los MIB centrándose en la cantidad (biomasa), transporte/deriva, producción, riqueza taxonómica, diversidad estructural/funcional, ciclado



de nutrientes, patrones de historia de vida, espectros de tamaño y por consiguiente interacciones bióticas y el impacto humano (Domínguez y Fernández 2009).

Los resultados obtenidos a partir de la presente investigación contribuirán al conocimiento y descripción del ecosistema acuático, para realizar un manejo adecuado del recurso hídrico o del ecosistema. El conocer las características y la composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos permite inferir sobre la aparente calidad del agua del río San Alberto, lo cual sirve como una herramienta preventiva sobre los posibles riesgos en salud de la población que usa directamente los recursos que provee este río y que podría ser aplicado en otras cuencas. Además de esto, la presente investigación contribuye de forma tácita al conocimiento, descripción, diagnóstico y manejo de este ecosistema acuático.

- **Objetivo general:**

El objetivo de esta investigación fue caracterizar y determinar la estructura y composición comunitaria de los macroinvertebrados bentónicos y a partir de ello usar esta data como referente de la calidad del agua del río San Alberto, Oxapampa.

- **Objetivos específicos:**

Para alcanzar el objetivo planteado se procedió a:

- (1) Determinar la composición taxonómica de las comunidades de los macroinvertebrados bentónicos presentes en el cuerpo de agua;
- (2) Caracterizar la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos presentes en el cuerpo de agua;
- (3) Inferir sobre la calidad de agua del río San Alberto, aplicando índices biológicos –Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera EPT (Carrera y Fierro 2001), Índice Biótico de Familias IBF (Hilsenhoff 1988) e Índice Biótico Andino (Acosta *et al.* 2009)– con base en la proporcionalidad de los taxa determinados, y de acuerdo con las características de estas comunidades (gremios de estructura y gremio o grupo funcional usado como bioindicador de calidad).

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA (MARCO TEÓRICO)**

### **2.1. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

*Los macroinvertebrados acuáticos* son aquellos organismos que se pueden ver a simple vista, refiriéndose a animales invertebrados tales como insectos u otros artrópodos, moluscos y anélidos, entre otros, los cuales habitan principalmente sistemas acuáticos, de tamaño superior a 0.5 mm (500  $\mu\text{m}$ ) de longitud (Roldán 1996, MINAM 2019). Se denominan *bentónicos* si se encuentran fijos, temporal o permanentemente sobre plantas, detrito, o cualquier otro substrato, sea sedimentos, grava, o arena de ecosistemas lóticos y/o lénticos (Domínguez y Fernández 2009, MINAM 2019).

Al realizar la identificación taxonómica para los estudios de calidad de agua, es común toparse con la problemática de decidir qué resolución taxonómica (especificidad de la categoría taxonómica) es la ideal. Cuando los individuos están dentro de una menor resolución (reino, filo, clase, orden) poseen características más comunes entre sí; por otro lado, a más resolución (familia, género, especie) las características de los individuos se vuelven más específicas y menos comunes (Stark *et al.* 2001). Ambas estrategias de resolución requieren esfuerzos diferentes, a mayor resolución requiere mayor esfuerzo.

En las revisiones de Lenat y Resh (2001) y Bailey *et al.* (2001), llegaron a la conclusión de que los estudios de monitoreo biológico producen mayores beneficios utilizando los niveles específicos de género y especie. No obstante, otros investigadores como Bowman y Bailey (1997) y Wright-Stow (2001), en Stark *et al.* (2001), afirman que la identificación de los macroinvertebrados a nivel de familia (o incluso superior) ofrece una resolución suficiente para que la bioevaluación sea precisa y sensible.

### **2.2. CALIDAD DEL AGUA**

*La calidad del agua* se define con base en sus características químicas, físicas y biológicas, y depende del uso que se le va a dar; los criterios, estándares y objetivos varían dependiendo de si se trata de agua para consumo humano, para uso agrícola, industrial, recreación, para mantener la calidad ambiental, etc. (Prat y Rieradevall 1998, MINAM 2017).

Tradicionalmente, la calidad del agua se ha medido a través de parámetros físicos y químicos, que indican el estado actual de las aguas y actúan como una fotografía del momento, proporcionando características momentáneas sobre el ecosistema, mas no una visión de las variaciones en el tiempo (Prat y Rieradevall 1998, Prat *et al.* 2009), motivo por el cual hay evaluaciones que se complementan con monitoreos biológicos, los cuales utilizan una entidad biológica como indicador de contaminantes (bioindicador) y la respuesta de estos sirve como una herramienta para detectar condiciones ambientales específicas (US EPA 2020).

La calidad de agua es un tema de especial interés en las últimas décadas, ya que mientras el crecimiento poblacional y la competencia entre los usos del agua se incrementan, la disponibilidad de este recurso se reduce en especial a causa de la contaminación o deterioro de su calidad y/o uso no apropiado (US EPA 2020, 2020, Carter *et al.* 2017). El ingreso de plaguicidas, la acumulación de materia orgánica y otros componentes o sustancias tóxicas, y la fragmentación del hábitat, son algunas de las principales causas (Gamboa *et al.* 2008).

### **2.3. BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA**

El concepto de *bioindicador* (o indicador biológico) aplicado a la evaluación de calidad de agua es definido como la “especie” (o conjunto de especies) que poseen requerimientos particulares con relación a una o diversas variables físicas o químicas, de tal manera que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o conducta de esa especie o grupo en particular, puede indicar que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (Johnson *et al.* 1993). Para establecer un bioindicador de calidad de agua se requiere de criterios biológicos (biocriterios), los cuales son expresiones narrativas o numéricas que describen la integridad biológica de la estructura y función de las comunidades acuáticas, según los organismos que habitan un cuerpo de agua (US EPA 2020).

El vertido de ciertas sustancias en el agua produce cambios cualitativos en la misma y a su vez la reducción de ciertas comunidades, por tanto, la recolonización de estas especies requerirá tiempo. Esta premisa sustenta que los bioindicadores de la calidad del agua detallaran la información histórica de una cuenca de una forma más concisa que la medición a través de parámetros fisicoquímicos, soportado en el conocimiento de las actividades humanas, su influencia, y la respuesta de las comunidades biológicas a dichas perturbaciones (Meneses-Campo *et al.* 2019, Herrera *et al.* 2013, Prat *et al.* 2009, Johnson *et al.* 1993). El uso de bioindicadores para determinar el estado ecológico de los diferentes cuerpos de agua se denomina *biomonitoreo*, y entre los cuales se destacan los métodos que utilizan a los

macroinvertebrados bentónicos, bosque de ribera y flora acuática “diatomeas” (Prat *et al.* 2009, Johnson *et al.* 1993, US EPA 2020, 2020, Rodrigues Capítulo y Nora 2003).

Los MIB son los más recomendables y usados para realizar la evaluación de calidad de agua o contaminación de los ríos, debido a: (1) encontrarse en todos los sistemas acuáticos, por lo que favorecen los estudios comparativos, (2) su naturaleza sedentaria, que permite un efectivo análisis espacial de los efectos de las perturbaciones (Prat *et al.* 2009), (3) presentan ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, los que pueden ser realizados con equipos simples y baratos; (4) la taxonomía de muchos grupos está bien estudiada y (5) existen numerosos métodos para el análisis de datos, incluyendo índices bióticos y de diversidad, los cuales han sido utilizados ampliamente en biomonitoreos a nivel comunitario y de respuestas individuales (Meneses-Campo *et al.* 2019, Tapia *et al.* 2018, Mena Mejía *et al.* 2017, Roldán-Pérez 2016, Prat *et al.* 2009, Johnson *et al.* 1993).

Es así como Hilsenhoff (1988), en Pimentel Jara (2014), enfatiza sobre la necesidad de elaborar métodos rápidos de evaluación en campo, de uso efectivo, por biólogos suficientemente familiarizados con artrópodos, capaces de identificar las familias sin la necesidad de utilizar las claves taxonómicas; asimismo, reconoce que un grado de precisión puede ser sacrificado (admitido) con el fin de ahorrar tiempo.

## **2.4.ÍNDICES BIÓTICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

Los *índices bióticos* se basan en la ordenación y ponderación de las especies presentes en el cuerpo de agua según su tolerancia o sensibilidad a la contaminación orgánica (Prat *et al.* 2009) y entre otros elementos. Siendo los índices bióticos basados en las comunidades de MIB los aplicados con más frecuencia y en varios países, y se pueden listar los siguientes:

El Índice Biótico de Familia el cual fue desarrollado por Chutter (1972) para ríos de Sudáfrica y levemente modificado por Hilsenhoff (1988) para ser utilizado en ríos de Norteamérica, con el nombre Índice Biótico de Familias (IBF) y en ocasiones usado para Sudamérica (Figuroa *et al.* 2007). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) de Armitage *et al.* (1983) en Prat *et al.* (2009) utilizado en el río de Tucumán Argentina, luego modificado y adaptado para la fauna colombiana resultando el índice (BMWP') (Meneses-Campo *et al.* 2019). Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) de Carrera y Fierro (2001) aplicado en el río Angosturita en Argentina. Y recientemente el Índice Biótico Andino (IBA) o Andean Biotic Index (ABI) (Rios-Touma *et al.* 2014), como propuesta del proyecto de

evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos CERA Perú–Ecuador, usado en Estudios de Impacto Ambiental y estudios ecológicos, y es una adaptación del BMWP para ríos andinos sobre los 2000 msnm de altitud (Prat *et al.* 2009; Cota *et al.* 2002 en Pimentel Jara 2014; Meneses-Campo *et al.* 2019, Encalada *et al.* 2011).

#### 2.4.1. Índice Biótico de Familias (IBF)

Acorde a lo descrito en Pimentel Jara (2014), IBF consiste en la aproximación cuantitativa de las familias, y la asignación de un valor de tolerancia a la contaminación para cada una de ellas que va desde 0 a 10 (Correa-Araneda *et al.* 2010). IBF puede clasificar los ríos desde clase I, excelente, hasta clase IV, muy malo. El IBF es sensible a la contaminación y al número de morfo especies (taxa) que contiene cada familia (Figueroa *et al.* 2003).

$$IBF = \frac{1}{N} \sum n_i t_i$$

**Donde:**  $n_i$  es el número de individuos presentes de una familia,  $t_i$  es el valor o puntaje de tolerancia a la contaminación orgánica de cada familia,  $N$  es el total de individuos en la muestra.

Según Figueroa *et al.* (2007), en Pimentel Jara (2014), detalla que el valor IBF se obtiene de la sumatoria de ( $n_i$ ) multiplicado por ( $t_i$ ), que luego es dividido entre ( $N$ ). Finalmente, el valor es asociado con la siguiente clasificación de calidad, ver Tabla 1.

**Tabla 1:** Clasificación de la calidad del agua según el IBF

Rangos	Calidad del Agua
0 - 3,75	Muy bueno, no perturbado
3,76 - 4,63	Bueno, moderadamente perturbado
4,64 - 6,12	Regular, perturbado
6,13 - 7,25	Malo, muy perturbado
7,26 - 10	Muy malo, fuertemente perturbado

FUENTE: Figueroa *et al.* (2007), en Pimentel Jara (2014)

#### 2.4.2. Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)

El EPT se basa en el porcentaje de abundancia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, bajo el supuesto de que estos reflejan la calidad del agua por ser organismos intolerantes (sensibles) a efectos de perturbación (Metcalf, 1994), en Pimentel Jara (2014). En una investigación realizada en la cuenca del río Chipiriri, Bolivia, Moya (2006) demuestra que estos órdenes son sensibles a la polución, es decir responden negativamente a las perturbaciones, buenas variables para integrar el índice multimétrico (Pimentel Jara 2014).

$$EPT = \frac{EPT \text{ Total}}{Abundancia \text{ total}} \times 100$$

Endara (2012) en Pimentel Jara (2014), detalla la metodología a seguir en el índice EPT: (1) establecer tres columnas, en la primera se coloca el total de organismos clasificados, en la segunda se coloca la abundancia de estos y en la tercera la abundancia de los EPT, y (2) dividir el total de individuos pertenecientes a los órdenes EPT entre el total de individuos de la zona evaluada y multiplicar el resultado por cien (100). Finalmente, se compara el resultado porcentual con la siguiente clasificación de calidad presentada en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Clasificación de la Calidad del Agua según el EPT

Rangos	Calidad de agua
75%-100%	Muy buena
50%-74%	Buena
25%-49%	Regular
0%- 24%	Mala

FUENTE: Endara (2012) y Carrera y Fierro (2001) en Pimentel Jara (2014)

### 2.4.3. Índice Biótico Andino (IBA) o Andean Biotic Index (ABI)

El IBA es una propuesta de índice biótico de tipo cualitativo (Acosta et al. 2009), que cuenta con una lista taxonómica de MIB (Prat *et al.* 2009, Cota *et al.* 2002 en Pimentel Jara 2014, Rios-Touma *et al.* 2014, Meneses-Campo *et al.* 2019). Primero, se determinan las familias presentes, luego, se les asigna el valor de sensibilidad a la contaminación propuesto para cada una, seguidamente, se suma los valores de sensibilidad de todas las familias determinadas para la zona. Finalmente, el resultado IBA se compara con los valores de la Tabla 3 (Rosero y Fossati 2009 en Pimentel Jara 2014).

**Tabla 3:** Clases de estado ecológico según el IBA

Rangos	Estado ecológico
>74	Muy Bueno
45-74	Bueno
27-44	Moderado
<27	Malo
<11	Pésimo

FUENTE: Acosta *et al.* (2009)

Acosta *et al.* (2009) indicó que para la aplicación de IBA se debe realizar un muestreo multihábitat en campo, no se pueden usar datos de un solo tipo de hábitat debido que la

intención es obtener la representación de casi todo el área de estudio y el muestreo debe de seguir hasta no encontrar nuevas familias (Pimentel Jara 2014).

## 2.5. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES

En el presente estudio se considera que la composición y estructura se relacionan. Lopez de Casenave (2001) hace una revisión del concepto de *gremios* “*Guild*”, y se denota que el concepto ha variado a lo largo del tiempo. Primero, formalmente definidos por Root en 1967 como: «*grupos de especies que explotan la misma clase de recursos ambientales de una manera similar*», especies significativamente agrupadas cuyos requerimientos de nicho se superponen, sin importar su posición taxonómica. La definición original de gremio estaba íntimamente ligada con el concepto de nicho ecológico y, a su vez, inmersa en el marco conceptual de la teoría de la competencia. Aunque el trabajo de Root se considera el punto de partida histórico del concepto de gremio, otros autores habían usado antes estas ideas. El antecedente referido a gremios en invertebrados bentónicos sería el de Turpaeva en 1957, quien usó el término como clasificación funcional, que llamó «*grupos de alimentación*». Posteriormente, no solo se agremio por el uso de recursos, sino por la respuesta a las condiciones ambientales.

Lopez de Casenave (2001) señala que el concepto de gremio presenta ventajas pragmáticas y teóricas, lo cual promovió su uso entre los ecólogos, pero también presenta dificultades e inconsistencias que lo desacreditan, debido a su flexibilidad asociado a un *pancreston* (de múltiples significados). Mientras algunos ven a los gremios como unidades naturales, otros los ven como constructos artificiales que solo existen en la mente de los ecólogos. Los gremios podrían representar las *unidades ecológicas naturales* o las *unidades funcionales* que constituyen los *ladrillos básicos* con los que se *construyen* las comunidades (Root 1973, McNaughton 1978, Landres y MacMahon 1980, Adams 1985, Hawkins y MacMahon 1989, Simberloff y Dayan 1991, Krebs 1994, Mac Nally 1994) en Lopez de Casenave (2001). Por ello, se ha intentado clarificar el significado y establecer *clasificaciones* de gremios sobre la base de criterios objetivos, entre ellas, las más ambiciosas son la de Gitay y Noble en 1997 y la de Wilson en 1999 en Lopez de Casenave (2001) (Figura 1 y Tabla 4).



**Figura 1:** Conexiones comunes entre el concepto de gremio y otros conceptos, patrones, procesos y características estrechamente asociados.

FUENTE: Lopez de Casenave (2001)

**Tabla 4:** Términos comúnmente usados en la literatura para referirse a agrupamientos ecológicos de especies

<b>Término</b>	<b>Original</b>
<b>Análogos funcionales</b>	Functional analogues
<b>Clique</b>	Clique
<b>Clique dominante</b>	Dominant clique
<b>Comunidad de similares</b>	Similia-community
<b>Especies ecológicas</b>	Ecological species
<b>Especies tróficas</b>	Trophic species
<b>Gremio comunitario</b>	Community guild
<b>Gremio de alimentación</b>	Feeding guild
<b>Gremio de ensamble</b>	Assemblage guild
<b>Gremio de manejo</b>	Management guild
<b>Gremio de respuesta</b>	Response guild
<b>Gremio espacial</b>	Spatial guild
<b>Gremio estructural</b>	Structural guild
<b>Gremio funcional</b>	Functional guild
<b>Gremio taxonómico</b>	Taxon-guild
<b>Gremio trófico</b>	Trophic guild
<b>Grupo de alimentación</b>	Feeding group
<b>Grupo de especies ecológicas</b>	Ecological species group
<b>Grupo funcional</b>	Functional group
<b>Liga</b>	League
<b>Módulo</b>	Module
<b>Sector ecológico</b>	Ecological sector
<b>Tipo funcional</b>	Functional type

FUENTE: Lopez de Casenave (2001)

Lopez de Casenave (2001) describe que, Gitay y Noble (1997) distinguen entre *grupos basados en el uso de los recursos* por parte de las especies (*gremios sensu stricto*) y *grupos basados en la respuesta de las especies a modificaciones del ambiente* (Tabla 5). Los gremios sensu stricto pueden ser, a su vez, *estructurales* (cuando el agrupamiento está definido solo por la utilización del mismo recurso) o *funcionales* (cuando además del uso de los mismos



recursos se realiza la misma manera), la definición original de Root (1967) se ajusta a esta última categoría. Los grupos basados en la respuesta a modificaciones del ambiente, por su parte, pueden ser grupos de respuesta (especies que muestran una misma respuesta a una perturbación particular) o grupos funcionales (además de la misma respuesta, esta sea a través del mismo mecanismo). Para Gitay y Noble (1997) su propuesta engloba la mayor parte de los términos y las definiciones antes propuestos por los ecólogos.

**Tabla 5:** Clasificación de grupos ecológicos de especies según Gitay y Noble (1997)

	Uso de recursos		Respuesta a perturbaciones	
	Mismo recurso	Misma manera	Misma respuesta	Mismo mecanismo
<b>Gremio estructural</b>	Si	No	-	-
<b>Gremio funcional</b>	Si	Si	-	-
<b>Grupo de respuesta</b>	-	-	Si	No
<b>Grupo funcional</b>	-	-	Si	Si

FUENTE: Lopez de Casenave (2001)

Lopez de Casenave (2001) describe que, Wilson (1999) utiliza una clasificación jerárquica bastante más compleja y abarcadora, con *gremios alfa* y *gremios beta* (Tabla 6). Los *gremios alfa* son grupos de especies similares en cuanto al tipo de recurso que usan, mientras que los *gremios beta* son conjuntos de especies enfrentados a las mismas condiciones ambientales. **Gremios alfa** reconoce dos categorías: (i) *gremios del tipo rootianos* –en alusión a los originalmente definidos por Root en 1967–, definidos por caracteres que representan el uso de los recursos, y (ii) *gremios intrínsecos*, basados únicamente en la no-coexistencia de las especies que los constituyen, bajo el supuesto que las especies pertenecientes a un gremio tenderán a excluirse localmente unas a otras. Los rootianos pueden ser: *gremios rootianos a priori subjetivos*, definidos subjetivamente por los investigadores, *gremios rootianos a priori comprobados*, también definidos subjetivamente pero posteriormente puestos a prueba de manera objetiva, *gremios rootianos objetivos de caracteres*, definidos objetivamente. **Gremios beta** reconoce dos categorías: (iii) *distribución*, basados en observaciones de la distribución de las especies, y (iv) *caracteres*, basados en mediciones de características de las especies. Los de distribución pueden ser: *gremios de distribución espacial* y *gremios de distribución temporal*. Los de caracteres pueden ser: *gremios subjetivos de caracteres beta*, definidos subjetivamente, *gremios objetivos de caracteres beta*, definidos objetivamente, estos dos primeros basados en caracteres descriptivos, y finalmente, los *gremios de respuesta*, basados en la respuesta de las especies a factores ambientales.

**Tabla 6:** Clasificación de grupos ecológicos de especies propuesta por Wilson (1999)

Gremios alfa (uso de recursos)	Gremios beta (condiciones ambientales)
<p><b>Rootianos</b></p> <p>(1) Gremios rootianos a priori subjetivos</p> <p>(2) Gremios rootianos a priori comprobados</p> <p>(3) Gremios rootianos objetivos de caracteres</p> <p><b>Intrínsecos</b></p> <p>(4) Gremios intrínsecos</p>	<p><b>De distribución</b></p> <p>(1) Gremios de distribución espacial</p> <p>(2) Gremios de distribución temporal</p> <p><b>De caracteres</b></p> <p>De caracteres descriptivos</p> <p>(3) Gremios subjetivos de caracteres beta</p> <p>(4) Gremios objetivos de caracteres beta</p> <p>De respuesta a factores ambientales</p> <p>(5) Gremios de respuesta</p>

FUENTE: Lopez de Casenave (2001)

Adicionalmente, Holmes y Recher en 1986, en Lopez de Casenave (2001), definen a la *estructura en gremios de una comunidad* como «*la expresión de las similitudes y diferencias entre los patrones de uso de recursos de las especies que lo componen*». Bajo esta premisa, determinar la estructura gremial consiste en separar a las especies en grupos, basado en el uso de los recursos y el analizar dicha estructura es explorar cómo utilizan los recursos las especies de cada grupo. La estructura, así como los *patrones intragremiales*, se produce por la acción de *determinados procesos*, entre ellos la competencia interespecífica.

Según Prat *et al.* (2009), añaden que la descripción y evaluación de los rasgos biológicos (*species traits*) de los MIB, es quizá una de las metodologías de evaluación de calidad de agua que promete mejores resultados. Se trata de sustituir la lista de especies por una lista de características biológicas (tamaño, forma, ciclo de vida, alimentación, reproducción, etc.) y usar la combinación de estas características como bioindicadoras, dado que la presencia de rasgos biológicos no está tan influenciada por la distribución geográfica como si lo está la aproximación taxonómica. Existen metodologías de *análisis multivalentes* en las cuales se relacionan los rasgos biológicos (*caracterización biológica*) con el ambiente a fin de evaluar los impactos humanos, entre estos, los realizados por Tomanova y Tedesco (2005), Tomanova *et al.* (2006), Tomanova y Usseglio-Polatera (2007), en América del Sur y por

Dodelec y Statzner (2008) en Europa. Y, hay *estudios funcionales*, que usan a los grupos funcionales alimenticios, como Cummins et al. (2005), en Brasil.

### 2.5.1. Composición y estructura comunitaria - Gremios de MIB

Ecológicamente las comunidades de MIB son útiles para entender la *estructura y función* de sus ecosistemas acuáticos, en particular referido a la transferencia de materia y energía. Estos organismos participan en el ciclo de nutrientes, reducen el tamaño de las partículas orgánicas, facilitan la acción de microdescomponedores, bacterias, levaduras y hongos, y transportan la materia orgánica corriente abajo. Asimismo, la distribución de MIB se relaciona directamente con la corriente de agua, calidad y disponibilidad de sustrato, temperatura del agua y concentración del oxígeno disuelto (Marques *et al.* 1999).

McCafferty (1983), lista algunos *gremios alimenticios* (nivel trófico) *según su hábito alimenticio*: omnívoros (omnívoros), scavengers (carroñeros), planktonic (planctónicos), herbívoros (herbívoros), y predators (depredadores), y algunos *gremios espaciales o descriptivos (distribución y caracteres) según su hábitat*: burrowers (excavadores), benthic (bentónicos), jumpers (saltadores), sprawlers (extensores o despatarrados), skaters (patinadores), clingers (agarradores), swimmers (nadadores), climbers (*escaladores* o trepadores), drifters (vagabundos o derivadores) and piercers (perforadores). Asimismo, se puede mencionar que, de lo tomado y modificado de Tomanova y Usseglio-Polatera (2007), en Prat et al. (2009), se llegó a clasificar a los MIB por su *Hábito alimenticio* –Colector acumulador (CG collector Gather), Triturador (SH Shredder), Raspador (SC scraper), Colector filtrador (CF collector Filterer), Agujereador (PT), Predador (PR), y Parasito (PA)– y/o por su *Movilidad y adhesión al sustrato* –Volador, Nadador en la superficie (SwS), Arrastrador (CL), Cavador epibéntico (EpB), Cavador endobéntico (EnB), Fijador temporal (TA), Nadador en toda la columna de agua (SwW), al último gremio incluso se les podría considerar *buceador (diver)*.

McCafferty (1983) describe los siguientes gremios MIB en función del uso de los recursos: los *predadores* son los carnívoros que atacan de inmediato, matando su presa, mientras que los *parásitos* son aquellos que se alimentan de su presa y además viven con ella por un largo tiempo antes o sin llegar a matarla. Los *herbívoros* son insectos acuáticos que se alimentan o viven de material vegetal (plantas), su dieta consiste exclusivamente de material vegetal, sin embargo, muchos herbívoros podrían a su vez alimentarse de algunos grados de material animal o detritos. Aquellos que se alimentan de ambos materiales (animal y vegetal) son

llamados *omnívoros*. Y, aquellos que se alimentan de ambos, descomponiendo material animal y vegetal pueden ser llamados *omnívoros-detritívoros*.

Los *detritívoros* se alimentan o prefieren los detritos de origen animal o vegetal, hay detritívoros de origen macrobívoro y microbívoro. Los macrobívoros que se alimentan de detrito de hojas o madera, se denominan *xilófagos*, los que se alimentan de detrito de origen animal (insectos o peces), se denominan *carroñeros*, los *microbívoros* se alimentan de pequeñas partículas sea material sedimentario o nutrientes derivados, se denominan *alimentadores de depósito*. También existe la nominación de *herbívoros macrobívoros* que se alimentan de plantas vasculares o algunas algas filamentosas, masticando el tejido vegetal sólido, mientras, los *planctónicos* generalmente se alimentan por filtración de microorganismos planctónicos (organismos acuáticos suspendidos en el agua, con poco o nada capacidad de locomoción).

Asimismo, McCafferty (1983) describe los siguientes gremios de MIB en función de la respuesta a condiciones ambientales (Figura 2): *bentónicos* (referidos al *bentos*), íntimamente relacionados con el sustrato, no solo fondos superficiales, también podrían fijarse a este o flotar, existen diversos subgrupos de bentónicos. Los *extensores* o *despatarrados* son bentónicos que adoptan o están en una postura o posición relajada, generalmente gatean o se arrastran muy lentamente sobre los fondos de sustratos (rocas, sedimentos, restos de tejidos vegetales u hojas) comúnmente en aguas quietas. Los *excavadores* bentónicos excavan en el sustrato de fondos blandos y viven en estos, también llamado hábitat intersticial, por lo usual en sustratos limosos, arcillosos o limo-arenosos, algunas veces arenosos, y generalmente en aguas lénticas, algunos en condiciones de sequía excavan. Aquellos que perforan (*perforadores*) o minan (*minadores*) dentro de las plantas podrían ser considerados excavadores. Los *agarradores* bentónicos se sujetan firmemente a sustratos durante fuertes corrientes de agua u olas de las orillas, algunos son reofílicos, asimismo, algunos tienen uñas tarsales, uñas anales o ganchos al final del abdomen bien desarrollados, algunos poseen accesorios altamente especializados tales como discos a lo largo de la parte ventral de sus cuerpos o ubicados al final del abdomen los cuales les permiten adherirse a los sustratos rocosos en aguas corrientosas, incluso hay agarradores que se fijan al sustrato mediante sustancias cementantes. Los *escaladores* o trepadores (*climbers*) bentónicos están adaptados para trepar, pero algunos ocasionalmente nadan de un sustrato a otro, y otros son relativamente estacionarios, usualmente habitan tramos lentos de agua en especial en las orillas con vegetación (sobre tallos de plantas acuáticas, raíces, algas filamentosas o musgos).

Los *planctonicos-nectonicos* (referido al *plancton* y *necton*) son organismos que viven libremente en el agua. *Plancton*, flotan pasivamente o están libremente suspendidos. *Necton*, son aquellos que nadan. Necton y plancton se consideran vinculados debido a que muchos flotan parte del tiempo y nadan o se mueven activamente otras veces. Los *flotadores*, son aquellos que deben mantener contacto con el aire de la superficie o interfaz del agua, con el propósito de respirar, generalmente viven en la superficie del agua o cerca, unos cuantos viven en considerables profundidades en estanques o lagos. Algunos flotadores cuentan con órganos hidrostáticos y otros tragan burbujas de aire que aumentan su flotabilidad. Los *nadadores*, son los individuos que periódicamente emergen a la superficie para respirar y están altamente adaptados para nadar. Los nadadores tienen cuerpos aerodinámicos y a menudo poseen piernas en forma de remo y equipadas con pilosidades natatorias. Algunos, que son si no bentónicos, son capaces de nadar eficientemente de un lugar restringido a otro. Los *vagabundos* o *derivadores* son de ambientes lóticos que temporalmente llegan a estar suspendidos en la superficie del agua (a la deriva) y son llevados corriente abajo. La *derivación* podría ser resultado de eventos catastróficos (oleadas, severos cambios en los niveles del agua, o contaminación), sin embargo, muchos pueden ir a la deriva en condiciones normales, a lo cual se le conoce como *comportamiento de la deriva*, lo cual puede darse en cualquier momento por determinados periodos y cortas distancias ya sea en patrones bigeminos o patrones alternantes. El comportamiento de la deriva se atribuye a diversas posibles causas: respuesta a factores biológicos o ambientales como reloj biológico sea luz u oscuridad, temperatura, mecanismos endógenos, densidad poblacional, presión de predadores, migración, entre otros.

Los *neustonicos* (referido de *neuston*) viven sobre la superficie del agua y normalmente no rompen la tensión superficial, estos pueden caminar, patinar o saltar sobre la superficie del agua, las garras o partes de las piernas que entran en contacto con el agua no se humedecen debido a una capa cerosa del exoesqueleto o pilosidades. Los *saltadores*, tales como las pulgas, pueden saltar fuera del agua usando una estructura sobre el abdomen y/o las patas traseras. Los *patinadores*, poseen garras pre apicales, las cuales no son el final de las patas, pero están sobre la punta, y debido a estas no rompen la tensión superficial del agua, usualmente habitan aguas en reposo, pero a veces se encuentran sobre rápidos.

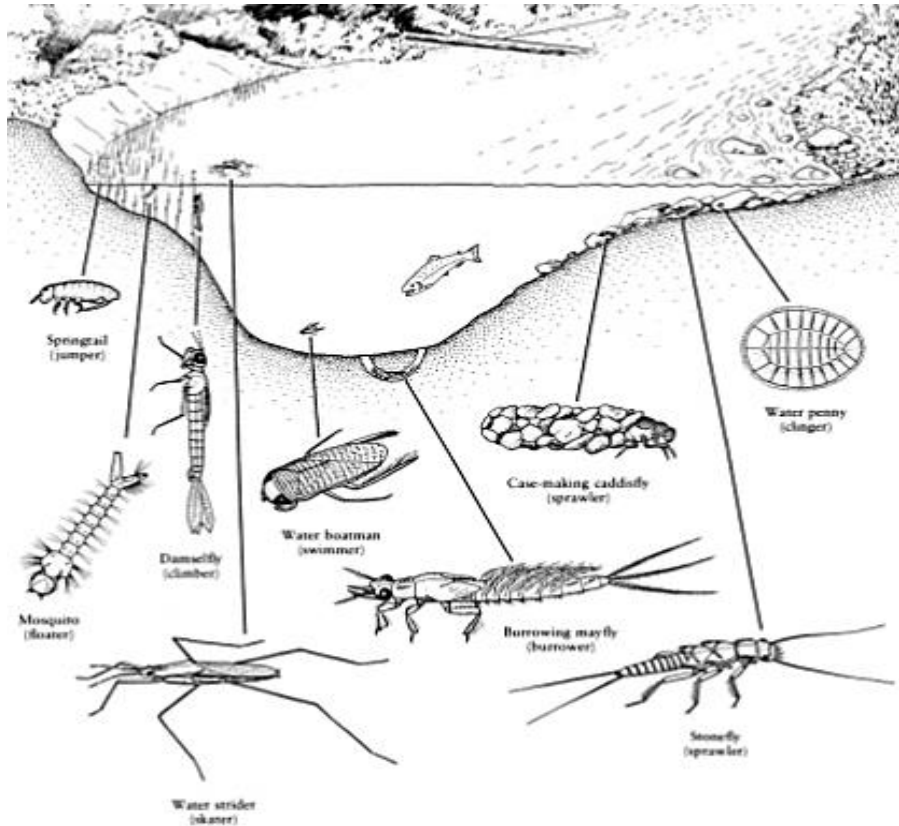


Figure 3.3. Cross section of a stream, with diagrammatic examples of habitat orientation among aquatic insects.

**Figura 2:** Diagramación de la estimación de la relación entre los MIB presentes en un cuerpo de agua y la descripción de su tipo de hábitat.

FUENTE: McCafferty (1983)

### 2.5.2. Composición y estructura comunitaria - Índices de biodiversidad.

Magurran (1988) señala entre los criterios para estimar la diversidad, tener en cuenta la composición taxonómica donde los individuos de una clase son idénticos (Pimentel Jara 2014). Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa), también la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta) y hasta conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma), y así poder diseñar estrategias de conservación y concretar acciones a escala local (Moreno 2001).

- **Diversidad alfa.**

La *diversidad alfa* es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea (Whittaker 1972, en Moreno (2001). Además, Moreno (2001) indica que, la gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (*alfa*). Y estos métodos se dividen en

dos grandes grupos: (1) los basados en la *cuantificación del número de especies* presentes (*riqueza específica*); (2) los basados en la *estructura de la comunidad*, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (*abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.*). Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según la *dominancia* o la *equidad* de la comunidad.

– **Riqueza específica (S)**

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de *especies presentes* (riqueza de especies), sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas, sin embargo, posible solo para ciertos taxa bien conocidos y bajo ciertas condiciones de tiempo y espacio. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un *censo* de la comunidad. Mayormente se recurre a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad (Moreno 2001).

$$\text{Riqueza específica (S)} \approx \text{Riqueza de especies} = \text{número de especies}$$

– **Índice de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver 1949)**

Pimentel Jara (2014) considera al Índice de *Shannon-Wiener* como un índice de estructura comunitaria. Asimismo, Moreno (2001) considera a Shannon-Wiener como un método de medición de diversidad alfa del tipo *estructural*, con énfasis en la *abundancia proporcional* (grado de dominancia o la equidad de la comunidad) y que se subclasifica como un índice de equidad, el cual según Peet (1974) en Moreno (2001) toma en cuenta el *valor de importancia* de cada especie. Para Moreno (2001) los índices de diversidad más reconocidos se basan en la *equidad*.

Shannon-Wiener expresa la *uniformidad* de los *valores de importancia* a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección (Magurran 1988; Peet 1974; Baev y Penev 1995) en Moreno (2001). Se mide la representatividad y uniformidad de las especies en una muestra (Cárdenas-Castro *et al.* 2018). Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988) en Moreno (2001).

Moreno (2001), Pimentel Jara (2014), fcnym - UNLP (s. f.) indican que Shannon es el *negativo del resultado de la sumatoria* de los  $p_i$  multiplicados por los  $\log_2$  de  $p_i$  hasta que  $p_i$  llegue a  $ps$ .

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

$$H' = - \sum_i^s p_i \log_2 p_i$$

$$H' = - \sum_i^s p_i \ln p_i$$

**Donde:**  $H'$  es el índice de Shannon-Wiener.  $p_i$  es la abundancia proporcional de la especie  $i$ , y representa la probabilidad de que un individuo de la especie  $i$  esté presente en la muestra.  $S$  es el número total de especies.  $n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$  y  $N$  es el número total de individuos de todas las especies. **Log<sub>2</sub>** es *logaritmo de una cantidad en base 2*, expresado como *bits/ind.*, pero pueden emplearse otras bases como  $e$  (*nits/ind.*) o  $10$  (*decits/ind.*), es decir puede ser  $\ln$  el cual es logaritmo natural es decir en base 10.

- **Diversidad beta**

La *diversidad beta* es el *grado de cambio o reemplazo* en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje o el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972), basada en *proporciones o diferencias* (Magurran, 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en *índices o coeficientes de similitud*, de *disimilitud* o de *distancia* entre las muestras a partir de datos *cualitativos* (presencia-ausencia de especies) o *cuantitativos* (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran, 1988; Wilson y Shmida, 1984). Los índices de similitud/disimilitud expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa que se refieren al cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995; Pielou, 1975). A partir de un valor de similitud ( $s$ ) se puede calcular fácilmente la disimilitud ( $d$ ) entre las muestras:  $d=1-s$  (Magurran, 1988). Estos índices pueden obtenerse con base en datos cualitativos o cuantitativos directamente o a través de *métodos de ordenación o clasificación* de las comunidades Baev y Penev (1995), en Moreno (2001).

- **Coefficiente de similitud de Sorensen (Czekanovski-Dice-Sorensen) - cualitativo**

$$I_s = \frac{2c}{(a + b)}$$

**Donde:**  $I_s$  es coeficiente de similitud.  $a$  es el número de especies en el sitio A;  $b$  es el número de especies en el sitio B; y  $c$  es el número de especies en ambos sitios A y B

Moreno (2001) indica la fórmula de similitud de Sorensen cualitativo. A la vez Magurran (1988) en Moreno (2001) señala que el número de especies y la media aritmética de las



especies en ambos sitios se relacionan. Además, la disimilitud está dada por la fórmula ( $d=1-I_s$ ), es decir la unidad menos el índice de similitud cualitativo.

- **Coefficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos (o índice de similitud Bray Curtis)**

$$I_{scuant} = \frac{2pN}{(aN + bN)}$$

$$C_n = \frac{2jN}{(aN + bN)}$$

$$S_{jk} = CS_{jk} = \frac{2 \sum \min(X_{ij} + X_{ik})}{\sum (X_{ij} + X_{ik})}$$

**Donde:**  $I_{scuant}$ ,  $C_n$  o  $CS_{jk}$  es el coeficiente de similitud cuantitativo.  $aN$ , o  $\sum X_{ij}$  es el número total de individuos en el sitio A,  $bN$ , o  $\sum X_{ik}$  es el número total de individuos en el sitio B y  $pN, jN$ , o  $\sum \min(X_{ij} + X_{ik})$  es la sumatoria de la abundancia más baja (menores) de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios

Herrera Moreno (2000), Moreno (2001), Williams-Linera *et al.* (2005), indican la fórmula para la similitud de Sorensen cuantitativo. Williams-Linera *et al.* (2005) menciona la estimación beta complementaria realizada por medio del índice clásico de similitud basado en Bray – Curtis (1957), igual al índice Sorensen cuantitativo, indicado en Magurran (1988).

- **Índice de Bray Curtis de disimilitud (complementariedad) cuantitativa**

La *complementariedad* se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas. Así, esta varía desde cero, cuando ambos sitios son idénticos en composición de especies, hasta uno, cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas (Colwell y Coddington, 1994 en Moreno 2001). Según Ferriol Molina y Farinós Merle (s. f.) las distancias entre comunidades se emplean cuando, además de la presencia o ausencia de especies, se considera igualmente las *diferencias en sus proporciones* (en cuanto a número de individuos, biomasa, cobertura, etc.), siendo Bray-Curtis una de las distancias más empleadas.

La fórmula de disimilitud de Bray Curtis es mencionada en Ferriol Molina y Farinós Merle (s. f.) y Herrera Moreno (2000) es:

$$d_{12} = \frac{\sum_{n=1}^S |X_{1n} - X_{2n}|}{\sum_{n=1}^S (X_{1n} + X_{2n})}$$

$$D_{jk} = \frac{\sum_{n=1}^S |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum_{n=1}^S (X_{ij} + X_{ik})}$$

**Donde:**  $d_{12}$  o  $D_{jk}$  es el coeficiente de disimilitud.  $\sum |X_{1n} - X_{2n}|$  o  $\sum |X_{ij} - X_{ik}|$  es la sumatoria de los valores absolutos de las restas de los individuos de cada una de las especies de ambos sitios (sitio A y B), y  $\sum (X_{1n} + X_{2n})$  o  $\sum (X_{ij} + X_{ik})$  es la sumatoria de la abundancia (suma) de cada una de las especies de ambos sitios (sitio A y B)

## 2.6. ESTADÍSTICA

### 2.6.1. Medidas de variación o variabilidad

- **Media (muestral)**

La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones (Martínez y SPSS FREE s. f.).

$$\underline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

**Donde:**  $\underline{X}$  representa la Media para la muestra,  $n$  el tamaño de la muestra y  $X_i$  representa cada uno de los valores observados

$$\text{Media aritmética} = \frac{\text{Suma de todos los valores observados}}{\text{Número total de observaciones}}$$

- **Desviación estándar o típica (muestral)**

La *varianza* permite determinar la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto al punto central (*Media*), se calcula sumando todos los cuadrados de las diferencias de cada valor respecto a la media y dividiendo este resultado por el número de observaciones; se le resta uno al tamaño de la muestra a fin de aplicar una medida de corrección a la varianza, con el fin de hacer más representativa para la población (Martínez y SPSS FREE s. f.).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X})^2}{(n - 1)}$$
$$= \frac{(X_1 - \underline{X})^2 + (X_2 - \underline{X})^2 + \dots + (X_n - \underline{X})^2}{(n - 1)}$$

**Donde**  $S^2$  representa la varianza,  $X_i$  representa cada uno de los valores,  $\underline{X}$  representa la media de la muestra y  $n$  es el número de observaciones o tamaño de la muestra.

La *desviación estándar o típica* nos permite determinar el promedio aritmético de *fluctuación* de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar se calcula aplicando la raíz cuadrada de la varianza (Martínez y SPSS FREE s. f.).

$$S = \sqrt{S^2}$$

**Donde:**  $S$  es la desviación estándar.  $S^2$  representa la varianza

- **Coefficiente de variación**

El *coeficiente de variación* equivale a la razón entre media y desviación estándar, y permite comparar la dispersión entre dos poblaciones distintas e incluso comparar la variación producto de dos variables diferentes (que pueden provenir de la misma población). Además,

elimina la dimensionalidad de las variables y tiene en cuenta la proporción entre una medida de tendencia (media) y desviación estándar (Vergara Schmalbach y Quesada Ibarguen 2007).

$$CV = \frac{S_x}{\bar{X}} * 100$$

**Donde:** CV es el coeficiente de variación.  $S_x$  será la desviación estándar y  $\bar{X}$  será la media o promedio

A mayor valor del coeficiente de variación mayor *heterogeneidad* de los valores de la variable, y a menor CV, mayor *homogeneidad* en los valores de la variable. El CV es típicamente menor que 1; sin embargo, en ciertas ocasiones puede ser 1 o mayor que 1. El coeficiente de variación igual a 1 ocurre cuando la desviación típica de una distribución exponencial es igual a su media. La distribución con un CV menor que 1, como la *distribución de Erlang*, se considera de «*baja varianza*», mientras que aquellas con un CV, mayor que 1, como la distribución hiperexponencial, se consideran de «*alta varianza*» (Begazo s. f.). Por otro lado, para (Barreto Rodríguez 2007) si el CV  $\leq 15\%$  los datos son homogéneos, es decir tienen baja variabilidad y si CV  $> 15\%$  los datos son heterogéneos, alta variabilidad. Álvarez Cáceres (2007) agregar que a medida que aumenta el coeficiente de variación esto indica el aumento de la dispersión de los datos, donde un coeficiente de variación de más de 30 % indica unos datos dispersos, y mayor del 50 % indica datos muy dispersos.

## 2.6.2. Medidas de asociación

- **Chi cuadrado**

Chi cuadrado ( $X^2$  o ji-cuadrado), propuesto por Pearson en 1911, permite contrastar la hipótesis: si *dos criterios de clasificación* utilizados (dos variables categóricas) son *independientes*. Para ello, se compara las *frecuencias observadas* (frecuencias obtenidas) y las *frecuencias esperadas* (frecuencias que teóricamente deberíamos haber encontrado en cada casilla si los dos criterios de clasificación fueran independientes) (Pardo Merino y Ruiz Díaz 2005).

$$(Frecuencia\ esperada)_{ij} = \frac{(total\ de\ la\ fila\ i) \times (total\ de\ la\ columna\ j)}{n^\circ\ total\ de\ casos}$$

**Donde:** *i* se refiere a una fila cualquiera; *j* columna; *ij* una casilla

Bajo la *condición de independencia*, la *frecuencia esperada* de una casilla concreta se obtiene dividiendo el producto de las frecuencias marginales correspondiente a esa casilla (su total de fila y su total de columna) por el número total de casos (Pardo Merino y Ruiz Díaz 2005).

Luego de la obtención de las frecuencias esperadas se procede con el cálculo del  $X^2$  o chi-cuadrado de Pearson.

$$X^2 = \sum_i \sum_j \frac{(n_{ij} - m_{ij})^2}{m_{ij}}$$

**Donde:**  $X^2$  es el chi-cuadrado de Pearson.  $n_{ij}$  se refiere a las frecuencias observadas y  $m_{ij}$  a las esperadas

El estadístico  $X^2$  valdrá cero cuando las variables sean completamente independientes, pues las frecuencias observadas y esperadas serán iguales. Y el valor del  $X^2$  será mayor en tanto sea mayor la discrepancia entre las frecuencias observadas y las esperadas, y por tanto relación entre las variables (Pardo Merino y Ruiz Díaz 2005).

El estadístico  $X^2$  sigue el modelo de distribución de probabilidad  $X^2$  con los grados de libertad resultantes de multiplicar el número de filas menos uno por el número de columnas menos uno ( $gl = [J-1] [K-1]$ ). Se puede usar la distribución  $X^2$  para establecer el grado de compatibilidad existente entre el valor del estadístico  $X^2$  y la hipótesis de independencia. Si los datos son compatibles con la hipótesis de independencia, la probabilidad asociada al estadístico  $X^2$  será alta (mayor de 0,05). Si esa probabilidad es muy pequeña (menor que 0,05), se considera que los datos serían incompatibles con la hipótesis de independencia y se concluye que las variables estudiadas están relacionadas (Pardo Merino y Ruiz Díaz 2005).

Para que las probabilidades de la distribución  $X^2$  constituyan una buena aproximación a la distribución del estadístico  $X^2$  conviene que se cumplan algunas condiciones; entre ellas que las frecuencias esperadas no sean demasiado pequeñas. Suele asumirse que, si existen frecuencias esperadas menores que 5, esas no deben superar el 20 por ciento del total de frecuencias esperadas (Pardo Merino y Ruiz Díaz 2005).

Goodman y Kruskal (s. f.) y UNAM (2011) indican que el estadístico  $X^2$  sirve para ver si dos variables están o no asociadas; sin embargo, no sirve para afirmar si la asociación es alta o baja, es decir no indica el *grado o el tipo de relación*, o el porcentaje de influencia de una variable sobre la otra e incluso no indica cuál variable causa la influencia. Una prueba de independencia usa la pregunta de si la ocurrencia del evento  $X$  es independiente a la ocurrencia del evento  $Y$ , en este escenario ( $H_0$ ) se entiende que la *hipótesis de independencia* se ha aceptado (sus variables son independientes).

- $H_0$ ; La ocurrencia del evento  $X$  es independiente del evento  $Y$
- $H_1$ ; La ocurrencia del evento  $X$  no es independiente del evento  $Y$

En las pruebas de independencia llamadas *prueba de tabla de contingencia*, o prueba con tabla de contingencia utilizan el formato de la *tabla de contingencia* (UNAM 2011). En caso de *rechazar* la *hipótesis de independencia* ( $H_1$ ), el siguiente paso sería calcular el valor que mida la *intensidad o fuerza de la asociación*, es decir, el valor que indique cuán dependientes son las variables entre sí (Goodman y Kruskal s. f.), también denominados *medidas de asociación* que intentan cuantificar ese grado de relación eliminando el efecto del tamaño muestral. Las medidas nominales únicamente informan el *grado de asociación existente*, no de la *dirección o naturaleza* de tal asociación (Pardo Merino y Ruiz Díaz 2005).

- **Coefficiente para medición de intensidad en tablas rxc**

Según Pearson (1913) y Cramer (1946) tomado de Pardo Merino y Ruiz Díaz (2005), señalan la existencia de *medidas de asociación basadas en chi-cuadrado* las cuales intentan corregir el valor del estadístico  $X^2$ , hacerle tomar un valor entre 0 y 1, a fin de minimizar el efecto del tamaño muestral sobre la cuantificación del grado de asociación. Goodman y Kruskal (s. f.) indican que para tablas con mayor número de columnas y/o filas que una *tabla de 2 x 2* se emplean el coeficiente de contingencia de *Pearson* y/o *V de Cramer*.

- **Coefficiente de contingencia de Pearson**

El coeficiente toma valores entre 0 y 1, pero difícilmente llega a 0. Su valor máximo depende del número de filas y de columnas. Un *coeficiente de 0* indica *independencia*, mientras que un coeficiente que alcanza su *valor máximo* indica *asociación perfecta* (Pardo Merino y Ruiz Díaz 2005). En Goodman y Kruskal (s. f.) y Pardo Merino y Ruiz Díaz (2005) detallan las fórmulas de coeficiente de contingencia  $C$  y el máximo de  $C$  ( $C_{max}$ ):

$$C = \sqrt{\frac{X_{exp}^2}{(X_{exp}^2 + n)}}$$

**Donde:**  $C$  es el coeficiente de contingencia.  $X_{exp}^2$  es el Chi cuadrado calculado o experimental

$$Max \{C\} = \sqrt{\frac{Min\{r - 1, c - 1\}}{1 + Min\{r - 1, c - 1\}}}$$

**Donde:**  $Max \{C\}$  o  $C_{max}$  es el valor máximo de  $C$ .  $Min$  corresponde a mínimo valor entre  $r$  (filas) y  $c$  (columnas).  $k$  se usa si el número de filas y columnas es el mismo.

$$C_{max} = \sqrt{\frac{(k - 1)}{k}}$$

El intervalo está dado de la siguiente manera:

$$0 < C < Max \{C\}$$

**Donde:**  $C$  es el coeficiente de contingencia.  $C = 0$  indica independencia absoluta, y  $C = Max \{C\}$  o  $C_{max}$  indica dependencia perfecta

- **V de Cramer**

El coeficiente V de Cramer, o V, se puede utilizar en el caso de *tablas K y R* (Álvarez Cáceres 2007). La V incluye una ligera modificación de *phi*. Nunca excede de 1. En Goodman y Kruskal (s. f.), Pardo Merino y Ruiz Díaz (2005) se detallan las fórmulas de V.

$$V = \sqrt{\frac{X^2_{exp}}{n(p-1)}} \text{ o } V_{cramer} = \sqrt{\frac{X^2}{[n(k-1)]}}$$

**Donde:** V o *Vcramer* es el coeficiente V de Cramer.  
 $X^2_{exp}$  o  $X^2$  es el Chi cuadrado calculado o experimental.  
 $p$  o  $k$  = Min [mínimo valor entre  $r$  (filas) y  $c$  (columnas)]

El intervalo esta dado de la siguiente manera:

$$0 < V < 1$$

**Donde:** V puede oscilar entre cero y uno,  $V = 0$  para asociación nula o independencia absoluta, y  $V = 1$  para una asociación total o dependencia perfecta

En el *coeficiente V Cramer*, los datos pueden consistir en cualquier número de categorías. En otras palabras, se puede calcular el mismo para los datos de una tabla de 2x2, una de 2x5, una de 4x4, una de 3x3, o *cualquier tabla de r x k*. (Bustamante Salcido 2011). El resultado V Cramer describe el grado de asociación de dependencia entre variables (Tabla 7).

**Tabla 7:** Tabla referencial para medir el grado de asociación.

Índice	Característica
1.00	Existe completa relación entre las variables
0.75	Existe relación fuerte entre las variables
0.50	Relación moderada entre las variables
0.25	Mínima y muy pobre relación entre las variables
0.00	No existe ninguna relación entre las variables

FUENTE: Bustamante Salcido (2011). Capítulo 3. Aplicación del método coeficiente de relación V de Cramer

## 2.7. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO

### 2.7.1. Parámetros fisicoquímicos

- **Temperatura**

La temperatura es una magnitud física descriptiva de un sistema que caracteriza la transferencia de energía térmica, o calor, entre un sistema y otros, y se expresa en escalas de temperatura o termométricas (Celsius, Fahrenheit, Reámur, Kelvin). La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia sobre el desarrollo de la vida acuática, reacciones químicas y velocidades de reacción. Multitud de propiedades fisicoquímicas de

los materiales o las sustancias dependen de la temperatura. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, densidad, la conductividad eléctrica, asimismo determina la velocidad a la que tienen lugar las reacciones químicas y otras variables fisicoquímicas. Este parámetro es medido *in situ* a través del método denominado termometría (Gesta Agua 2010).

- **pH**

El pH, se define como el valor negativo del logaritmo negativo de la actividad de los iones hidronio o hidrógeno (protón hidratado, H<sup>+</sup>):  $\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$ , donde  $A_{\text{H}^+}$  es la actividad de los iones hidrógeno (INDECOPI 2013). El pH se obtiene calculando la concentración molar del ión hidrógeno. Por ejemplo, una concentración de  $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$  (0,0000001) sería un pH de 7 ya que:  $\text{pH} = -\log [10^{-7}] = 7$ . El valor de pH determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, en una escala a partir de 0 a 14, donde el valor de 7 indica que una sustancia es neutra (número de los átomos de hidrógeno H<sup>+</sup> y de oxhidrilos OH<sup>-</sup> son iguales), los valores por debajo de 7, es ácida (número de átomos H<sup>+</sup> supera el número de átomos OH<sup>-</sup>), y por encima de 7, es básica (OH<sup>-</sup> supera a H<sup>+</sup>) (Gesta Agua 2010).

El pH del agua natural depende de la concentración de CO<sub>2</sub>. El pH de las aguas naturales y la composición de los terrenos se relacionan (pH alcalino y suelos calizos, y pH ácido y suelos silíceos). Asimismo, el pH tiene influencia en algunos procesos químicos en el agua, un pH determinado asegura una mejor asimilabilidad de los diferentes nutrientes, en especial fósforo y micronutrientes (Gesta Agua 2010).

Es recomendable la medición *in situ*, de modo que no se modifique los equilibrios iónicos. El método aplicado *in situ* es *método electrométrico*, a través del uso de un potenciómetro a veces llamado «pH-metro» (Gesta Agua 2010).

- **Salinidad**

La salinidad del agua es la cantidad de sales disueltas en un volumen de agua. Entre las sales (iones) se encuentran los *aniones* (CO<sub>3</sub><sup>=</sup>; SO<sub>4</sub><sup>=</sup>; Cl<sup>-</sup>) y *cationes* (Ca<sup>++</sup>; Mg<sup>++</sup>; Na<sup>+</sup>; K<sup>+</sup>). La salinidad se puede determinar por métodos directos e indirectos, entre ellos, conductividad, densidad, índice de refracción o velocidad del sonido en agua (APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1992). Entre los procedimientos para evaluar la salinidad, son: Metro de conductividad y salinidad, Hidrolab Surveyor - Método de

conductividad, *refractómetro*, este último se realiza con relativa facilidad pero con precisión limitada, y su escala calibrada se lee en *partes por mil (‰)* (Fuentes y Massol-Deyá 2002).

La salinidad es una propiedad importante de las aguas naturales (Tabla 8) y residuales. La cantidad de sales en solución influye sobre algunos procesos físicos, propiedades químicas y sustancias disueltas en agua: densidad, viscosidad, tensión superficial, presión osmótica, punto de fusión, punto de ebullición y solubilidad de gases (Fuentes y Massol-Deyá 2002).

**Tabla 8:** Clasificación de cuerpos de agua en función de la salinidad

Salinidad (‰)	Tipo de agua
0 – 0.5	Agua dulce
0.5 – 3.0	Agua salobre oligohalina
3.0 – 10	Agua salobre mesohalina
10 – 17	Agua salobre polihalina
17 – 30	Agua de mar oligohalina
30 – 34	Agua de mar mesohalina
34 – 38	Agua de mar polihalina
38 – 150	Salmuera
>150	hipersalina

FUENTE: Fuentes y Massol-Deyá (2002)

- **Oxígeno Disuelto - OD**

El OD es el oxígeno que está disuelto en el agua, la *solubilización* se origina por la aireación y en parte como producto de la fotosíntesis de algas. El OD es esencial para la supervivencia de todos los organismos acuáticos aeróbicos. El depósito de biomasa o residuos orgánicos de origen natural o antrópico agotan la disponibilidad de OD (Gesta Agua 2010). La carencia de oxígeno afecta a un vasto número de indicadores de contaminación, no solo bioquímicos, sino también estéticos como el olor, claridad del agua, y sabor, razón por la que el OD es quizás el más estabilizado de los indicadores de calidad de agua. La cantidad de OD en agua se regula por ciertos factores: temperatura y salinidad del agua; actividad biológica (fotosíntesis de plantas acuáticas); procesos de mezcla debido a los movimientos y circulación de cuerpos de agua (Gesta Agua 2010).

La cantidad real o *concentración* (C) de oxígeno, y otros gases, en solución está condicionada por: (1) la *solubilidad del gas*, (2) la *presión parcial* (P) *del gas en la atmósfera*; (3) la *temperatura*, y (4) la *pureza del agua* (salinidad, sólidos en suspensión, etc.). La velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles



de OD tienden a ser más críticos (reducirse) en las épocas estivales y se agrava en los meses de verano, debido a que el caudal disminuye. Asimismo, dado que la solubilidad de un gas en el agua disminuye con el aumento de temperatura, se deduce que, si la concentración del oxígeno en agua a 25°C es 8,32 mg/L o 8,32 (partes por millón), a 35 °C la solubilidad del O<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O sería de 7,03 mg/L, mientras que a 0°C aumenta a 14,74 mg/L. Estos valores expresan que el aumento de temperatura incide en la disminución del OD (Gesta Agua 2010).

El OD es importante para la vida acuática, en los casos en los que el nivel de OD se sitúa por debajo de 4-5 mg/l se pueden producir efectos nocivos en determinadas especies. Se reporta la concentración de OD de 7.5 mg/l, en lagos oligotróficos, 5 mg/l en lagos eutróficos, < 7 mg/l en ríos y < 7 mg/l en aguas estuarinas (Gesta Agua 2010).

El indicador para medir la contaminación por desechos o residuos orgánicos es la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en agua o demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Los métodos de medición comunes son: (1) el método de Winkler o yodométrico, es un procedimiento titulométrico basado en la propiedad oxidante del Oxígeno Disuelto, (2) el electrométrico que utiliza electrodos de membrana se basa en la tasa de difusión del oxígeno molecular a través de una membrana (oximetría) (Gesta Agua 2010).

- **Sólidos totales disueltos TDS**

Los TDS describen la cantidad de sólidos disueltos en el agua (sólidos ionizados que están en solución) incluye sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua. TDS no incluye los sólidos en suspensión, coloides, ni gases disueltos. La mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, son iones disueltos. El cloruro de sodio por ejemplo se encuentra en el agua como Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>. Altas concentraciones de sólidos disueltos usualmente se deben al arrastre de materiales provocados por el aumento del caudal de los ríos. Es un índice importante en la determinación de los usos del agua (Gesta Agua 2010).

Los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionados. A mayor cantidad de sales disueltas en el agua, mayor valor de conductividad eléctrica. Los TDS, se expresan en mg/L y la conductividad en micro Siemens/l (µS/l), pueden ser obtenidos por multiplicación de la conductividad por un factor comprendido entre 0,55 y 0,75, este factor puede ser determinado para cada cuerpo de agua, pero podría variar ligeramente, según las proporciones iónicas en el cuerpo de agua y si éstas permanecen estables. El agua de alta pureza contiene solo H<sub>2</sub>O sin sales o minerales y tiene una

conductividad eléctrica muy baja. Además, la temperatura del agua afecta a la conductividad eléctrica de forma que su valor aumenta de un 2 a un 3 % por grado Celsius. El método de análisis común es Sólidos Totales Disueltos secados a 180 C° (Gesta Agua 2010).

- **Nitrato**

El nitrato  $\text{NO}_3$  es un compuesto inorgánico compuesto por un átomo de nitrógeno N y tres átomos de oxígeno O. Los  $\text{NO}_3$  son solubles y no se adsorben a los componentes del suelo, por lo que con facilidad son movilizados por las aguas superficiales y subterráneas, y al acumularse en los acuíferos (subterráneos) les contaminan. Usualmente  $\text{NO}_3$  no es peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito ( $\text{NO}_2$ ). Por otro lado, cuando el  $\text{NO}_2$  es oxidado por nitrobacterias se forma nitrato  $\text{NO}_3$ . (Gesta Agua 2010).

Los nitratos se encuentran en forma de sales sódicas y potásicas, y su concentración en el agua obedece a diferentes orígenes: descomposición de materia orgánica por bacterias, disolución de rocas y efluentes industriales. La agricultura es la principal fuente de nitratos (abonos y fertilizantes nitrogenados como el amoníaco), entre otras, incluso por restos de excretas. Los nitratos se determinan a través de los métodos: (1) Reducción de cadmio, límite mínimo detectable es 0.01mg/L, (2) Colorimetría, o Espectrofotometría de Absorción Atómica (Gesta Agua 2010).

- **Fosfato**

El fósforo es un elemento necesario para la vida; no obstante, el exceso de fosfatos promueve la eutrofización de aguas e incremento de algas, en especial en aguas estancadas. El origen común son desechos (basura) y/o detergentes los cuales son arrastrados o arrojados. Los fosfatos tienen aplicaciones industriales diversas y principalmente como fertilizantes. Y el método de análisis común es el método del Cloruro estagnoso según la NORMA APHA-WPCF-AWNA (Gesta Agua 2010).

- **Potasio**

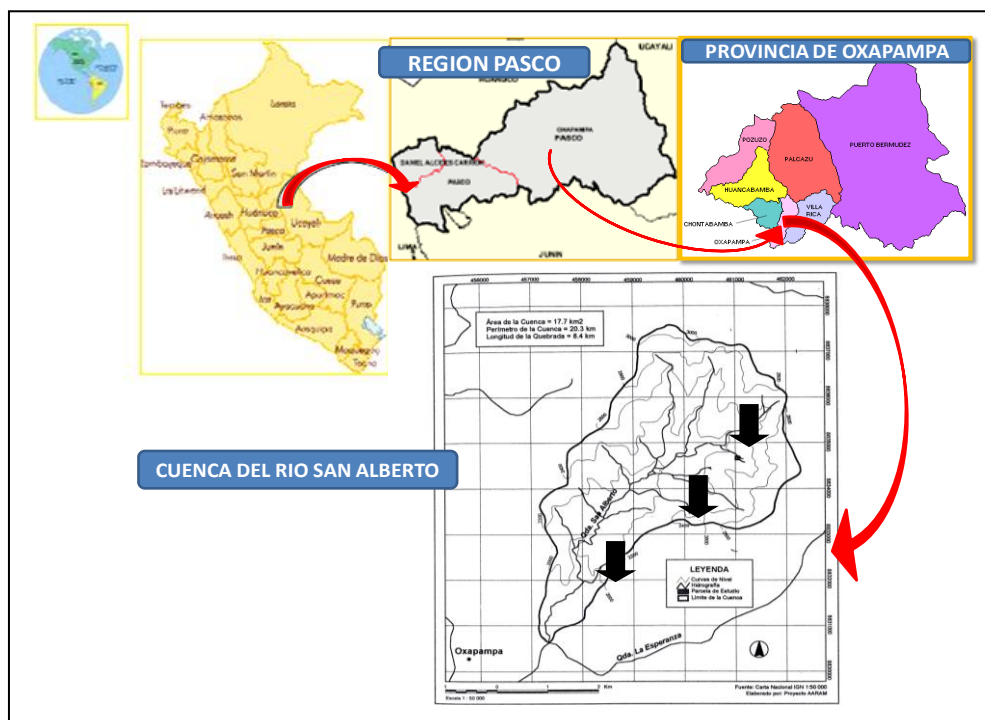
El ion potasio presente en ríos o lagos, usualmente, tiene como origen la meteorización de los aluminosilicatos en suelos sumergidos y rocas, en presencia de carbono atmosférico. La meteorización del feldespato de potasio es un ejemplo de las más importantes fuentes en aguas naturales (Baird y Cann 2014). Junto con el nitrógeno y el fósforo, el potasio es uno de los macronutrientes esenciales para la supervivencia de las plantas (Lenntech 2018).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. Ubicación del área de estudio

La cuenca del río San Alberto se ubica al norte de la localidad de Oxapampa, entre los paralelos  $10^{\circ} 31'07''$  y  $10^{\circ} 34'53''$  de latitud sur y los meridianos  $75^{\circ} 20'53''$  y  $75^{\circ} 23'40''$  de Longitud Oeste, dentro de la cuenca del río Pachitea. Limita por el norte con la cuenca hidrográfica de la quebrada La Esperanza, por el este con las cumbres de la cordillera Yanachaga, y por el sur oeste con el río Chontabamba y la ciudad de Oxapampa (Figura 3).



**Figura 3:** Mapa de la cuenca del río San Alberto.

FUENTE: Elaboración propia con datos de la carta nacional IGN1:50000

##### 3.1.2. Prospección y establecimiento de estaciones de muestreo.

Se realizaron las actividades de prospección inicial y muestreo preliminar (fase piloto) de la cuenca del río San Alberto con el fin de determinar las estaciones o puntos de muestreo (alta, media y baja), y adecuar los métodos de colecta (cualitativo y/o cuantitativo).

El muestreo preliminar, realizado en abril del 2012, fue del tipo cualitativo (con redes D-net) con el fin de obtener una idea global de las características y composición comunitaria de MIB en la cuenca. Se procedió con el registro de los potenciales puntos o estaciones de monitoreo, a lo largo de la cuenca, por medio de un GPS GARMIN MAP.62s. (Tabla 9, Figura 4, Anexo 1 y 2). Además, se realizó los trámites para una investigación científica en un Área Natural Protegida (4.2 Con colecta de especímenes PN Yanachaga Chemillen TUPA SERNANP 04).

Luego de realizada la prospección y muestreo preliminar, se determinaron tres (3) puntos o estaciones de monitoreo (alta, media y baja) que reflejaran lo más cercanamente posible el conjunto de las condiciones del ecosistema y las comunidades de MIB en la cuenca. Para este muestreo preliminar, se colectó cuatro (4) pseudoreplicas por cada punto o estación de muestreo. Los criterios para la determinación de los puntos de muestreo fueron los siguientes: tributarios del río, vegetación en el cuerpo de agua, turbidez, accesibilidad, altitud, corriente, contacto directo con la filtración de agua a causa de riegos, y distancia a factores antrópicos.

**Tabla 9:** Nomenclatura y coordenadas UTM de las estaciones o puntos de monitoreo

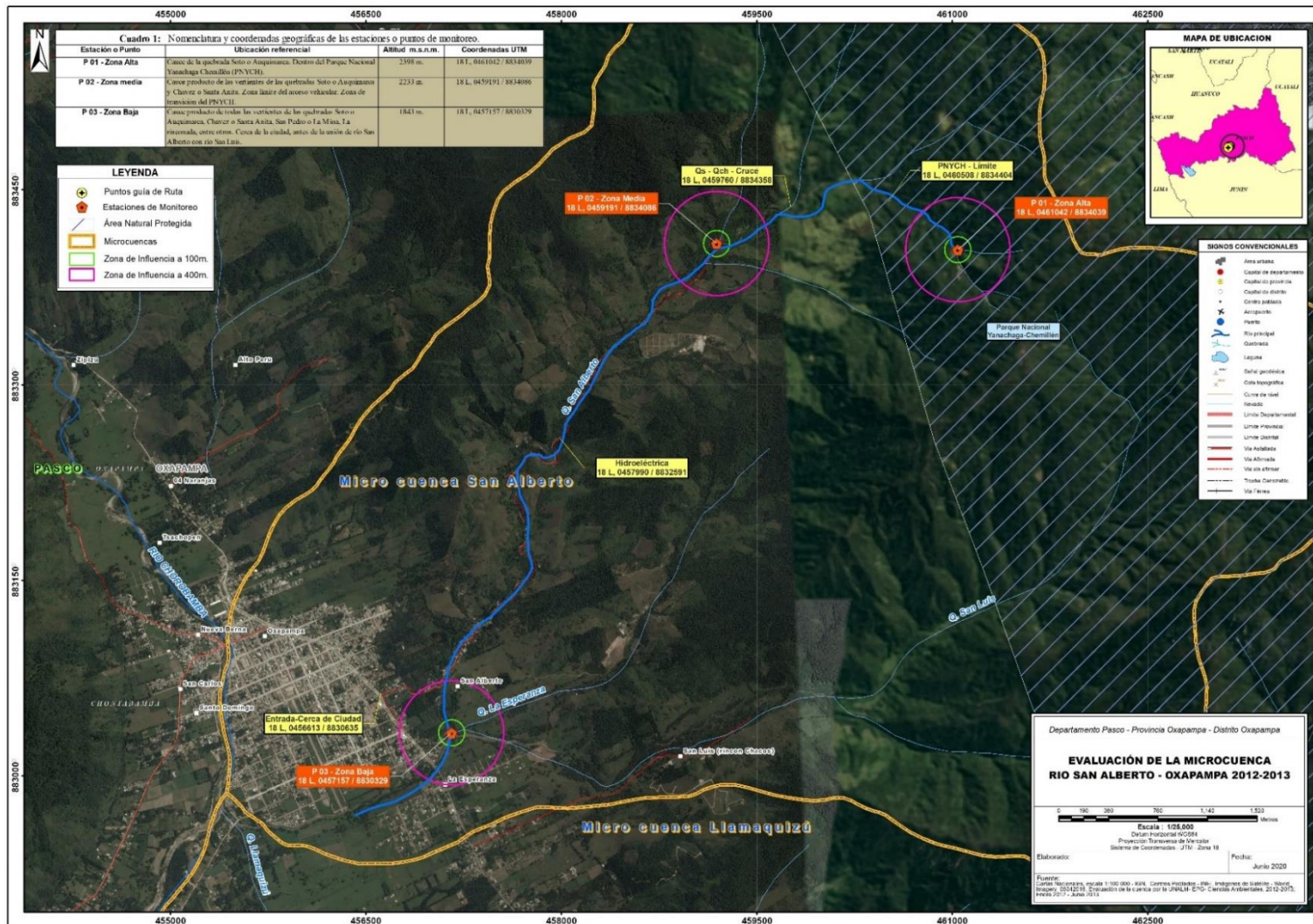
Estación	Coordenadas UTM (Zona 18)			Ubicación referencial
	Norte	Este	Altitud m.s.n.m.	
<b>P 01</b> Zona alta	8834039	461042	2398	Cauce de la quebrada Soto o Auquimarca. Dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH).
<b>P 02</b> Zona media	8834086	459191	2233	Cauce producto de las vertientes de las quebradas Soto o Auquimarca y Chávez o Santa Anita. Zona límite del acceso vehicular. Zona de transición del PNYCH.
<b>P 03</b> Zona baja	8830329	457157	1843	Cauce producto de todas las vertientes de las quebradas Soto o Auquimarca, Chávez o Santa Anita, San Pedro o La Mina, La rinconada, entre otros. Cerca de la ciudad, antes de la unión de río San Alberto con río San Luis.

FUENTE: elaboración propia

## 3.2.MUESTREO

### 3.2.1. Periodicidad de toma de muestras:

La toma de muestras se realizó cada 3 meses, desde el mes de junio del 2012 hasta inicios del mes de abril del 2013, tomando datos en junio y septiembre-octubre del 2012; febrero y abril del 2013. Durante los periodos de menor intensidad de lluvias (marzo-noviembre) se logró un acceso seguro para la toma de muestras; por otro lado, durante el tercer muestreo (febrero del 2013) se registraron altas lluvias, desbordes del río, deslizamientos, derrumbes y/o huaicos al interior de la cuenca, dificultando los accesos a la cuenca (Anexo 1).



**Figura 4:** Mapa de las estaciones de muestreo de la cuenca del río San Alberto.

FUENTE: elaboración propia.

### **3.2.2. Variables y metodología de muestreo.**

- **Macroinvertebrados.**

(i) Se utilizó una red del tipo Surber, de área base de 30 cm X 30 cm, provista de red de tela porosa (malla Nyltal) de 300 $\mu$ m de abertura de malla, de forma cónica y de 50 cm. de largo. Para la obtención de la muestra se ingresó al río provisto de la red, botas de agua y guantes, y en sentido de la contracorriente. Se colocó la red en el fondo del río de tal manera que la fuerza del agua arrastre los organismos hacia el interior de esta, a su vez con la mano se removió el sustrato (área base) durante 20 min. tal como lo indica (Alba-Tercedor 1996), luego se depositó el contenido sobre una bandeja de plástico. (ii) Asimismo, se delimitó un área de 1 m<sup>2</sup>, del cual se colectaron piedras y/o ramas, las cuales se enjuagaron en bandejas.

Las muestras de ambos métodos cuantitativos, red Surber (i) y piedras y/o ramas (ii), se procedió a tomar tres (3) pseudoreplicas, por cada punto o estación de monitoreo, las cuales fueron espaciadas a más de 10 m. de distancia entre sí (dos márgenes y lecho del río), y todas siguieron el mismo procedimiento de colecta, conservación y traslado. Las muestras de ambos métodos de colecta (i) y (ii), fueron separadas o limpiadas preliminarmente de otros componentes (piedras, ramas, hojas, etc.) y almacenadas dentro de frascos plásticos de 250 ml (rotulados) con formol diluido al 10 %, en una proporción de cinco a uno. El traslado de las muestras fue en una caja isotérmica (cooler) para su posterior análisis (Anexo 2). Seguidamente, en laboratorio se reemplazó el preservante de la muestra, de formol a alcohol al 70 %, para su respectivo análisis (determinación de los taxa y conteo de individuos).

- **Condiciones de la cuenca**

Durante las actividades del muestreo preliminar y muestreo, se registraron las condiciones de la cuenca por medio de los siguientes índices: (i) Condiciones de referencia - Ríos andinos - Protocolo CERA (Acosta *et al.* 2009), (ii) Índice de Hábitat Fluvial – IHF (Pardo *et al.* 2002) e (iii) Índice de Calidad del Bosque de Ribera QBR (Munné *et al.* 2003) (Anexo 11).

- **Factores fisicoquímicos.**

La colecta de estas muestras fisicoquímicas se realizó antes de iniciar los trabajos de colecta de muestras biológicas, con el fin de evitar que se modifiquen las características del agua.

– **Medidas en campo (multiparamétrico) - registro tomado *in situ***

La salinidad (ppt) se determinó por medio de un refractómetro del tipo salinómetro portátil Atago S/mill, de escala de 0 - 100 ‰ (partes por mil); para el potencial de hidrógeno (pH) se usó un potenciómetro (pHmetro) digital WTW pH 330; para los sólidos disueltos (TDS) se usó un medidor TDS & Temp., marca HM Digital; para el oxígeno disuelto (OD) se usó un oxímetro marca Corning, modelo M90; y la temperatura (T°) se registró a través del termómetro digital en el pHmetro (Anexo 2 y Tabla 10 del Anexo 4).

– **Medidas en laboratorio– toma de muestras de agua, conservación y traslado.**

Se colectaron muestras de agua para realizar el análisis de nutrientes (nitratos  $\text{NO}_3^-$ , fosfatos  $\text{PO}_4^{-3}$ , potasio K) en el laboratorio. Se usaron frascos plásticos blancos de primer uso, de 1 L de capacidad –los cuales antes de la toma de muestra se limpiaron con la misma agua del río tres veces– una vez llenos se taparon procurando no dejar aire (burbujas) al interior de los frascos. Seguidamente, las muestras (rotuladas) fueron debidamente conservadas en cajas isotérmicas (cooler) para su posterior traslado al Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego, Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM, donde finalmente se realizaron los análisis correspondientes (Anexo 2 y Tabla 10 del Anexo 4).

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

En toda la investigación se colectaron 27 muestras correspondientes a 3 del muestreo preliminar (piloto) y 24 del muestreo propiamente dicho.

### **3.4. INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS (MATERIALES).**

- GPS modelo marca GARMIN GPS MAP.62s
- Oxímetro Marca Corning, modelo M90
- Refractómetro Atago S/mill, 0-100‰ (ppt)
- pHmetro digital WTW pH 330
- Medidor TDS & Temp. marca HM Digital
- Cámaras fotográficas digitales Canon, modelos Power shot A470 (en campo) y SX710 HS (en análisis de laboratorio)
- Mallas Nytal 300  $\mu\text{m}$  de 30 cm L X 30 cm de  $\varnothing$  abertura (Red D-net, Red Surber)
- Frascos plásticos de 250 ml, frascos plásticos de 30 ml, frascos plásticos de 1 L
- Bandejas de plástico 40 cm L X 25 cm A X 5 cm H, y guantes manoplas.

- Cajas isotérmicas (coolers) de 10 L; Alcohol/formol.
- Instrumentos de laboratorio (estiletas, canaletas, pinzas, placas Petri)
- Estereoscopio (macroscópico) Binocular XTX-7C-W (ocular 10x; objetivo de 2x/4x)
- Material de escritorio (libreta de anotaciones, lapiceros, marcadores, DVD)

### **3.5.PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.**

#### **3.5.1. Análisis de muestras:**

Una vez llevadas las muestras al laboratorio se procedió a depositar estas al interior de placas Petri para su observación en el estereoscopio. La observación se hizo de menor a mayor aumento (20x-40x). Durante el análisis se procedió a limpiar las muestras (Anexo 6), y separar los individuos en frascos de 30 ml, una vez determinados y registrados (Anexo 3).

Las observaciones se registraron en una libreta y la determinación de las comunidades de MIB se hizo con base en el uso de claves taxonómicas como las de Thorp y Rogers (2018), Domínguez y Fernández (2009), Fernandez y Dominguez (2001), Roldán (1996), Salcedo y Trama (2014), y otras publicaciones (Cap. VII). La toma fotográfica de los MIB se realizó a través del estereoscopio (macroscópico) y cámara fotográfica digital (Anexo 3, 5 y 7).

Cabe precisar que, previo al análisis de composición, estructura, índices bióticos, pruebas estadísticas y biodiversidad, se subclasificó y/o depuró del conteo regular propio de los análisis, antes indicados, a aquellos individuos que no se consideren comunidades MIB o a aquellos individuos o sus restos que no se tenga la debida claridad sobre sus condiciones como MIB, ejemplo: el orden Himenóptera y sus familias los cuales se clasificaron como *individuos ocasionales*; asimismo, los vertebrados o invertebrados *no determinables* (peces o renacuajos, larvas, pupas o adultos de invertebrados).

#### **3.5.2. Toma de datos:**

##### **– Composición**

Se realizó el registro de los taxa (definido como plural de taxón, el cual es un grupo de organismos emparentados) y número de individuos de las comunidades MIB (composición) (Anexo 7). Asimismo, se procedió con la segregación de los datos de composición de los taxa MIB en función de (i) la zona de la cuenca (alta, media y baja) y (ii) el evento de sucesión ecológica a causa de los deslizamientos (pre y post) (Anexo 8).



## - Estructura

Se realizó la caracterización o agrupamiento de los taxa de las comunidades MIB determinadas (estructura) en relación con los gremios tróficos (o alimenticios) G.A y/o gremios espaciales (o de hábitat) G.H basado en lo declarado o las características descritas en Merritt *et al.* (2017), Silveira-Manzotti *et al.* (2016), Uieda *et al.* (2016), Hepp *et al.* (2016), López van Oosterom *et al.* (2013), Domínguez y Fernández (2009), Tomanova y Usseglio-Polatera (2007), Lamouroux *et al.* (2004), Tomanova *et al.* (2006), Fernández y Domínguez (2001), Tachet *et al.* (1994), McCafferty (1983), Roldán (1996), Salcedo y Trama (2014). Con fines sistemáticos y estadísticos, se procedió con la conclusión o unificación de un gremio espacial (hábitat) y trófico (alimenticio) por cada taxa MIB determinado, redefiniéndose como morfogrupos. Se registró la frecuencia y porcentaje de incidencia de los gremios espaciales y tróficos (Tablas 17, 18, 19 y 20 del Anexo 9 y Tabla 57 y 58 del Anexo 15).

Seguido, se procedió con la segregación de la data de la estructura de las comunidades MIB (gremios) en función de (i) la zona de la cuenca (alta, media y baja) y (ii) el evento de sucesión ecológica a causa de los deslizamientos (pre y post) (Tablas 21, 22, 23 y 24 del Anexo 10). Finalmente, se realizó un análisis conjunto de los gremios tróficos o gremios espaciales y sus variaciones (Tablas 59, 61, 63 y 65 del Anexo 15).

## - Índices bióticos de macroinvertebrados acuáticos (bioindicadores de calidad)

Después de la determinación y conteo de los taxa e individuos de MIB (Tabla 14 del Anexo 7), se estimaron los índices: (1) Índice Biótico de Familias IBF (Chutter 1972, Hilsenhoff 1988), (2) Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera EPT (Carrera y Fierro 2001), (3) Índice Biótico Andino (Andean Biotic Index) ABI (Rios-Touma *et al.* 2014). Se aplicaron las fórmulas de los ítems 2.4.1, 2.4.2 y 2.4.3 del marco teórico (Anexo 12), a nivel: (i) global, (ii) la zona de la cuenca (alta, media y baja); y (iii) periodo de muestreo (primer, segundo, tercer y cuarto muestreo) (Tablas 28, 29 y 31 del Anexo 13).

Además, se aplicó los índices (IBF, EPT e IBA) por (iv) el tipo de muestreo cuantitativo: red Surber y perímetro 1 m<sup>2</sup> de rocas y/o ramas (por el periodo de muestreo), esto se realizó con el fin, adicional, de evaluar si la calidad de agua o condiciones ecológicas varían o tienen relación con el tipo de muestreo cuantitativo (Tabla 30 del Anexo 13).

Posterior a la aplicación de los índices (IBF, EPT e IBA); con fines sistemáticos y estadísticos se procedió a integrar y ajustar los valores de la sensibilidad o tolerancia de los taxa MIB determinados correspondientes a los índices IBF, EPT e IBA, con la adición de los valores de la guía de Carrera y Fierro (2001), redefiniéndose como morfogrupos, y como resultado establecer dos (2) grupos funcionales (resistente y sensible, o también llamados tolerantes y no tolerantes) en respuesta a la contaminación «calidad de agua o estado ecológico del cuerpo hídrico» (Tabla 32 del Anexo 14). Seguido, se contabilizó el número de individuos de los morfogrupos sensibles o resistentes en función de la (i) zona (alta, media, baja), (ii) tiempo o periodo de muestreo (primer, segundo, tercero y cuarto), (iii) sucesión por evento natural (pre y post), y adicionalmente, (iv) el tipo de muestreo (red Surber y perímetro 1 m<sup>2</sup> de rocas y/o ramas) (Tabla 33 del Anexo 14). Asimismo, se contabilizó el número de individuos sensibles y resistentes en determinados intervalos estadísticos resultantes de la medición de los parámetros fisicoquímicos de (v) T°, (vi) pH, (vi) OD, (vii) salinidad, (viii) TDS, (ix) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, (x) PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, y (xi) K (Tabla 11 del Anexo 4, y Tabla 34 del Anexo 14).

### **3.5.3. Pruebas estadísticas**

Se realizó un procesamiento estadístico, previo, a las variables del tipo continuas, determinando marcas de clase para cada intervalo de los parámetros fisicoquímicos: T°, pH, OD, Salinidad, TDS, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, K (Tabla 11 del Anexo 4). El cálculo de los intervalos de clase y marcas de clase se realizó manualmente, con previo cálculo del rango (R), regla de Sturges para determinar el número de intervalos (m), amplitud interválica (C), exceso (E) (Barreto Rodríguez 2007) (Tabla 34 del Anexo 14).

La data correspondiente a los grupos funcionales (sensibles y resistentes) fue sometida a pruebas estadísticas básicas: promedio o media muestral ( $\bar{X}$ ), varianza ( $S^2$ ), desviación estándar o típica (S), coeficiente de variación (CV) –aplicando las fórmulas en el ítem 2.6.1 del marco teórico a través del Programa SPSS v.15 para Windows (IBM 2009)– a fin de analizar la variación respecto a (i) la zona de la cuenca (alta, media y baja), (ii) el periodo de muestreo (tiempo), (iii) evento de sucesión ecológica a causa de los deslizamientos (pre y post), y (iv) el tipo de método de muestreo (red Surber y perímetro de 1 m<sup>2</sup>), (Tablas 35, 37, 39 y 41 del Anexo 15) y parámetros fisicoquímicos (v) T°, (vi) pH, (vii) OD, (viii) salinidad, (ix) TDS, (x) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, (xi) K (Tablas 43, 45, 47, 49, 51, 53 y 55 del Anexo 15).

Por otro lado, los datos correspondientes a los morfogrupos (gremios espaciales y gremios tróficos) fueron sometidos a pruebas estadísticas básicas: promedio o media muestral ( $\bar{X}$ ), varianza ( $S^2$ ), desviación estándar o típica ( $S$ ), coeficiente de variación ( $CV$ ), a fin de analizar la variación en relación con (i) la zona de la cuenca (alta, media y baja) (Tablas 59 y 61 del Anexo 15), y (ii) evento de sucesión (pre y post) (Tablas 63 y 65 del Anexo 15).

Seguidamente, como prueba de hipótesis de independencia se usó la prueba de Chi cuadrado ( $\chi^2$ ) a fin de comprobar si el número de individuos de los morfogrupos: grupos funcionales (sensibles y resistentes) (Tablas 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54 y 56 del Anexo 15) y gremios espaciales y tróficos (Tablas 60, 62, 64 y 66 del Anexo 15), por separado, dependen de los factores antes indicados en los análisis de variación. Finalmente, se procedió a cuantificar dicha dependencia a través de un coeficiente para medición de intensidad en tablas rxc [coeficientes de contingencia de Pearson ( $C$ ) y  $V$  de Cramer ( $V$ )] aplicando las fórmulas contenidas en el ítem 2.6.2 del marco teórico (Barreto Rodríguez 2007).

Formulación de hipótesis para prueba Chi cuadrado o Prueba de independencia.

$H_0$ : Existe independencia entre las características.

Se realizó un resumen de la data estadística referida a la variación y grado de asociación de los datos de grupos funcionales (Tabla 67 y 68 del Anexo 16) y gremios (Tablas 69, 70 y 71 del Anexo 16). Además, se ingresó la data en el programa Excel a fin de apreciar de modo gráfico la variación de los datos de (i) los gremios (Figuras 34-41 del Anexo 15, y Figuras 7, 8 y 9) y (ii) los grupos funcionales (Figuras 12-33 del Anexo 15, y Figuras 10 y 11).

#### 3.5.4. Biodiversidad

Se procedió con la evaluación de la biodiversidad alfa y beta, a través de las fórmulas en el ítem 2.5.2 del marco teórico (Moreno 2001). La biodiversidad fue evaluada en función de la zona de cuenca (alta, media y baja) y sucesión por evento natural (pre y post), se consideró a cada uno de estos como hábitats diferentes (Tabla 72, 73, 74 y 75 del Anexo 17).

Diversidad alfa: índice de riqueza específica ( $S$ ), índice de Shannon-Wiener ( $H'$ )

Diversidad beta: coeficiente de similitud de Sorensen cualitativo ( $I_s$ ), coeficiente de similitud de Sorensen cuantitativo ( $I_{scuant}$ ,  $C_n$ ,  $S_{jk}$  o  $CS_{jk}$ ), índice de Bray Curtis de disimilitud ( $d_{12}$  o  $D_{jk}$ ).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producto del análisis de 27 muestras de la cuenca del río San Alberto –colectadas entre el periodo de abril del 2012 (muestreo preliminar) y abril del 2013 (cuarto muestreo)– se determinó la presencia de 58 taxa de macroinvertebrados bentónicos MIB, cuantificando un total de 9 303 individuos (Tabla 12 del Anexo 5, y Tabla 14 del Anexo 7).

Es preciso señalar que, los 58 taxa MIB se determinaron al nivel máximo resolución taxonómica posible en función del objeto del estudio y conforme las características sistemáticas lo permitieron, (Thorp y Rogers 2018, Merritt *et al.* 2017, Salcedo y Trama 2014, Domínguez y Fernández 2009, Fernández y Domínguez 2001, Roldán 1996). Los taxa corresponden a 52 familias, una (1) superfamilia, un (1) infraorden y cuatro (4) órdenes.

Para este estudio, la cantidad de los taxa que se agrupan en función de los gremios (estructura) o sensibilidad (función) se denominarán morfogrupos dado que no estarán en función estricta de la taxonomía –lo cual autores como Cunha *et al.* (2019,) Uieda *et al.* (2016) denominan OTU Operational Taxonomic Unities (Unidades Taxonómicas Operacionales UTO), u Ospina-Bautista *et al.* (2004) denominan morfoespecies (morphospecies).

En cuanto a la presencia de muestras colectadas en la cuenca del río San Alberto, las familias más frecuentes, presencia en más del 50 % de las 27 muestras, fueron Simuliidae (26 muestras), Chironomidae (26), Baetidae (24), Leptoceridae (20), Elmidae (20), Hydropsychidae (18), Perlidae y Leptohiphidae (16), Tipulidae, Hydrobiosidae y Glossosomatidae (15), y Helicopsychidae (14). En cuanto a la abundancia de individuos, las familias más abundantes fueron Simuliidae con 2350 individuos (25 %), Chironomidae 1762 (19%), Leptoceridae 1173 (13%), Baetidae 1137 (12%) y Glossosomatidae 871 (9%), estas familias corresponden a los órdenes Ephemeroptera, Diptera y Tricoptera, en similar sentido a lo reportado por Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), Trama *et al.* (2020) durante sus estudios de MIB en la cuenca del río San Alberto - Oxapampa (Figuras 5 y 6).

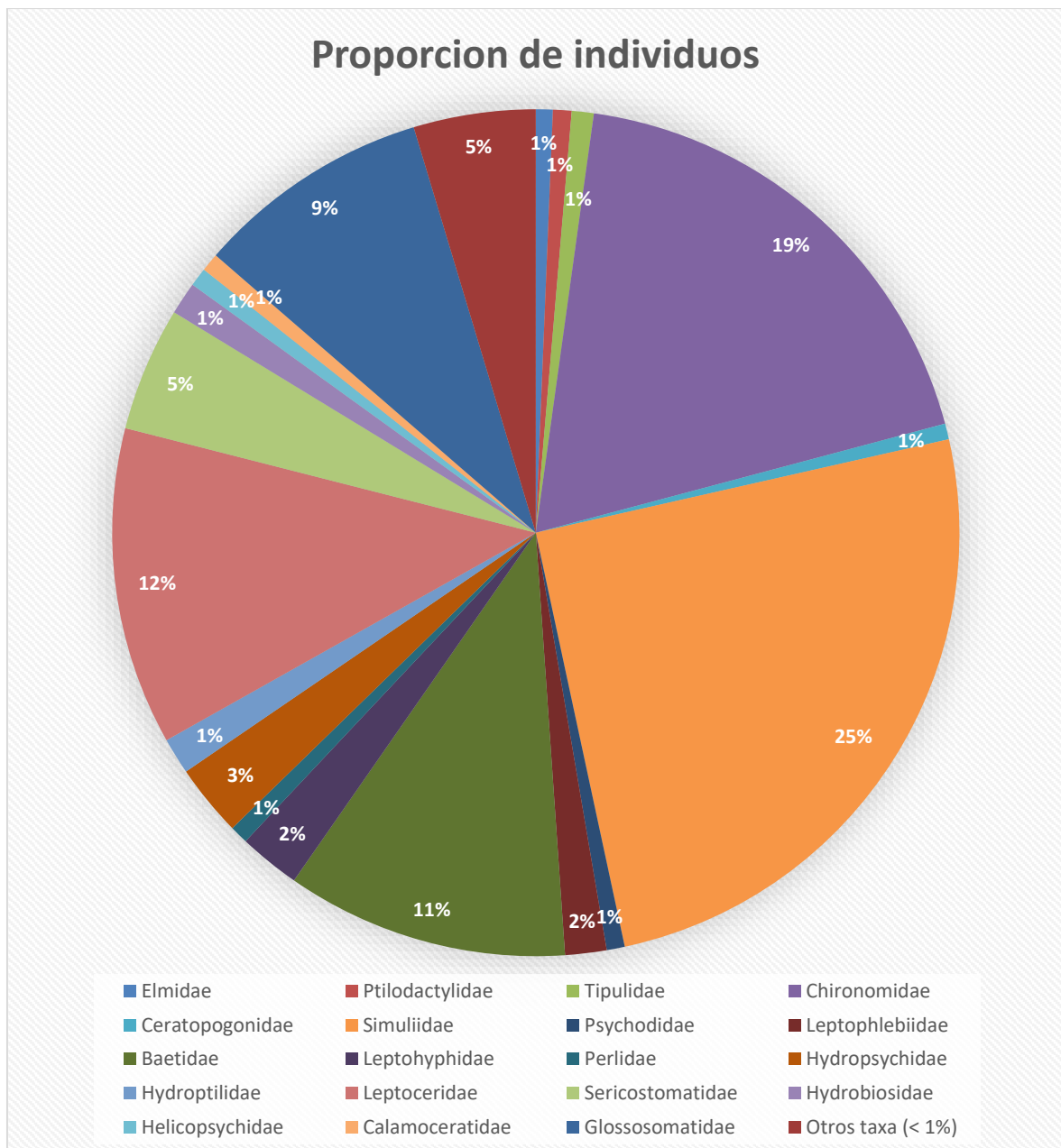
Es preciso mencionar que, la notable presencia y abundancia de individuos de Baetidae, Chironomidae y Simuliidae no es inusual dado que estudios como Meneses-Campo *et al.* (2019), Villada-Bedoya *et al.* (2017) en Colombia, Silveira-Manzotti *et al.* (2016) en Brazil, han reportado tendencias similares a lo reportado en la cuenca San Alberto, de igual manera los estudios de Uieda *et al.* (2016), Hepp *et al.* (2016), Barros *et al.* (2016), Pereira *et al.* (2014), Bagatini *et al.* (2012), y Rezende (2007) en Brazil, Corroto *et al.* (2016), y Molina *et al.* (2008) en Perú, reportan mayor presencia y abundancia de los órdenes Ephemeroptera, Diptera y Tricoptera.

Por otro lado, los taxa con limitada o reducida abundancia de individuos corresponden a las familias Limnesiidae, Hygrobatidae y Torrenticolidae, del orden Acarí; las familias Limnichidae, Hydrophilidae, Dryopidae, Staphylinidae y Chrysomelidae, del orden Coleóptera; las familias Dixidae, Dolichopodidae, Tabanidae, Syrphidae y Ephydriidae, del orden Díptera; la familia Oligoneuriidae, del orden Ephemeroptera; el infraorden Gerromorpha, y familias Gelastocoridae y Veliidae, del orden Hemíptera; la super familia Pyraloidea, del orden Lepidóptera; la familia Corydalidae, del orden Megaloptera; las familias Anomalopsychidae, Philopotamidae, Xiphocentropodidae, Polycentropodidae y Rhyacophilidae, del orden Tricoptera; los orden Glossiphoniiformes y Haplotaxida, del filo Annelida; la familia Physidae, del filo Mollusca; el orden Gordioidea, del filo Nematomorpha; el orden Podocopida, y las familias Oniscoidea e Hyalellidae, del sub filo Crustácea.

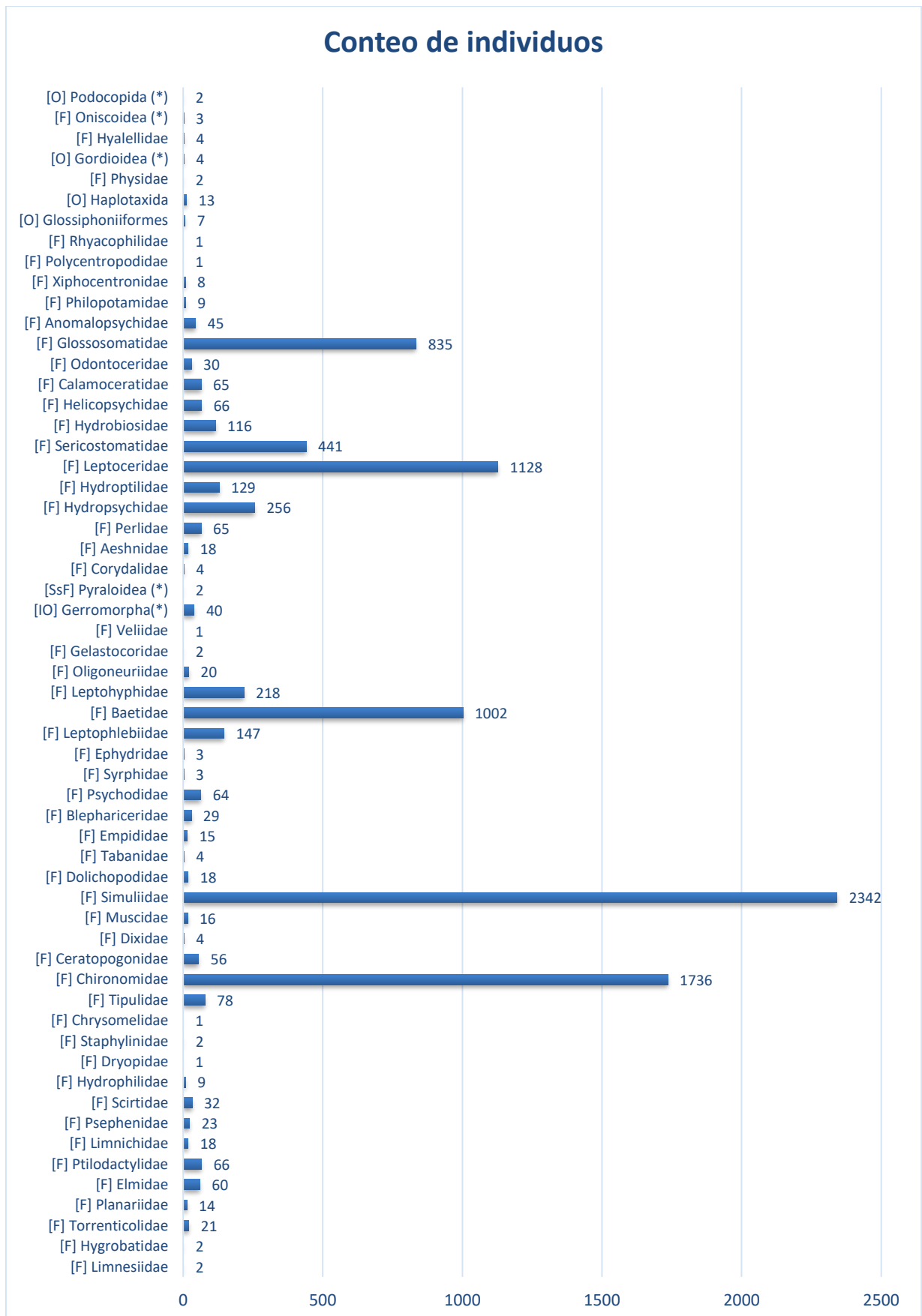
El presente estudio de la cuenca del río San Alberto ha registrado, aunque de forma limitada, la presencia de Gelastocoridae (2 individuos:2 muestras), Rhyacophilidae (1:1), Limnesiidae (1:1), Hygrobatidae (1:1), Torrenticolidae (22:7), Limnichidae (1:1), Dryopidae (1:1), Staphylinidae (2:2), Chrysomelidae (1:1), Dolichopodidae (9:4), Tabanidae (4:4), Syrphidae (2:2), Glossiphoniiformes (7:5), Haplotaxida (14:8), Physidae (1:1), Gordioidea (4:3) y Podocopida (2:2), esto en adición a lo reportado por Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), Trama *et al.* (2020).

La sobresaliente hasta la reducida o limitada presencia de determinados taxa, señaladas en los párrafos precedentes, sería efecto de diversas causas tales como la distribución biogeográfica, y las condiciones físicas, químicas o biológicas en el entorno de los individuos MIB (Silveira-Manzotti *et al.* 2016, Domínguez y Fernández 2009, Cheshire *et al.* 2005, Uieda y Motta 2007, Statzner y Bêche 2010), incluso se puede considerar el efecto del

método y esfuerzo de muestreo en la determinación de determinados taxa (Stark *et al.* 2001, Moore y Murphy 2015, Wantzen y Rueda-Delgado 2009). En sí mismo, no es posible atribuir que la razón de la variación en la abundancia o proporción de determinados taxa (Figura 5 y 6) este en función de un único factor o causa específica. Por lo antes mencionado, el presente estudio sobre las comunidades MIB explorará aspectos tales como la composición de los taxa (biodiversidad) (Tablas 72, 73, 74 y 75 del Anexo 17), la estructura de los morfogrupos: gremios (Tabla 71 del Anexo 16, y Figura 9) y los grupos con función de bioindicador y su relación con determinados factores (Tabla 68 del Anexo 16, y Figura 11).



**Figura 5.** Proporción de individuos por taxa en la cuenca del río San Alberto.



**Figura 6.** Conteo de individuos por taxa identificable.

Como resultado del análisis de las zonas de la cuenca del río San Alberto (alta, media y baja), desde el muestreo preliminar hasta el cuarto muestreo, se aprecia que la zona alta registró el mayor número de individuos (3 373) y taxa (48), seguido de la zona media (3 029) y (42) y por último la zona baja (2 901) y (40). Asimismo, las zonas alta y media registran 36 taxa en común, la zona media y baja 34, y las zonas baja y alta 32 (Tabla 15 del Anexo 8).

En la investigación realizada por Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), y Trama *et al.* (2020) la cantidad del total de los taxa determinados es mayor en la zona alta de la cuenca del río San Alberto que en la zona media y baja, mientras que, en lo referente a la abundancia media de individuos, la zona de la cuenca media predomina sobre la zona alta y baja. La diferencia entre el número de individuos como su distribución a lo largo de la cuenca entre el presente estudio y los realizados por Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), y Trama *et al.* (2020) se debe probablemente a las diferencias en el periodo de monitoreo Cunha *et al.* (2019) y el esfuerzo de muestreo (Stark *et al.* 2001, Moore y Murphy 2015, Wantzen y Rueda-Delgado 2009), además que el presente estudio incluye tres fechas de muestreo (preliminar, primer y segundo muestreo) cuyas condiciones físicas de la cuenca contrastan en mayor intensidad que las observadas dos últimas (tercer y cuarto muestreo).

De lo antes mencionado, cabe destacar que, el presente estudio se llevó a cabo trimestralmente entre abril del 2012 y abril del 2013, mientras que los otros estudios indicados fueron mensuales entre abril y julio del 2013 (Salcedo *et al.* 2013, Salcedo 2014), entre mayo y agosto 2013 (Trama *et al.* 2020); por lo tanto, la presente evaluación y las otras evaluaciones varían en cuanto al número de individuos y su distribución a lo largo de la cuenca dado que los estudios de Trama *et al.* (2020), Salcedo *et al.* (2013), y Salcedo (2014) se realizaron principalmente en la época seca, mientras que, la presente evaluación se realizó de forma uniforme en los periodos de época seca (mayo-agosto), época lluviosa (diciembre-marzo) y épocas de transición (MINAM 2015).

Conforme lo antes señalado, en este estudio se ha considerado a bien definir sobre la ocurrencia de un evento natural de efectos considerables sobre la cuenca del río San Alberto. En específico, se ha tomado al segundo muestreo como el pre-evento (pre) y al tercer muestreo como el post-evento (post), toda vez que en este último se reportó mayores eventos pluviales (lluvias) y por consiguiente mayor intensidad de corriente y caudal del río, desbordes, huaicos y/o deslizamientos al interior del cauce. Producto del análisis de los eventos de sucesión ecológica por causa natural (pre y post) se aprecia que el pre-evento



registró el mayor número de individuos (3 824) y taxa (43) mientras que el post-evento registró el menor número de individuos (458) y taxa (23). Respecto al registro de taxa en común pre y post evento de sucesión ecológica comparten el total de 20 taxa (Tabla 16 del Anexo 8). Por tanto, se puede afirmar que los taxa y su densidad de individuos se ve influenciada (efecto) por diversos factores o causas (Domínguez y Fernández 2009), antrópicos y hasta naturales, incluyendo la alteración de los niveles o la intensidad de las corrientes de agua (Zerlin y Henry 2014), y la relación con la fracción derivante de las comunidades MIB (Rodríguez y Otero 2019, Rodríguez y Duarte 2019, Rodríguez *et al.* 2017, Bello *et al.* 2015, Zanotto-Arpellino *et al.* 2015, Barroso *et al.* 2014, Guerra y Rodríguez 2017, Duarte 2018, Otero 2018, Parreira de Castro *et al.* 2018).

## **BIODIVERSIDAD**

Producto del análisis de biodiversidad alfa específico, de las comunidades MIB de la cuenca del río San Alberto, del tipo Shannon Weaver ( $H'$ ) se reporta que las tres zonas de la cuenca poseen alta biodiversidad: alta (3.37), media (3.35) y baja (2.51). Adicionalmente, luego del análisis de la biodiversidad beta (similitud-disimilitud): (i) la cualitativa de Sorensen reporta que la zona alta y media son similares en 80% de los taxa MIB, la zona media y baja son similares en 83%, y la zona baja y alta son en 73%, es decir varios de los taxa presentes en función de las zonas de la cuenca son considerablemente equivalentes; mientras que, (ii) la cuantitativa de Bray-Curtis reporta que la zona alta y media son similares en 51% de los individuos de los taxa MIB, la zona media y baja son similares en 42%, y la zona baja y alta son en 78% (Tabla 72, 73 y 74 del Anexo 17), es decir la proporción de individuos de los taxa determinados en función de las zonas de la cuenca son regularmente equivalentes.

Luego del análisis de biodiversidad alfa específico del tipo Shannon Weaver ( $H'$ ) se reporta que el evento pre-sucesión posee alta biodiversidad (3.24), mientras el evento post-sucesión reduce el valor de biodiversidad (1.59). Para el análisis de la biodiversidad beta (similitud-disimilitud): (i) la cualitativa de Sorensen reporta que la fase pre y post evento son similares en 61% de los taxa MIB, es decir varios de los taxa presentes en función del eventos de sucesión ecológica son moderadamente equivalentes; por otro lado, (ii) la cuantitativa de Bray-Curtis reporta que la fase pre y post evento son similares en 21% de los taxa MIB, es decir la proporción de individuos de los taxa determinados en función del eventos de sucesión ecológica son algo equivalentes (Tabla 75 del Anexo 17). Tal como previamente se ha indicado, los eventos naturales (lluvias intensas, mayor corriente, deslizamientos, desbordes,

u otros) habrían tenido efecto sobre la variedad de los taxa, y sus individuos (biodiversidad), bajo condiciones tales como la fracción derivante de las comunidades MIB (Rodríguez y Otero 2019, Rodríguez y Duarte 2019, Rodríguez *et al.* 2017, Bello *et al.* 2015, Zanotto-Arpellino *et al.* 2015, Barroso *et al.* 2014, Guerra y Rodríguez 2017, Duarte 2018, Otero 2018, Parreira de Castro *et al.* 2018, Zerlin y Henry 2014). Tanto los registros pre y post evento fueron realizados con el mismo esfuerzo de muestreo.

Es necesario señalar que, como señalan Maclaurin y Sterelny (2008) en Lynch (2009), la evaluación de la biodiversidad requiere el reconocimiento y cuantificación de los elementos significativos del ecosistema y la diferencia en el grado de importancia de estos, y por ende, relevante al momento de aplicar acciones de conservación, enfocada en gran medida a la diversidad filogenética y genotípica, además del estudio ecológico, evolución, incluso manejo y monitoreo ambiental (Spellerberg, 1991, en Moreno 2001). Esto no sería ajeno a lo abordado en los índices multimétricos (Prat *et al.* 2009, Mena Mejía *et al.* 2017, Baptista *et al.* 2007, Carter *et al.* 2017), dado que, analizar la biodiversidad resulta muy conveniente ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, va más allá de un simple listado de especies en una zona (Moreno 2001), incluso podría complementar a un estudio enfocado en bioindicadores. Y, posiblemente sea vital al comparar las estructuras gremiales tróficos G.H. y espaciales G.A. dada la relación de las comunidades MIB, o sus estructuras, y los factores ontogénicos, biodiversidad y hábitats, entre otros (Merritt *et al.* 2017, Silveira-Manzotti *et al.* 2016, Hepp *et al.* 2016, Uieda y Motta 2007, Cheshire *et al.* 2005).

Tal como se aprecia los valores de biodiversidad usando Shannon-Weaver (Tablas 72 y 75 del Anexo 17) se ubicarían dentro de los valores normales ( $H' = 1.5 - 3.5$ ), según el rango descrito en Cárdenas-Castro *et al.* (2018), sin embargo, no del todo congruente con las variaciones reportadas en cuanto a los bioindicadores (Tablas 29 y 30 del Anexo 13), lo cual fue previsto por Prat *et al.* (2009) en Cárdenas-Castro *et al.* (2018) al señalar que Shannon-Wiener considera únicamente la riqueza y abundancia y no toman en cuenta los niveles de sensibilidad o resistencia a la contaminación, no siendo por tanto bioindicadores de calidad de agua. Incluso Pimentel Jara (2014) lista algunas limitaciones del índice de Shannon: (i) se puede obtener el mismo valor del índice para una comunidad con baja riqueza y alta equidad como para una con baja equidad y alta riqueza (Moya 2006), (ii) subestima la diversidad si la muestra es pequeña (Warwick y Clarke 1995), (iii) no distingue entre especies o familias tolerantes (i.e. quironomidos) de las poco tolerantes (i.e. perlidae) (France 1990; citado por

Moya 2006), y (iv) se puede obtener valores falsos negativos al evaluar el incremento en abundancia sin excluir especies tolerantes de contaminación (Metcalf, 1994).

En cuanto a los índices beta (Tablas 73, 74 y 75 del Anexo 17) se aprecia que la diferencia entre índices cualitativos y cuantitativos no es significativa en cuanto a las zonas de la cuenca San Alberto, contrario a lo observado en el análisis de la sucesión ecológica natural, quizá se debería a que no solo se realiza una comparación interespecífica (o de taxa para el presente estudio) y por ende su nicho ecológico sino que se incluye la biomasa o abundancia de estos, análisis que resalta al momento de comparar el pre evento y post evento de sucesión ecológica (Moreno 2001), dado que estos eventos naturales cambiaron la disposición y composición de los taxa, algo similar al comparar la zona media y baja de la cuenca (42%) dado el posible efecto de las actividades antrópicas (Salcedo *et al.* 2013, Meneses-Campo *et al.* 2019, Salcedo 2014, Trama *et al.* 2020).

## **ESTRUCTURAS GREMIALES**

Es necesario indicar que, basado en la clasificación de los tipos de gremios presentada por Wilson (1999) en Lopez de Casenave (2001), este estudio se enfoca básicamente en los *gremios alfa* (uso de recursos) tales como gremios tróficos o alimenticios, y los *gremios beta* (respuesta a condiciones ambientales) tales como gremio espacial o de hábitats, en similar sentido a los gremios, grupos o morfogrupos señalados por Villamarín Flores (2012).

Producto de la revisión bibliográfica y la evaluación de las características de las comunidades MIB del río San Alberto, preliminarmente, se determinó diez (10) estructuras gremiales espaciales o en función del hábitat (**G.H**): **Saltadores** (Jumpers), **Patinadores** (Skaters), **Nadadores** o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers), **Buzos** o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers), **Bentónicos** o Arrastradores CL 1 (Benthic), **Extensores** o Depositados (Sprawlers), **Agarradores** o Fijadores temporales TA 1 (Clingers), **Raspadores** o Cavadores epibentónicos EpB (Scrapers), **Perforadores** (Piercers), y **Excavadores** o Cavadores endobentónicos EnB (Burrowers). Asimismo, diez (10) estructuras gremiales tróficas o alimenticias (**G.A**): **Omnívoros** (Omnivores), **Carroñeros** o raspador (Scavengers), **Plantónicos** (planctonic), **Herbívoros** (Herbivores), **Colectores** o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors), **Depredadores** (Predators), **Trituradores** (Shredders), **Filtradores** (Filterers), **Ectoparásitos** o Epa (Ectoparasites), y **Perforadores** (Piercers) (Tabla 17 del Anexo 9).

Es necesario precisar que, producto de la revisión bibliográfica antes señalada, y la búsqueda de otras publicaciones, se evidencia que los estudios de las estructuras gremiales en comunidades MIB son principalmente de estructuras gremiales tróficas o alimenticias (G.A), por encima de estudios de estructuras gremiales espaciales o en función del hábitat (G.H). Incluso Merritt *et al.* (2017) describe métodos para determinación grupos alimenticios MIB.

Tal como sugiere la clasificación de Wilson (1999) en Lopez de Casenave (2001), los gremios alfa y beta pueden ser subclasificados en: a priori subjetivos, a priori comprobados, objetivos de caracteres, intrínsecos (alfa), y de distribución espacial, distribución temporal, subjetivos de caracteres beta, objetivos de caracteres beta y hasta de respuesta a factores ambientales (beta). Es decir, no hay un único criterio para definir el tipo de agremiación, incluso su nominación podría variar, por lo cual en el presente estudio se procedió a determinar los gremios de los morfogrupos colectados, basado en la evaluación de bibliografía, las características morfológicas y/o según lo registrado durante la fase de muestreo y análisis, procurando identificar la expresión de similitudes y diferencias de los patrones intergremiales, tal como señalan Holmes y Recher en 1986, en Lopez de Casenave (2001). En si se podría afirmar que no hay estudios concluyentes respecto a determinados gremios (G.H o G.A), dado que no todas las investigaciones han estudiado los mismos morfogrupos MIB, y si fuesen las mismas, estas podrían manifestar características diferentes, incluso dentro de la misma comunidad, en otras zonas geográficas o bajo determinadas condiciones, con lo cual dificulta un acuerdo o consenso científico rotundo aun cuando existen diversos estudios que indican o recogen estructuras gremiales (Merritt *et al.* 2017, Silveira-Manzotti *et al.* 2016, Uieda *et al.* 2016, Hepp *et al.* 2016, Salcedo y Trama 2014, López van Oosterom *et al.* 2013, Villamarín Flores 2012, Tomanova y Usseglio-Polatera 2007, Uieda y Motta 2007, Lamouroux *et al.* 2004, Tomanova *et al.* 2006, Cheshire *et al.* 2005, Tachet *et al.* 1994), incluso Villada-Bedoya *et al.* (2017) se abstiene de indicar un consenso referente a la definición de gremios o morfogrupos para determinados taxa de MIB.

Según lo previamente indicado la agremiación de los morfogrupos y su nominación queda algunas veces en función del criterio del autor, soportando criterios subjetivos como objetivos (Wilson, 1999, en Lopez de Casenave 2001). En este estudio, por ejemplo, algunos de los morfogrupos MIB se establecieron como producto de declaración bibliográfica explícita, o según sus características, algunas se enmarcarían en una (1) única estructura gremial G.H, mientras que, otras llegan hasta presentar la combinación total de hasta cuatro (4)

combinaciones. Asimismo, en cuanto al análisis de los morfogrupos MIB en función de la estructura gremial G.A, algunas presentan una (1) única estructura gremial G.A y otras hasta llegan al total de cinco (5) o siete (7) combinaciones (Tabla 17, del Anexo 9).

De la lectura de la Tabla 17, del Anexo 9, se aprecia que los morfogrupos de una (1) estructura gremial G.H son **Limnichidae, Oniscoidea y Physidae** (Bentónicos), mientras que los morfogrupos de cuatro (4) estructuras gremiales G.H son **Ceratopogonidae** (Agarradores, Bentónicos, Extensores y Raspadores), **Chironomidae** (Buzos, Bentónicos, Agarradores y Excavadores), **Dixidae** (Buzos, Bentónicos, Agarradores y Raspadores), **Syrphidae** (Bentónicos, Agarradores, Raspadores y Excavadores), **Baetidae** (Buzos, Bentónicos, Agarradores y Nadadores), **Gelastocoridae** (Buzos, Bentónicos, Raspadores y Excavadores), **Leptoceridae** (Agarradores, Bentónicos, Extensores y Perforadores).

Y en cuanto a los morfogrupos de una (1) estructura gremial G.A son **Tabanidae, Gelastocoridae, Gerromorpha, Veliidae, Corydalidae, Aeshnidae, Perlidae, Hydrobiosidae y Rhyacophilidae** (Depredadores) y **Gordioidea** (Ectoparásitos), mientras que los morfogrupos de cinco (5) estructuras gremiales G.A son **Scirtidae** (Carroñeros, Herbívoros, Depredadores, Colectores y Filtradores), **Leptoceridae** (Omnívoros, Depredadores, Colectores, Herbívoros y Trituradores) y **Chironomidae** (Omnívoros, Carroñeros, Herbívoros, Colectores, Depredadores, Trituradores y Ectoparásitos) (Tabla 17).

Por lo antes mencionado, y en marco del desarrollo de la presente investigación –el análisis y síntesis de la data bibliográfica consultada y las características de los 58 taxa– se procedió con la unificación de los gremios G.H, dando como resultado seis (6) gremios, desde los más a los menos frecuentes, Bentónicos (37 morfogrupos), Agarradores (8), Buzos (7), Nadadores (2), Excavadores (2) y Patinadores (2) (Tablas 18 y 19 del Anexo 9, y Tabla 57 del Anexo 15). Según la síntesis de los gremios G.H, del presente estudio, se reporta que la mayor porción de morfogrupos (no numero individuos) corresponderían al tipo Bentónicos, posiblemente debido al contacto directo de estos morfogrupos con el sustrato y el hecho de no verse arrastrados por la deriva de corriente (Zanotto-Arpellino *et al.* 2015), u otros factores ambientales (Wilson 1999, y Gitay y Noble 1997, en Lopez de Casenave 2001; Villamarín Flores 2012) (Tabla 10 del Anexo 4, Tabla 25, 26 y 27 del Anexo 11), y además que los métodos de colecta cuantitativos usados (Stark *et al.* 2001), por ejemplo, los métodos de red Surber, y rocas y ramas implican la remoción y colecta directa del sustrato durante la colecta de MIB (Tabla 13 del Anexo 6). Es así que, en estudios como Tomanova y Usseglio-

Polatera (2007) se precisa la presencia de los morfogrupos Benthic o Bentónicos (Epibenthic burrower y/o Endobenthic burrower) en cada punto de muestreo. Por otro lado, los Skaters son poco comunes, dado que se ven reducidos a morfogrupos que tengan modificaciones especializadas en su morfología para «patinar» sobre la superficie del agua, tales como, patas medias más largas, uñas preapicales o subapicales, tarsos medios abanicados, plumosos, u hojuelas (Domínguez y Fernández 2009).

Asimismo, se procedió con la unificación de los gremios G.A, dando como resultado nueve (9) gremios, desde los más a los menos frecuentes, Depredadores (18 morfogrupos), Colectores (11), Carroñeros (9), Omnívoros (7), Trituradores (5), Herbívoros (4), Ectoparásitos (2), Plantónicos (1) y Filtradores (1) (Tabla 18 y 20 del Anexo 9, y Tabla 58 del Anexo 15). A diferencia de estudios como el realizado por Hepp *et al.* (2016), el presente estudio reporta que los morfogrupos (no número de individuos) mayormente son Depredadores; no obstante, en Silveira-Manzotti *et al.* (2016) se precisa que existen diversos factores –ontogénicos, temporales, espaciales, cambios individuales de la dieta o diversidad en las estrategias de alimentación– que hacen difícil clasificar a los MIB en una única o consistente categoría trófica (asunción general), incluso en esta última se subclasifica a los Depredadores o predators como specialist-predators (captura solo insectos acuáticos) y generalist-predators (captura también otros animales). La composición gremial de la cuenca está en función tanto de la biomasa, abundancia y riqueza de especies vinculadas (Cheshire *et al.* 2005), o bajo influencia del hábitat o condiciones ambientales (Uieda y Motta 2007). En este estudio, como en el realizado por Cheshire *et al.* (2005), los Depredadores indicarían un ecosistema con alta biomasa y riqueza de especies acuáticas.

### **Estructuras gremiales espaciales o en función del hábitat (G.H)**

Producto de la sistematización de los gremios G.H por zona (alta, media y baja) se aprecia que los gremios o morfogrupos más abundantes (cantidad de individuos) son Agarradores, Buzos y Bentónicos con 4 518, 3 154 y 1 557 individuos, respectivamente –Agarradores se distribuyen de forma similar a lo largo de la cuenca: alta (1 579), media (1 423) y baja (1 516), mientras Buzos se distribuye de forma no similar: baja (1 181), alta (1 107) y media (866), de igual modo Bentónicos: media (733), alta (633) y baja (191)– por otro lado, los G.H menos abundantes son Patinadores, Excavadores y Nadadores con 41, 27 y 6 individuos, respectivamente –Patinadores se distribuye de forma no similar: alta (40), media (1) y baja

(0), mientras Excavadores se distribuye de forma no similar: alta (12), baja (10) y media (5), de igual modo Nadadores: baja (3), alta (2) y media (1) (Tabla 21 del Anexo 10).

Del análisis estadístico en función de la zona de la cuenca, se aprecia que, los individuos de los G.H tienen los siguientes **coeficientes de variación** C.V: Patinadores (167%), Bentónicos (56%), Nadadores (50%), Excavadores (40%), Buzos (16%) y Agarradores (5%) (Tabla 59 y Figura 34 y 35 del Anexo 15), asimismo, según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables gremio espacial o de hábitat G.H (número de individuos de los G.H. Patinadores, Bentónicos, Nadadores, Excavadores, Buzos y Agarradores) y zona de la cuenca (alta, media y baja) son variables dependientes ( $X^2_{(0)}=435.946 > X^2_{(1)}=18.307$ ). Estadísticamente se aprecia que existe una relación entre las variables Zonas de muestreo (o nivel de la cuenca) y los gremios espaciales; sin embargo, es una relación muy mínima o poco existente, cuyos **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.212, 0.260 y 0.153, respectivamente, respecto al V Max de 0.816 (Tabla 60 del Anexo 15).

Producto de la sistematización de los G.H por evento de sucesión ecológica (pre y post) se aprecia que los gremios más abundantes son Agarradores, Buzos y Bentónicos con 2 357, 1 274 y 616 individuos, respectivamente –las cuales no se distribuyen de forma similar, siendo la fase pre evento la de mayor abundancia respecto a la fase post: Agarradores (2 306), Buzos (889) y Bentónicos (596)– por otro lado, los G.H menos abundantes son Patinadores, Excavadores y Nadadores con 21, 14 y 2 individuos, respectivamente –distribuidas de forma no similar, de igual modo, la fase pre evento es la de mayor abundancia respecto a la fase post: Patinadores (21), Excavadores (12), Nadadores (2) (Tabla 23 del Anexo 10).

Del análisis estadístico en función del evento de sucesión, los individuos de los G.H tienen los siguientes **coeficientes de variación** C.V: Patinadores (141%), Nadadores (141%), Agarradores (135%), Bentónicos (132%), Agarradores (101%) y Buzos (56%) (Tabla 63 y Figura 38 y 39 del Anexo 15), asimismo, según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables gremio espacial o de hábitat G.H. (número de individuos de los G.H Patinadores, Nadadores, Agarradores, Bentónicos, Agarradores y Buzos) y evento de sucesión (pre y post) son variables dependientes ( $X^2_{(0)}=727.067 > X^2_{(1)}=11.070$ ). Estadísticamente se aprecia que existe una relación entre las variables Sucesión Ecológica (o pre y post evento) y los gremios espaciales, con una relación casi moderada, cuyos **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.381, 0.539 y 0.412, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 64 del Anexo 15), esto como evidencia que las alteraciones

naturales (periodos de inundación) afectan la heterogeneidad de los hábitats (Pinha *et al.* 2016, Zerlin y Henry 2014), y, por tanto, la presencia de los morfogrupos y sus individuos.

Al realizar la comparación conjunta de la variación de la data de las **zonas de la cuenca** y **evento de sucesión ecológica** referente al gremio espacial o de hábitat G.H se aprecia que: (i) **Agarradores** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza baja, del tipo homogénea, en contraste al evento de sucesión ecológica con una varianza alta, del tipo muy heterogénea; (ii) **Bentónicos** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza baja, del tipo muy heterogénea, y referente al evento de sucesión ecológica su varianza es alta, del tipo muy heterogénea; (iii) **Buzos** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza baja, del tipo medianamente homogénea, y referente al evento de sucesión ecológica su varianza es baja, del tipo muy heterogénea; (iv) **Excavadores y Nadadores** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza baja, del tipo heterogénea, y referente al evento de sucesión ecológica su varianza es alta, del tipo muy heterogénea; (v) **Patinadores** referente a la zona de muestreo y el evento de sucesión ecológica su varianza es alta, del tipo muy heterogénea (Tabla 69 del Anexo 16, y Figura 7).

Los integrantes de los gremios o morfogrupos Agarradores, Buzos, Excavadores, y Bentónicos, serían los más abundantes y/o con menor variación, posiblemente, debido a que estos individuos se adhieren al sustrato, o tienen relación ocasional con el mismo, y por tanto probablemente resisten más el arrastre de la corriente de agua (Tomanova y Usseglio-Polatera 2007). Mientras que los gremios o morfogrupos Nadadores y Patinadores estarían sometidos a la deriva de corriente (Rodríguez y Otero 2019, Rodríguez y Duarte 2019, Rodríguez *et al.* 2017, Bello *et al.* 2015, Zanotto-Arpellino *et al.* 2015, Barroso *et al.* 2014, Guerra y Rodríguez 2017, Duarte 2018, Otero 2018, Parreira de Castro *et al.* 2018) o velocidad de la corriente superficial, reduciendo la posibilidad de ser colectados por el desplazamiento a causa de eventos de la corriente o debido a sus propias estrategias de desplazamiento (Domínguez y Fernández 2009, McCafferty 1983), y más si el estudio hace uso de métodos que requieren colecta desde el sustrato, por tanto, en modo relacionado al método de muestreo (Stark *et al.* 2001, Wantzen y Rueda-Delgado 2009, Cunha *et al.* 2019).

Una vez se estableció la dependencia de las condiciones externas (zona de muestreo, y evento de sucesión ecológica) y los gremios espaciales o de hábitat G.H, se procedió con la **comparación del grado de asociación** de las variables, dando como resultado que los G.H y (i) el **evento de sucesión ecológica** mantiene una **relación casi moderada**; mientras que



con respecto a (ii) la **zona de muestreo** mantiene una **relación muy mínima o poco existente** (Tabla 71 de Anexo 16, y Figura 9). Es decir, eventos naturales como las inundaciones, deslizamientos o intensas precipitaciones tienen mayor efecto que la zona de muestreo sobre la presencia de los gremios espaciales o de hábitat G.H, lo cual no significa que estas zonas no tengan influencia alguna, dado que estas pueden ofrecer diversas condiciones en sus hábitats –diferentes grados de corriente y erosión y diferencias en el sustrato que van desde rocas, ramas, detritos, arena o estructuras artificiales– y que podrían tener efecto moderados en la presencia o proporción de los G.H (variabilidad espacial o temporal de los morfogrupos) (Tachet *et al.* 1994, Tomanova y Usseglio-Polatera 2007).

### **Estructuras gremiales tróficas o alimenticias (G.A)**

Producto de la sistematización de los gremios tróficos o alimenticios G.A por zona (alta, media y baja) se aprecia que los gremios o morfogrupos más abundantes (cantidad de individuos) son Omnívoros, Filtradores, Colectores y Herbívoros con 3 279, 2 350, 1 911 y 1 005 individuos, respectivamente –Omnívoros se distribuye de forma no similar: alta (1 270), media (1 207) y baja (802), de igual modo Filtradores: baja (1 188), alta (1 081) y baja (81), Colectores: media (935), alta (544) y baja (432)– seguido de los G.A medianamente abundantes Depredadores, Carroñeros y Trituradores con 446, 199 y 100 individuos, respectivamente –Depredadores se distribuye de forma no similar: alta (220), media (161) y baja (65), del mismo modo Trituradores: alta (44), media (41) y baja (15), mientras que Carroñeros se distribuye de forma similar: baja (75), media (63) y alta (61). Por otro lado, los menos abundantes son Ectoparásitos y Plantónicos con 11 y 2 individuos, respectivamente –Ectoparásitos se distribuye de forma no similar: alta (5), baja (4) y media (2), de igual modo Plantónicos: alta (2), media y baja (0) (Tabla 22 del Anexo 10).

Del análisis estadístico en función de la zona de la cuenca, los individuos de los G.A tienen los siguientes **coeficientes de variación** C.V: Plantónicos (173%), Filtradores (78%), Depredadores (53%), Trituradores (48%), Ectoparásitos (42%), Colectores (41%), Herbívoros (40%), Omnívoros (23%) y Carroñeros (11%) (Tabla 61 y Figura 36 y 37 del Anexo 15), asimismo, según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables gremio trófico o alimenticio G.A (número de individuos de los G.A Plantónicos, Filtradores, Depredadores, Trituradores, Ectoparásitos, Colectores, Herbívoros, Omnívoros y Carroñeros) y zona de la cuenca (alta, media y baja) son variables dependientes ( $X^2_{(0)}=1494.007 > X^2_{(1)}=28.869$ ). Estadísticamente se aprecia que, existe una relación entre las variables zonas de muestreo (o

nivel de cuenca) y gremios tróficos; sin embargo, es una relación mínima y muy pobre, cuyos **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.372, 0.456 y 0.283, respectivamente, respecto al V Max de 0.816 (Tabla 62 del Anexo 15).

Producto de la sistematización de los G.A por evento de sucesión ecológica (pre y post) se aprecia que los gremios más abundantes son Omnívoros, Filtradores, Colectores y Herbívoros con 1 346, 1 192, 600 y 842 individuos, respectivamente –las cuales se distribuyen de forma no similar, siendo la fase pre evento la de mayor abundancia Omnívoros (1 005), Filtradores (1 146), Colectores (549) y Herbívoros (840)– seguido de los G.A medianamente abundantes Depredadores, Carroñeros y Trituradores con 188, 61 y 48 individuos, respectivamente –siendo la fase pre evento la de mayor abundancia en el orden de 173, 59 y 47. Por otro lado, los menos abundantes son Ectoparásitos y Plantónicos con 3 y 2 individuos, respectivamente, únicamente determinados en la fase pre (Tabla 24 del Anexo 10).

Del análisis estadístico en función del evento de sucesión se aprecia que los individuos de los G.A tienen los siguientes **coeficientes de variación** C.V: Plantónicos (141%), Herbívoros (141%), Ectoparásitos (141%), Trituradores (136%), Carroñeros (132%), Filtradores (131%), Depredadores (119%), Colectores (117%) y Omnívoros (70%) (Tabla 65 y Figura 40 y 41 del Anexo 15), asimismo, según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables gremio trófico o alimenticio G.A. (número de individuos de los G.A Plantónicos, Herbívoros, Ectoparásitos, Trituradores, Carroñeros, Filtradores, Depredadores, Colectores y Omnívoros) y evento de sucesión (pre y post) son variables dependientes ( $X^2_{(0)}=469.025 > X^2_{(1)}=15.057$ ). Estadísticamente se aprecia que, existe una relación entre las variables evento de sucesión y los gremios tróficos; sin embargo, es una relación mínima y muy pobre, cuyos **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.314, 0.444 y 0.331, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 66 del Anexo 15).

Al realizar la comparación conjunta de la variación de la data de las **zonas de la cuenca** y **evento de sucesión ecológica** referente al gremio trófico o alimenticio G.A se aprecia que: (i) **Carroñeros** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza baja, del tipo medianamente homogénea, en contraste, al evento de sucesión ecológica con varianza alta, del tipo muy heterogénea; (ii) **Colectores, Ectoparásitos, Herbívoros y Trituradores** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza baja, del tipo heterogénea, mientras que, para el evento de sucesión ecológica su varianza es alta, del tipo muy heterogénea; (iii)

**Depredadores** y **Filtradores** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza baja, del tipo muy heterogénea, y referente al evento de sucesión ecológica su varianza es alta, del tipo muy heterogénea; (iv) **Omnívoros** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza baja, del tipo medianamente homogénea, y referente al evento de sucesión ecológica su varianza es baja, del tipo muy heterogénea; (v) **Plantónicos** referente a la zona de muestreo mantiene una varianza alta, del tipo muy heterogénea, y referente al evento de sucesión ecológica su varianza es alta, del tipo muy heterogénea (Tabla 70 del Anexo 16, y Figura 8).

Los integrantes de los gremios o morfogrupos Carroñeros, Omnívoros, Filtradores, Colectores, Herbívoros, Depredadores y Trituradores serían los más abundantes y/o con menor variación, posiblemente, debido a que estos individuos tienen estrategias de alimentación que podrían ser permutables (Cheshire *et al.* 2005) en función de la biomasa del entorno, la abundancia y riqueza de especies, factores ontogénicos, ambientales y variedad de hábitats (Merritt *et al.* 2017, Silveira-Manzotti *et al.* 2016, Hepp *et al.* 2016, Cheshire *et al.* 2005), esto incluyendo al detrito y su variada composición (López van Oosterom *et al.* 2013). Mientras que los gremios o morfogrupos Ectoparásitos y Plantónicos, no son comúnmente reportables dada su especificidad, o dado que son subsumidos dentro de las clasificaciones antes listadas, que como previamente se ha precisado en ocasiones son asunciones generales (Silveira-Manzotti *et al.* 2016), es decir son una combinación de criterios subjetivos como objetivos.

Después que se determinó la relación de dependencia entre las condiciones externas (zona de muestreo y evento sucesión ecológica) y los gremios tróficos o alimenticios G.A, se procedió con la **comparación del grado de asociación** de las variables dando como resultado que los G.A y la **zona de muestreo y sucesión ecológica** mantienen una **relación mínima y muy pobre relación entre variables**. Esta ligera o mínima variación de los G.A se debería probablemente al gradiente de continuidad del río (Vannote *et al.* 1980) –que ofrezca similares recursos alimenticios o tipos de sustratos–, por tanto, estos G.A podrían beneficiarse de diversas estrategias de adaptación o respuestas biológicas, o la funcionalidad intrínseca del ecosistema que permiten la resiliencia de las comunidades ante efectos (perturbaciones) de la naturaleza (Dubois *et al.* 2019).

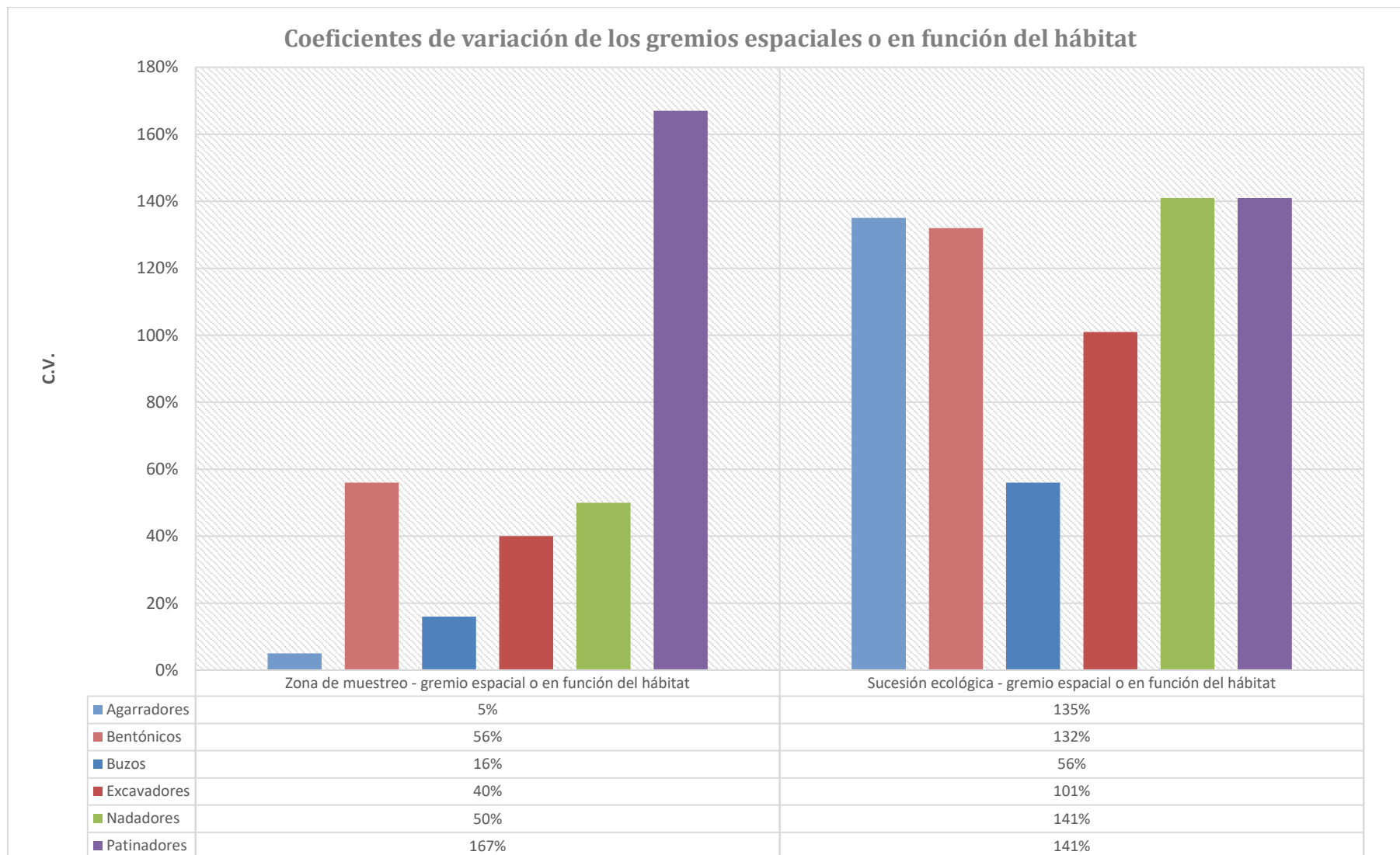
Al respecto de la relación determinada entre los gremios espaciales o en función del hábitat G.H y gremios tróficos o alimenticios G.A con respecto a las condiciones de la zona de muestreo y evento de sucesión ecológica (Figura 9), así como sus variaciones (Figuras 7 y

8), se observa que los gremios espaciales G.H responden más a los factores externos que los gremios tróficos G.A, salvo en lo referente a la zona de muestreo, esto último, posiblemente, dado que los tipos de recursos o biomasa varían a lo largo de la cuenca. Por tanto, los G.H serían gremios o morfogrupos basados en la respuesta a modificaciones o perturbaciones del ambiente, por tipo de respuesta o mecanismo, también posibles de clasificar como gremios beta, en cambio los G.A serían gremios o morfogrupos sensu estricto estructurales o funcionales, por el tipo de recurso o manera de acceder al recurso, posible de clasificar como gremios alfa (Root 1073, Gitay y Noble 1997, y Wilson 1999, en Lopez de Casenave 2001).

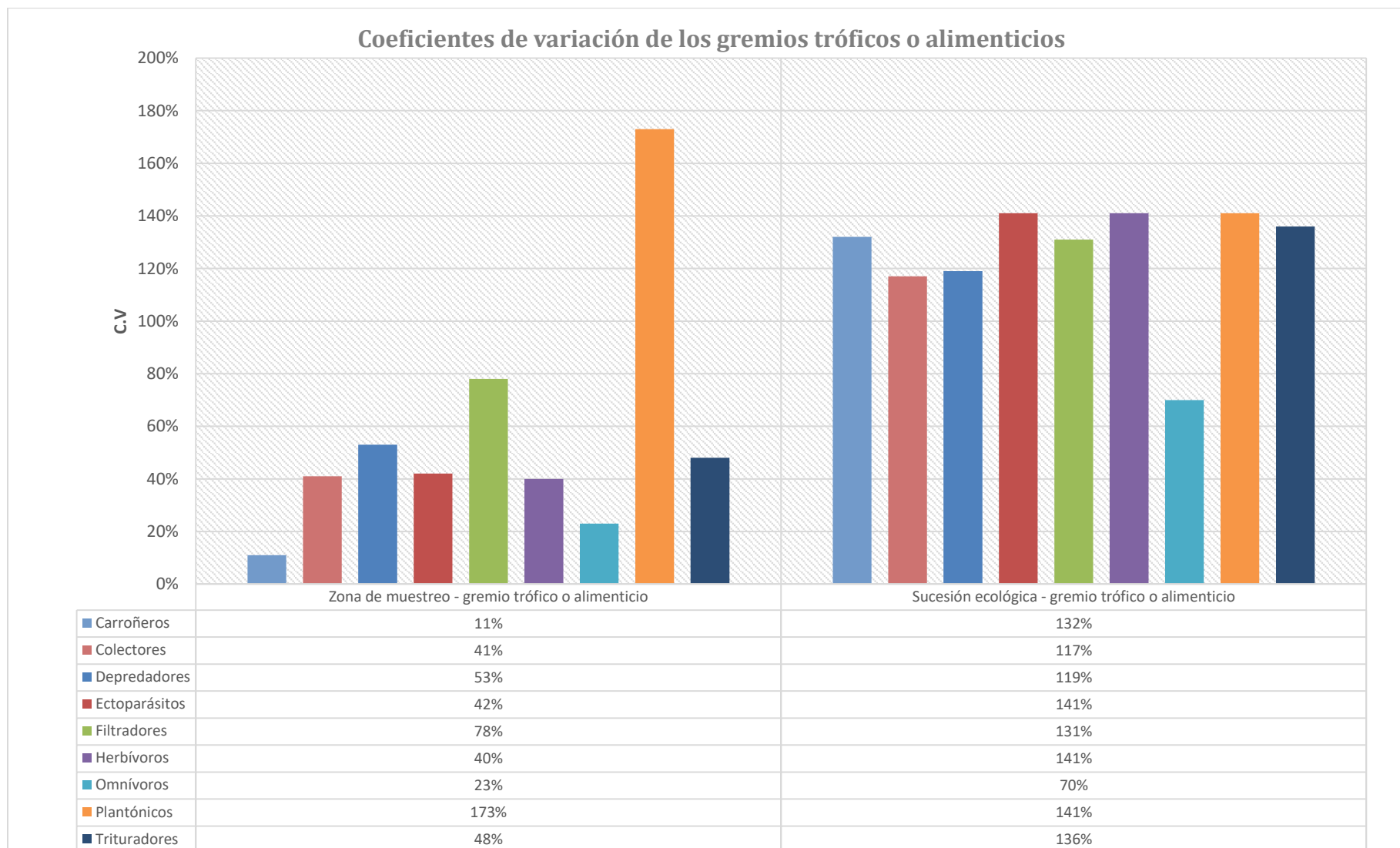
Producto del análisis de (i) la caracterización de las condiciones ecológicas de la cuenca del río San Alberto (Tablas 25, 26 y 27 del Anexo 11) –a través de las condiciones de referencia CERA, índice de hábitat fluvial IHF e índice de calidad de bosque ripario QBR–, (ii) la caracterización organoléptica de las muestras y sus réplicas (Tabla 13 del Anexo 6) –las cuales difieren en cuanto a su proporción de restos orgánicos e inorgánicos (ramas, hojas, detritos, fibras, limo, grava y piedras, arena)–, y (iii) el registro de parámetros fisicoquímicos analizados (Tabla 10 y 11 del Anexo 4) –*in situ* (temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad y sólidos totales disueltos) y en laboratorio (nitratos, fosfatos y potasio)– se aprecia que la cuenca posee características ambientales variadas debido a diversos factores naturales y/o antrópicos mismos que tienen efecto sobre las comunidades MIB.

Si bien existe controversia en el uso y alcance del concepto de gremio, o sus variantes, en esta investigación se considera que el estudio de los gremios o morfogrupos (concepciones estructurales) de las comunidades MIB contribuye a los estudios ecológicos y ambientales ofreciendo algunas ventajas, de las cuales se pueden listar algunas de las presentadas por Lopez de Casenave (2001): (1) su estudio ayuda a entender los *procesos competitivos* y los *aspectos organizativos* de las comunidades, con lo cual se obtiene una visión general del ecosistema evaluado; (2) sirve como herramienta para evaluaciones ambientales, ya sea utilizando a los gremios como indicadores *usualmente de prácticas de manejo* o de *perturbaciones* o en la *predicción* de cambios ecológicos y/o climáticos, basado en las preferencias y/o respuesta a las condiciones ambientales, es decir su adaptación o integración con las mediciones unimétricas de análisis de calidad de agua o estado ecológico; (3) la *descripción* de la *estructura* y *dinámica* de las *redes tróficas* es más directa que cuando se usan los modelos clásicos de redes tróficas, dada la practicidad mediante la cual mezclar o usar de manera independiente criterios objetivos y/o subjetivos; (4) contribuye a la

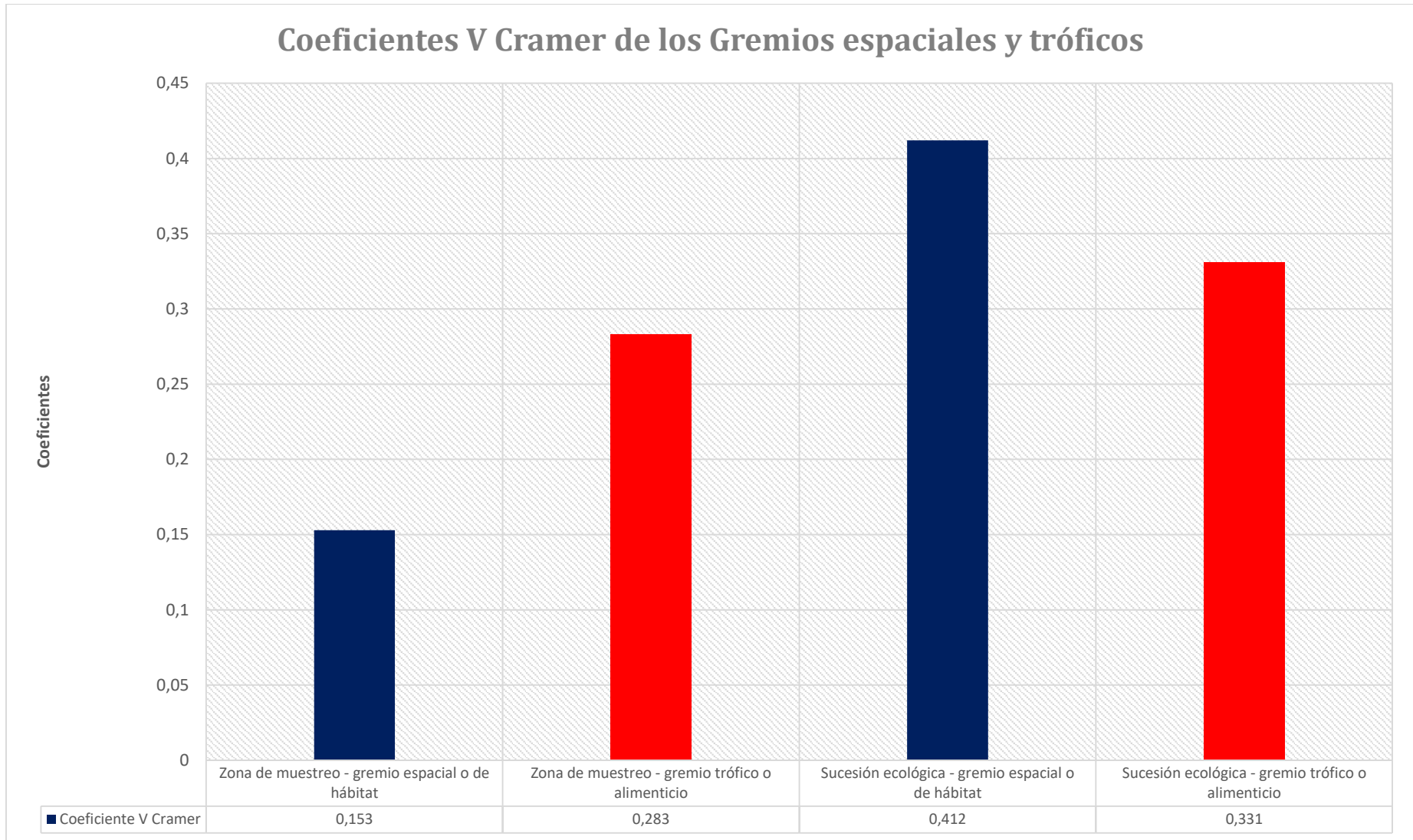
comprensión de los *mecanismos* asociados con la diversidad (o coexistencia) dentro de cada nivel trófico, en contraposición a la que brindan los estudios basados en los modelos clásicos de *niveles*, toda vez que, esta comprensión puede no solo abarcar el conocer qué tipo de recursos se hacen uso sino también determinar bajo qué forma se realiza; (5) estimula la discusión acerca del *análisis de las relaciones ecológicas entre las especies*, debido a que se atribuye un *valor heurístico*, y como producto dialéctico se amplía el conocimiento del tema, dando como resultado un proceso continuo. Dichas ventajas son similares a lo enunciado en estudios multimétricos de las comunidades MIB como el realizado por Villamarín Flores (2012).



**Figura 7.** Comparativo de los Coeficientes de variación en relación de los Gremios espaciales o de hábitat.



**Figura 8.** Comparativo de los Coeficientes de variación en relación de los Gremios tróficos o alimenticios



**Figura 9:** Comparativo de los Coeficientes V Cramer en función de los gremios espaciales y tróficos



## **CALIDAD DE AGUA O CONDICIONES ECOLÓGICAS**

### **Condiciones de referencia CERA e índices IHF y QBR**

Respecto al análisis de las condiciones de referencia CERA de la cuenca del río San Alberto, se aprecia que se reúne las características o condiciones ecológicas suficientes (cuenca, hidrología, tramo y lecho) para una evaluación hidrobiológica a partir del análisis de comunidades MIB (Acosta *et al.* 2009). Cabe mencionar que, a nivel de zonas se evidencia que la zona alta mantiene condiciones de menor alteración por causas antrópicas, seguido de la zona media, mientras que, la zona baja presenta mayor alteración por causas antrópicas (Tabla 25 del Anexo 11).

De la revisión de la sumatoria de los ítems del Índice de Hábitat Fluvial IHF –inclusión de rápidos, frecuencia de rápidos, composición de sustrato, regímenes de velocidad/profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática– se aprecia que la cuenca del río San Alberto reúne las características o condiciones hidrológicas y sustratos suficientes para aseverar que esta puede albergar diversas comunidades MIB, asimismo, la calidad de agua no va a ser influenciada en gran medida debido a la heterogeneidad de hábitats fluviales (muchas veces limitante como la calidad fisicoquímica del agua) (Pardo *et al.* 2002); similar a lo reportado por Salcedo *et al.* (2013), Salcedo y Trama (2014), Salcedo (2014), Trama *et al.* (2020), debiéndose de tener en cuenta que el IHF prioriza los factores físicos del hábitat y sus conformantes (Rigotti *et al.* 2016, Corroto *et al.* 2016). Se evidencia que, la zona alta mantiene condiciones fluviales de mayor heterogeneidad, favorables a las comunidades MIB, similar a lo reportado en Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), y Trama *et al.* (2020), seguido de la zona media, mientras que, la zona baja es la que presenta la menor heterogeneidad; sin embargo, su heterogeneidad aún es favorable a las comunidades MIB (Tabla 26 del Anexo 11).

Asimismo, de la revisión de la sumatoria de los ítems del Índice de Calidad del Bosque de Ribera QBR –grado de cubierta de la zona de ribera, estructura de la cubierta, calidad de la cubierta y grado de naturalidad del canal fluvial– se aprecia que la cuenca del río San Alberto presenta una calidad riparia intermedia con un inicio de alteración importante (Corroto *et al.* 2016) similar a lo reportado por Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), y Trama *et al.* (2020); por otro lado, de la evaluación referida a las zonas, las zonas alta y media presentan una calidad riparia buena, siendo que el bosque estaría ligeramente perturbado, mientras que, la

zona baja presenta una calidad riparia del tipo mala toda vez que existen alteraciones fuertes (Tabla 27 del Anexo 11).

En investigaciones como Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), y Trama *et al.* (2020) se puede apreciar la importancia de los índices del tipo bosque ripario o vegetación ribereña (quebrada) e hidrológico fluvial (hábitat fluvial) dado que al combinarse con índices de MIB como IBA pueden resultar en nuevo índice como el ECOSTRIAND en el cual puede redefinir la cualificación de las condiciones de la cuenca otorgada individualmente. Por ejemplo, en las mencionadas investigaciones el IBA resultante señalaba una cualificación «Muy Bueno» en la cuenca y zonas o puntos de muestreo, no obstante, al ser combinado para obtener el estado ecológico ECOSTRIAND la cualificación resultante pasa a ser «Bueno» o «Regular».

### **Índices EPT, IBF e IBA**

Producto del análisis de los índices de calidad de agua o estado ecológico aplicado a la cuenca del río San Alberto se aprecia que tiene la calidad de agua **buena** (4.57), según IBF; **regular** (49%), según EPT; y **muy bueno** (268), según IBA (Tabla 28 del Anexo 13).

Estas variaciones en las nomenclaturas y cualificaciones están en función a los criterios o principios adoptados por cada una de las metodologías de análisis (IBF, EPT, e IBA), incluso podría implicar un grado de relatividad o sesgo. Principalmente se asume que existe la asociación o correlación de los índices bióticos, la condición del hábitat y la calidad del agua (Mena Mejía *et al.* 2017), sustratos, vegetación y hasta los depredadores (Forero-Céspedes *et al.* 2013). Estas diferencias de criterios y principios entre los índices bióticos se puede observar en: Hilsenhoff (1988) en Figueroa *et al.* (2007), Correa-Araneda *et al.* (2010) en Pimentel Jara (2014), Carter *et al.* (2017) y Cárdenas-Castro *et al.* (2018), para IBF; Metcalfe (1994), Moya (2006), y Endara (2012) en Pimentel Jara (2014); y Carrera y Fierro (2001), Carter *et al.* (2017), para EPT; Acosta *et al.* (2009), Prat *et al.* (2009), Rosero y Fossati (2009), Villamarín Flores (2012), Pimentel Jara (2014), Rios-Touma *et al.* (2014), para IBA.

Luego del análisis general de la cuenca, se procedió con el análisis de los índices de calidad de agua en relación con las zonas de la cuenca (alta, media y baja) se aprecia que (i) la zona alta de la cuenca tiene la calidad de agua **regular** (4.93), según IBF; **regular** (39%), según EPT; y **muy bueno** (232), según IBA; (ii) la zona media tiene calidad **muy buena** (3.48), según IBF; **muy buena** (82%), según EPT; y **muy bueno** (213), según IBA; (iii) mientras la

zona baja la calidad **regular** (5.30), según IBF; **regular** (27%) según EPT; y **muy bueno** (186) según IBA (Tabla 29 del Anexo 13).

La tendiente diferencia en la cualificación de la calidad de agua o condiciones en el nivel o zona de la cuenca San Alberto –positiva en la zona alta y media, y negativa para la zona baja– se debería por un extremo a la influencia positiva del Parque Nacional Yanachaga Chemillen y limitada actividad antrópica (Salcedo *et al.* 2013, Salcedo 2014, Trama *et al.* 2020), por otro lado, la influencia negativa sería producto de la cercanía con la ciudad de Oxapampa y actividades humanas, lo cual favorece la presencia de los MIB tolerantes a la contaminación (Meneses-Campo *et al.* 2019).

Es de mencionar que, de los resultados individuales del índice IBA se observa uniformidad en la cualificación de las tres zonas de la cuenca (alta, media y baja) del tipo «muy buena» (Tabla 29 del Anexo 13), resultados similares a los obtenidos en Salcedo *et al.* (2013), Salcedo (2014), y Trama *et al.* (2020); no obstante, dicha uniformidad no ocurre al revisar los resultados individuales de otros índices IBF y EPT.

Adicionalmente, en cuanto al índice IBF se aprecia diferencias en cuanto a la cualificación y nominación de las condiciones de las zonas de la cuenca del río San Alberto (alta, media, y baja) resultante del presente estudio y el realizado por Trama *et al.* (2020). La zona alta (regular 4.93), zona media (muy buena 3.48) y zona baja (regular 5.30), para el presente estudio, mientras que para Trama *et al.* (2020) en la zona alta (buena 4.37), zona media (regular 5.3), zona baja (regular 5.32). La mencionada diferencia podría deberse a la diferencia de fechas y periodos de muestreo, la evaluación de Trama se realizó mensualmente entre mayo y agosto del 2013 (época seca), mientras que la presente investigación se realizó trimestralmente entre abril del 2012 y abril del 2013 (época seca, época de lluvias y época de transición). Asimismo, en la evaluación de Trama *et al.* (2020) se hace uso de la escala IBF de Figueroa *et al.* (2003), la cual tiene siete rangos con sus respectivas cualificaciones, y aplicado en el sur de Chile; mientras que, la presente investigación hace uso de la escala del IBF de Figueroa *et al.* (2007), la cual tiene cinco rangos con sus respectivas cualificaciones, que fue aplicado y desarrollado en la parte central de Chile. No obstante, ambas cualificaciones son válidas y representativas de las condiciones de la cuenca y sus zonas, más al combinarse multimétricamente con otros indicadores o criterios.

Seguidamente, se realizó el análisis de los índices bióticos en relación con el periodo de muestreo (primer, segundo, tercer y cuarto muestreo) se aprecia que (i) el primer muestreo tiene calidad **muy buena** (3.47), según IBF; **muy buena** (86%), según EPT; y **muy buena** (215), según IBA; (ii) el segundo muestreo tiene calidad **buena** (4.07), según IBF; **buena** (52%), según EPT; y **muy bueno** (223), según IBA; (iii) el tercer muestreo tiene calidad **mala** (6.42), según IBF; **mala** (12%), según EPT; y **muy bueno** (121), según IBA; (iv) el cuarto muestreo tiene calidad **regular** (5.80), según IBF; **mala** (24%), según EPT; y **muy bueno** (148), según IBA (Tabla 30 del Anexo 13).

Adicionalmente, se realizó el análisis de los índices bióticos con relación a los dos (2) métodos de muestreo cuantitativo aplicados en la presente investigación –uso de la red Surber, y la colecta de MIB dentro de un perímetro de 1 m<sup>2</sup> de rocas y ramas–, y el periodo de muestreo correspondiente, se aprecia lo siguiente: (i) red Surber – primer muestreo, la calidad es **muy buena** (3.75), según IBF; **muy buena** (78%), según EPT; y **muy bueno** (201), según IBA; (ii) perímetro de 1 m<sup>2</sup> – primer muestreo, la calidad es **muy buena** (3.20), según IBF; **muy buena** (93%), según EPT; y **muy bueno** (160), según IBA; (iii) red Surber – segundo muestreo, la calidad es **buena** (4.30), según IBF; **buena** (54%), según EPT; y **muy bueno** (162), según IBA; (iv) perímetro de 1 m<sup>2</sup> - segundo muestreo, la calidad **buena** (3.97), según IBF; **buena** (51%), según EPT; y **muy bueno** (221), según IBA; (v) red Surber - tercer muestreo, la calidad es **mala** (6.67), según IBF; **mala** (6%), según EPT; y **muy buena** (81), según IBA; (vi) perímetro de 1 m<sup>2</sup> - tercer muestreo, la calidad **mala** (6.18), según IBF; **mala** (19%), según EPT; y **bueno** (70), según IBA; (vii) red Surber – cuarto muestreo, la calidad **regular** (6.03), según IBF; **mala** (24%), según EPT; y **muy bueno** (84), según IBA; (viii) perímetro de 1 m<sup>2</sup> - cuarto muestreo, la calidad **regular** (5.76), según IBF; **mala** (24%), según EPT; y **muy bueno** (149), según IBA (Tabla 31 del Anexo 13).

Es necesario señalar que, la determinación de la calidad IBF y EPT en cada uno de los periodos de muestreo (primero a cuarto) coinciden indistintamente del método de muestreo cuantitativo, es decir, se puede obtener la misma denominación de la calidad de agua sea a través de la colecta de MIB por medio de red Surber o dentro de un perímetro de 1 m<sup>2</sup> de rocas y ramas. Lo cual no ocurre si comparamos a los índices IBF y EPT con el índice IBA (Tabla 31 del Anexo 13) dado que el índice IBA está en función de la variedad de los sustratos muestreados en conjunto (Tabla 13 del Anexo 6), según Acosta *et al.* (2009).

Tal como antes se ha mencionado, las diferentes cualificaciones de calidad de agua o estado ecológico (EPT, IBF e IBA), en la cuenca del río San Alberto-Oxapampa, corresponderían principalmente a las características o principios de estos. El Índice Ephemeroptera Plecoptera Trichoptera EPT se calcula a través del conteo proporcional de determinados morfogrupos o grupos basados en respuestas a nivel taxonómicos (familia, orden o clase) y el registro de sensibilidad o resistencia previamente determinada para dichos órdenes (Metcalfé 1994, Moya 2006, y Endara 2012 en Pimentel Jara 2014), y Carrera y Fierro (2001), mientras que, el Índice Biótico de Familias IBF a través de un conteo ponderado, preferentemente a nivel de familias Hilsenhoff (1988), Figueroa *et al.* (2007), Correa-Araneda *et al.* (2010) en Pimentel Jara (2014), Cárdenas-Castro *et al.* (2018); por otro lado, el Índice Biótico Andino IBA se calcula a partir de la presencia de ciertas comunidades MIB y la sumatoria de sus escalas ponderadas, previamente establecidas, indistinto de la abundancia de sus individuos.

Al respecto del IBF, se debe tener en cuenta que su origen y modificación corresponde a Sudáfrica y Norteamérica (Chutter 1972, Hilsenhoff 1988), y subsecuente aplicación en Sudamérica (Chile) (Figueroa *et al.* 2007), por lo cual el conjunto de taxa puede variar referente a la presente investigación, y, por ende, sería una posible causa de subestima o sesgo del estado de calidad de agua.

En esta investigación, de la cuenca del río San Alberto, se ha determinado diversos taxa considerados en IBF: Perlidae (grado tolerancia 1), Baetidae (4), Leptophlebiidae (2), Leptohyphidae o Tricoryphidae (4), Oligoneuriidae (4), Aeshnidae (3), Calamoceratidae (3), Glossosomatidae (0), Helicopsychidae (3), Hydropsychidae (4), Hydroptilidae (4), Hydrobiosidae (0), Leptoceridae (4), Odontoceridae (0), Philopotamidae (2), Polycentropodidae (6), Rhyacophilidae (0), Sericostomatidae (3), Corydalidae (0), Pyralidae (5), Dryopidae (5), Elmidae (4), Psephenidae (4), Blepharoceridae (0), Ceratopogonidae (6), Chironomidae (7), Dolichopodidae (4), Empididae (6), Ephydriidae (6), Muscidae (6), Psychodidae (10), Simuliidae (6), Syrphidae (10), Tabanidae (6), Tipulidae (3), Hyalellidae (8), Isopoda (4), Acariformes o Hidracarina (4), Physidae (8), Oligochaeta (8), Hirudinea (10) y Turbellaria (4) (Anexo 12 y Tabla 14 del Anexo 7).

De la revisión y análisis del IBA, aplicado en los andes de Perú y Bolivia, se puede advertir que este no evaluaría en específico la calidad de agua, sino que se enfoca sobre el estado ecológico del cuerpo hídrico, sería un índice cualitativo en cuyo cálculo predomina la determinación de los taxa MIB listados en el IBA que concluye en la sumatoria de sus valores

de sensibilidad o resistencia (Acosta *et al.* 2009, Prat *et al.* 2009, Rosero y Fossati 2009, Pimentel Jara 2014, Rios-Touma *et al.* 2014, Tapia *et al.* 2018). A mayor esfuerzo de muestreo, mayor probabilidad de determinar más morfogrupos (en IBA) y con esto incrementar la cualificación positiva del índice IBA en una cuenca.

En esta investigación, de la cuenca del río San Alberto, se ha determinado diversos taxa considerados en IBA: Turbellaria (grado de sensibilidad 5), Hirudinea (3), Oligochaeta (1), Physidae (3), Hyalellidae (6), Ostracoda (3), Hydracarina (4), Baetidae (4), Leptophlebiidae (10), Leptohiphidae (7), Oligoneuriidae (10), Aeshnidae (6), Perlidae (10), Veliidae (5), Helicopsychidae (10), Calamoceratidae (10), Odontoceridae (10), Leptoceridae (8), Polycentropodidae (8), Hydroptilidae (6), Xiphocentronidae (8), Hydrobiosidae (8), Glossosomatidae (7), Hydropsychidae (5), Anomalopsychidae (10), Philopotamidae (8), Pyralidae (4), Ptilodactylidae (5), Psephenidae (5), Scirtidae (5), Staphylinidae (3), Elmidae (5), Dryopidae (5), Hydrophilidae (3), Blepharoceridae (10), Simuliidae (5), Tabanidae (4), Tipulidae (5), Ceratopogonidae (4), Dixidae (4) Psychodidae (3), Dolichopodidae (4), Empididae (4), Chironomidae (2), Muscidae (2), Ephydriidae (2) y Syrphidae (1) (Anexo 12 y Tabla 14 del Anexo 7).

Del total de los taxa determinados en la cuenca del río San Alberto y los considerados para los índices IBA e IBF se aprecia que estos difieren en 12 morfogrupos. El IBA cualifica a Ostracoda, Veliidae, Xiphocentronidae, Anomalopsychidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Staphylinidae, y Hydrophilidae, es decir ocho (8) morfogrupos a diferencia del IBF. Mientras que, el IBF cualifica a Rhyacophilidae, Sericostomatidae, Corydalidae e Isopoda, es decir cuatro (4) a diferencia del IBA (Anexo 12 y Tabla 14 del Anexo 7).

A diferencia de IBF el EPT tiene origen regional (Argentina – Sudamérica) (Carrera y Fierro 2001) y a diferencia de IBF e IBA, el EPT se basa en la diferencia proporcional del número de individuos de los taxa Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera en contraposición de los morfogrupos MIB que no correspondan a estos. En esta investigación en la cuenca del río San Alberto se ha determinado 19 familias correspondientes a los EPT, y 39 son morfogrupos no correspondientes a los EPT. En cuanto al número de individuos EPT y no EPT tienen similar proporción entre ambos (Anexo 12 y Tabla 14 del Anexo 7).

Es necesario considerar que, cada índice originalmente fue desarrollado o adaptado bajo ciertas condiciones o realidades geográficas. Por lo cual, la cualificación a partir del uso de uno o más índices deberá ser analizado en función de sus características de estos y que tan

ajustables serían a la realidad de la evaluación en curso. Asimismo, tener en cuenta el efecto de los métodos y esfuerzo de muestreo (Stark *et al.* 2001, Moore y Murphy 2015, Wantzen y Rueda-Delgado 2009), la posible adaptación de comunidades sensibles a un hábitat perturbado (Forero-Céspedes *et al.* 2013).

Entre las posibles causas para la variación de la calificación se puede listar las siguientes: (i) la aplicación de los índices pueden variar conforme la ubicación geográfica o biogeográfica, ya sea por el origen del mismo índice o los ensayos a los cuales responde el índice puede reflejar o no el estatus de la zona evaluada; (ii) la variación de la respuesta del morfogrupo o grupo funcional (sensibilidad o resistencia) y los individuos en un nivel taxonómico más específico pueden ofrecer diferente respuesta a lo previamente determinado por el índice a tomar, resolución taxonómica (Castillo-Figueroa *et al.* 2018), es decir un género o especie de una determinada familia u orden puede ofrecer diferente respuesta a comparación de lo propuesto para el taxa (más sensible o más resistente); (iii) la aparición de macroinvertebrados acuáticos diferentes a los taxa determinados para el índice a usar (morfogrupo del índice), los índices consideran determinadas familias, órdenes o clase y pondera al respecto de estas y algunos taxa no podrían haber sido considerados estos; (iv) diferente método de muestreo, los métodos de muestreo pueden incidir en la frecuencia de aparición de determinados taxa o grupos funcionales; (v) esfuerzo de muestreo sea en tiempo de muestreo empleado o repetitividad en la colecta de muestras, ambos factores pueden incidir en la probabilidad de detección de determinados taxa, grupos funcionales o morfogrupos. Aun así, es importante considerar que, así como el uso de MIB como bioindicadores de calidad de agua tiene potencial estos también (vi) se ven limitados, dado que no hay un único factor externo (estresante) que puede tener efecto en la respuesta del MIB (Statzner y Bêche 2010), (vii) y puede existir limitaciones o sesgos en el uso de algunos índices como indica Álvarez (2005) en Meneses-Campo *et al.* (2019), y hasta recomendable de ser complementados (Cárdenas-Castro *et al.* 2018) hasta un enfoque multimétrico (Mena Mejía *et al.* 2017, Baptista *et al.* 2007, Carter *et al.* 2017).

De la revisión de las Tablas 28, 29, 30 y 31 del Anexo 13 –análisis de la cuenca en conjunto, zona de la cuenca, periodo de muestreo y método de muestreo– se aprecia que las nominaciones de IBF y EPT coinciden en gran medida, salvo las nominaciones de menor calidad, dado que el IBF se subdivide en cinco (5) categorías, que incluye a la categoría «muy mala», mientras el EPT se subdivide en cuatro (4), sin la nominación «muy mala». Por otro lado, las conclusiones producto del IBA no coinciden con las de IBF y EPT, en los resultados

IBA en general se describe el estado ecológico “muy bueno”, excepto el tercer muestreo por delimitación de 1 m<sup>2</sup> que califica como “bueno”, toda vez que IBA no evalúa en específico la calidad de agua, sino que se enfoca sobre el estado ecológico del cuerpo hídrico, con una relación estrecha con la biodiversidad (taxa y hábitats) y abundancia por encima de la proporción (funcional) de los morfogrupos sensibles o resistentes a la contaminación o alteración de la calidad del agua.

La relación del índice IBA y el esfuerzo de muestreo, cantidad de individuos y taxa MIB, sin considerar la calidad del agua, se hace evidente en el registro del tercer muestreo, del tipo perímetro 1 m<sup>2</sup>, cuya calidad se reduce de «muy buena» (general) a «buena» (Tabla , 28, 29, 30 y 31 del Anexo 13), esto sería a causa que se redujo la cantidad de individuos y taxa MIB a consecuencia de los eventos naturales (lluvias intensas, deslizamientos y huaicos) los cuales físicamente generaron el arrastre de los MIB, sin tomar en cuenta agentes contaminantes en el cuerpo hídrico. Es por todo lo antes mencionado que, el IBA podría presentar un sesgo ante eventos naturales anómalos, más aun si se quisiera interpretar al mismo como un equivalente de calidad de agua, ya que los eventos anómalos pueden influenciar en forma negativa sobre la variedad de los taxa MIB, toda vez, que arrastran a las mismas a lo largo del cauce, y con ello se reduciría temporalmente la cualificación del estado ecológico del cuerpo hídrico; no obstante, dicha cualificación de la calidad de agua podría tratarse de un sesgo ya que no sería por condiciones de contaminación o calidad de agua sino por eventos naturales anómalos.

## **GREMIOS O GRUPOS FUNCIONALES SENSIBLES Y RESISTENTES**

Conforme lo antes mencionado, se ha establecido que existe una correlación funcional entre las comunidades MIB de la cuenca del río San Alberto y los factores externos, ofreciendo una respuesta a modificaciones del ambiente o perturbaciones (Carter *et al.* 2017, Parreira de Castro *et al.* 2018, Segnini 2003, y Root 1973, Gitay y Noble 1997, y Wilson 1999 en Lopez de Casenave 2001), tal fue el caso de los gremios espaciales G.H (Figuras 7 y 9), es por ello que en esta investigación se tomó a bien articular o combinar los criterios o grados de sensibilidad o tolerancia de los índices bióticos IBF, EPT e IBA, e incluso la guía rápida usada en Carrera y Fierro (2001), dando como resultado la nominación o categorización de dos (2) grupos funcionales, o gremios funcionales o morfogrupos Sensible y Resistente (Tabla 32 del Anexo 14) –análogos a la denominación Intolerante/Tolerante señalada por Villamarín Flores (2012)–, los cuales se sometieron a análisis estadísticos en relación con la



zona de cuenca (o punto de muestreo), periodo de muestreo, evento de sucesión ecológica, método de muestreo, y parámetros fisicoquímicos (°T, pH, OD, salinidad, TDS, NO<sub>3</sub>, potasio) (Tablas 33 y 34 del Anexo 14).

Si bien el objetivo del presente estudio no es adecuar o reasignar los límites o valores de sensibilidad o resistencia atribuidos a los taxa MIB de los índices IBF, EPT e IBA, se unificó los índices antes indicados con fines de análisis, considerando que existe una asociación o correlación de los índices bióticos, la condición del hábitat y la calidad del agua (Mena Mejía et al. 2017) separándolos en dos (2) grupos funcionales, gremios funcionales o morfogrupos (Carter *et al.* 2017, Segnini 2003; y Root 1973, Gitay y Noble 1997, y Wilson 1999 en Lopez de Casenave 2001) Sensible y Resistente (ante las alteraciones en las condiciones ecológicas o ambientales); no obstante, si existen estudios que se han enfocado en la modificación formal de la sensibilidad de MIB acorde a su zona geográfica u objeto de estudio, por ejemplo, las adaptaciones realizadas al IBF desarrollado por Chutter (1972) y el BMWP de Helawell (1978) en Figueroa *et al.* (2007), Pimentel Jara (2014), Rios-Touma *et al.* (2014), Gutiérrez-Fonseca y Ramírez (2016), Roldán-Pérez (2016), Cárdenas-Castro *et al.* (2018), Meneses-Campo *et al.* (2019). Además, sería necesario considerar que para las adaptaciones debería realizar ensayos toxicológicos en las comunidades MIB para evaluar el riesgo por el tipo de contaminante (Pascual *et al.* 2019).

Producto de la revisión de la Tabla 33 del Anexo 14 se aprecia que la cuenca del río San Alberto presenta una proporción similar en cuanto a individuos resistentes (4673 individuos) y sensibles (4630 individuos). En cuanto (i) a la **zona de la cuenca**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en la zona media (Sensible 2500, Resistente 529), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en la zona alta (Resistente 2043, Sensible 1330) y baja (Resistente 2101, Sensible 800). En función de la zona de la cuenca se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 57%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 56% (Tabla 35 y Figura 12 y 13 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y zona de la cuenca (alta, media y baja) son variables dependientes ( $X^2_{(0)}=2017 > X^2_{(1)}=5.991$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo moderada, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.422, 0.597 y 0466, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 36 del Anexo 15).

Luego de la revisión de la Tabla 33 del Anexo 14 se aprecia que **(ii)** en cuanto al **periodo de muestreo**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en el primer muestreo (Sensible 1696, Resistente 256) y segundo muestreo (Sensible 1972, Resistente 1852), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en el tercer muestreo (Resistente 398, Sensible 60) y cuarto muestreo (Resistente 1974, Sensible 635). En función del periodo de muestreo se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 82%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 82% (Tabla 37 y Figura 14 y 15 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y periodo de muestreo (primer, segundo, tercer y cuarto) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 2001.510 > X^2_{(1)} = 7.815$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo moderada, toda vez que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.403, 0.608 y 0.476, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 38 del Anexo 15).

De la revisión de la Tabla 33 del Anexo 14 se aprecia que **(iii)** en cuanto al **evento de sucesión natural**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en la fase pre al evento (Sensible 1972, Resistente 1852), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en la fase post (Resistente 398, Sensible 60). Producto del análisis estadístico en función del evento de sucesión se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 91%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 133% (Tabla 39 y Figura 16 y 17 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y fase del evento de sucesión (pre y post) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 242.737 > X^2_{(1)} = 3.841$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo muy mínima o poco existente, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.232, 0.328 y 0.238, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 40 del Anexo 15).

Después de revisar la Tabla 33 del Anexo 14 se aprecia que **(iv)** en cuanto al **tipo de muestreo cuantitativo**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en el método red Surber (Sensible 1562, Resistente 1273), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en la delimitación de 1 m<sup>2</sup> (Resistente 3207, Sensible 2801). En función del tipo de muestreo cuantitativo se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 61%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 40% (Tabla 41 y Figura 18 y 19 del Anexo 15). Según la prueba del

**Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y método muestreo cuantitativo (red Surber y delimitación de 1m<sup>2</sup>) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 55.358 > X^2_{(1)} = 3.841$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo muy mínima o poco existente, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.079, 0.112 y 0.079, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 42 del Anexo 15).

Producto de la revisión de la Tabla 34 del Anexo 14 se aprecia que (**v**) en cuanto a la **temperatura**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción el rango de 14.2°C-16.4°C (Sensible 828, Resistente 185), 20.8°C-23.0°C (Sensible 253, Resistente 182), y 23.0°C-25.2°C (Sensible 1354, Resistente 348), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en el rango de 16.4°C-18.6°C (Resistente 1904, Sensible 450) y 18.6°C-20.8°C (Resistente 2054, Sensible 1745), y sin registros de individuos en los rangos 25.2°C-27.4°C y 27.4°C-29.6°C. En función de la temperatura se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 102%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 67% (Tabla 43 y Figura 20 y 21 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y temperatura (5 rangos, entre 14.2°C y 25.2°C) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 1937.418 > X^2_{(1)} = 9.488$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo moderada, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.415, 0.587 y 0.456, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 44 del Anexo 15).

Luego de revisar la Tabla 34 del Anexo 14 se aprecia que (**vi**) en cuanto al **pH**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en el rango de 6.56-6.78 (Sensible 142, Resistente 101), 7.22-7.44 (Sensible 2688, Resistente 415) y 7.44-7.66 (Sensible 680, Resistente 292), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en el rango de 6.78-7.00 (Resistente 1598, Sensible 510), 7.00-7.22 (Resistente 398, Sensible 60), 7.66-7.88 (Resistente 299, Sensible 177) y 7.88-8.10 (Resistente 1640, Sensible 373). En función del pH se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 99%, mientras que el morfogrupo Sensible tienen un C.V 139% (Tabla 45 y Figura 22 y 23 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y pH (7 rangos, entre 6.56 y 8.10) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 3441.795 > X^2_{(1)} = 12.592$ ), asimismo, estadísticamente

existiría una relación del tipo moderada, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.520, 0.735 y 0.608, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 46 del Anexo 15).

Como resultado de la revisión de la Tabla 34 del Anexo 14 se aprecia que **(vii)** en cuanto al **Oxígeno Disuelto**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en el rango de 6.6 mg/L - 7.6 mg/L (Sensible 2837, Resistente 643) y 7.6 mg/L - 8.6 mg/L (Sensible 903, Resistente 518), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en el rango de 5.6 mg/L - 6.6 mg/L (Resistente 1767, Sensible 432), 8.6 mg/L - 9.6 mg/L (Resistente 1640, Sensible 373) y 9.6 mg/L - 10.6 mg/L (Resistente 105, Sensible 85), y sin registros de individuos en los rangos 10.6 mg/L - 11.6 mg/L y 11.6 mg/L - 12.6 mg/L. En función del oxígeno disuelto se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 78%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 120% (Tabla 47 y Figura 24 y 25 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y oxígeno disuelto (5 rangos, entre 6.56 mg/L y 8.10 mg/L) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 3097.443 > X^2_{(1)} = 9.488$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo moderada, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.500, 0.707 y 0.577, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 48 del Anexo 15).

Luego de la revisión de la Tabla 34 del Anexo 14 se aprecia que **(viii)** en cuanto a la **salinidad**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en el rango de 4.0 mg/L - 4.5 mg/L (Sensible 390, Resistente 289), 5.0 mg/L - 5.5 mg/L (Sensible 2399, Resistente 1956) y 5.5 mg/L - 6.0 mg/L (Sensible 1240, Resistente 172), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en el rango de 3.5 mg/L - 4.0 mg/L (Resistente 229, Sensible 177), 4.5 mg/L - 5.0 mg/L (Resistente 1901, Sensible 420) y 6.0 mg/L - 6.5 mg/L (Resistente 126, Sensible 4), y sin registros de individuos en el rango de 3.0 mg/L - 3.5 mg/L. En función de la salinidad se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 115%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 117% (Tabla 49 y Figura 26 y 27 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y salinidad (6 rangos, entre 3.5 mg/L y 6.5 mg/L) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 1933.896 > X^2_{(1)} = 11.070$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo moderada, toda vez que sus **coeficientes de**

**contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.415, 0.587 y 0.456, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 50 del Anexo 15).

Seguidamente, de la revisión de la Tabla 34 del Anexo 14 se aprecia que **(ix)** en cuanto a los **Sólidos Totales Disueltos**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en el rango de 17 mg/L - 21 mg/L (Sensible 1654, Resistente 926), 25 mg/L - 29 mg/L (Sensible 587, Resistente 186) y 29 mg/L - 33 mg/L (Sensible 418, Resistente 93), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en el rango de 9 mg/L - 13 mg/L (Resistente 1640, Sensible 373), 13 mg/L - 17 mg/L (Resistente 148, Sensible 27) y 21 mg/L - 25 mg/L (Resistente 1680, Sensible 1571), y sin registros de individuos en el rango de 33 mg/L - 37 mg/L. Producto del análisis estadístico en función de los sólidos totales disueltos se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 96%, mientras que el morfogrupo del tipo Sensible tiene un C.V 88% (Tabla 51 y Figura 28 y 29 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y sólidos disueltos totales (6 rangos, entre 9 mg/L y 33 mg/L) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 1504.757 > X^2_{(1)} = 11.070$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo moderada, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.373, 0.528 y 0.402, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 52 del Anexo 15).

Producto de la revisión de la Tabla 34 del Anexo 14 se aprecia que **(x)** en cuanto a los **nitratos**, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en el rango de 0.00 mg/L - 0.66 mg/L (Sensible 3833, Resistente 2471) y 2.64 mg/L - 3.30 mg/L (Sensible 128, Resistente 90), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en el rango de 0.66 mg/L - 1.32 mg/L (Resistente 480, Sensible 280), y 1.32 mg/L - 1.98 mg/L (Resistente 1632, Sensible 389), y sin registros de individuos en el rango de 1.98 mg/L - 2.64 mg/L. En función de los nitratos se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 93%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 154% (Tabla 53 y Figura 30 y 31 del Anexo 15), asimismo, según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y nitratos (5 rangos, entre 0.00 mg/L y 3.30 mg/L) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 1117.842 > X^2_{(1)} = 7.815$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo mínima moderada, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.328, 0.464 y 0.347, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 54 del Anexo 15).

Resultado de la revisión de la Tabla 34 del Anexo 14 se aprecia que **(xi)** en cuanto al potasio, los individuos del tipo sensibles están en mayor proporción en el rango de 0.47 mg/L – 0.59 mg/L (Sensible 1390, Resistente 449), 0.71 mg/L – 0.83 mg/L (Sensible 139, Resistente 103) y 0.95 mg/L – 1.07 mg/L (Sensible 828, Resistente 185), mientras que, la proporción de individuos resistentes están en mayor proporción en el rango de 0.59 mg/L – 0.71 mg/L (Resistente 3309, Sensible 2036), y 0.83 mg/L – 0.95 mg/L (Resistente 627, Sensible 237). En función del potasio se aprecia que el morfogrupo Resistente tiene un **coeficiente de variación** C.V de 144%, mientras que el morfogrupo Sensible tiene un C.V 86% (Tabla 55 y Figura 32 y 33 del Anexo 15). Según la prueba del **Chi-cuadrado** las variables grupo funcional (Resistente o Sensible) y potasio (5 rangos, entre 0.47 mg/L y 0.95 mg/L) son variables dependientes ( $X^2_{(0)} = 1374.058 > X^2_{(1)} = 9.488$ ), asimismo, estadísticamente existiría una relación del tipo mínima moderada, dado que sus **coeficientes de contingencia** C Pearson, K contingencia corregido y V Cramer, son de 0.359, 0.508 y 0.384, respectivamente, respecto al V Max de 0.707 (Tabla 56 del Anexo 15).

Al realizar la comparación conjunta de la variación de la data referente a los gremios funcionales o morfogrupos (**Resistente** y **Sensible**) de la cuenca del río San Alberto, se aprecia que: (i) ambos grupos funcionales referente al **zona de muestreo, periodo de muestreo, método de muestreo, y sólidos totales disueltos** mantienen una dispersión con **varianza baja**, del tipo **muy heterogénea**; (ii) referente a la **salinidad** mantienen una dispersión con **varianza alta**, del tipo **muy heterogénea**; (iii) el grupo funcional **Resistente** en cuanto al **evento de sucesión, pH, oxígeno disuelto y nitratos** mantienen una dispersión con una **varianza baja**, del tipo **muy heterogénea**, mientras el grupo funcional **Sensible** tienen una **varianza alta**, del tipo **muy heterogénea**; (iv) el grupo funcional **Resistente** en cuanto a la **temperatura y potasio** mantienen una dispersión con **varianza alta**, del tipo **muy heterogénea**, mientras el grupo funcional **Sensible** tiene una **varianza baja**, del tipo **muy heterogénea** (Tabla 67 del Anexo 16, y Figura 10).

Después de determinar la relación de dependencia entre las condiciones listadas (zona de muestreo, periodo de muestreo, sucesión ecológica, método de muestreo, temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad, sólidos totales disueltos, nitratos y potasio) y los gremios funcionales (resistentes y sensibles) de la cuenca del río San Alberto, se procedió con la **comparación del grado de asociación** de las variables dando como resultado que los grupos funcionales y: (i) el **pH** mantienen una **relación moderada-fuerte**; (ii) el **periodo de**

**muestreo, zona de muestreo, temperatura, oxígeno y salinidad** mantienen una **relación moderada**; (iii) los **sólidos totales disueltos** mantienen una **relación casi moderada**; (iv) los **nitratos y potasio** mantienen una **relación mínima moderada**; (v) el **método de muestreo y sucesión ecológica** mantienen una **relación muy mínima o poco existente** (Tabla 68 del Anexo 16, y Figura 11). En el estudio conducido por Salcedo *et al.* (2013) y Salcedo (2014) se llegó a concluir que la relación con el nitrato y sólidos totales disueltos era del tipo negativa.

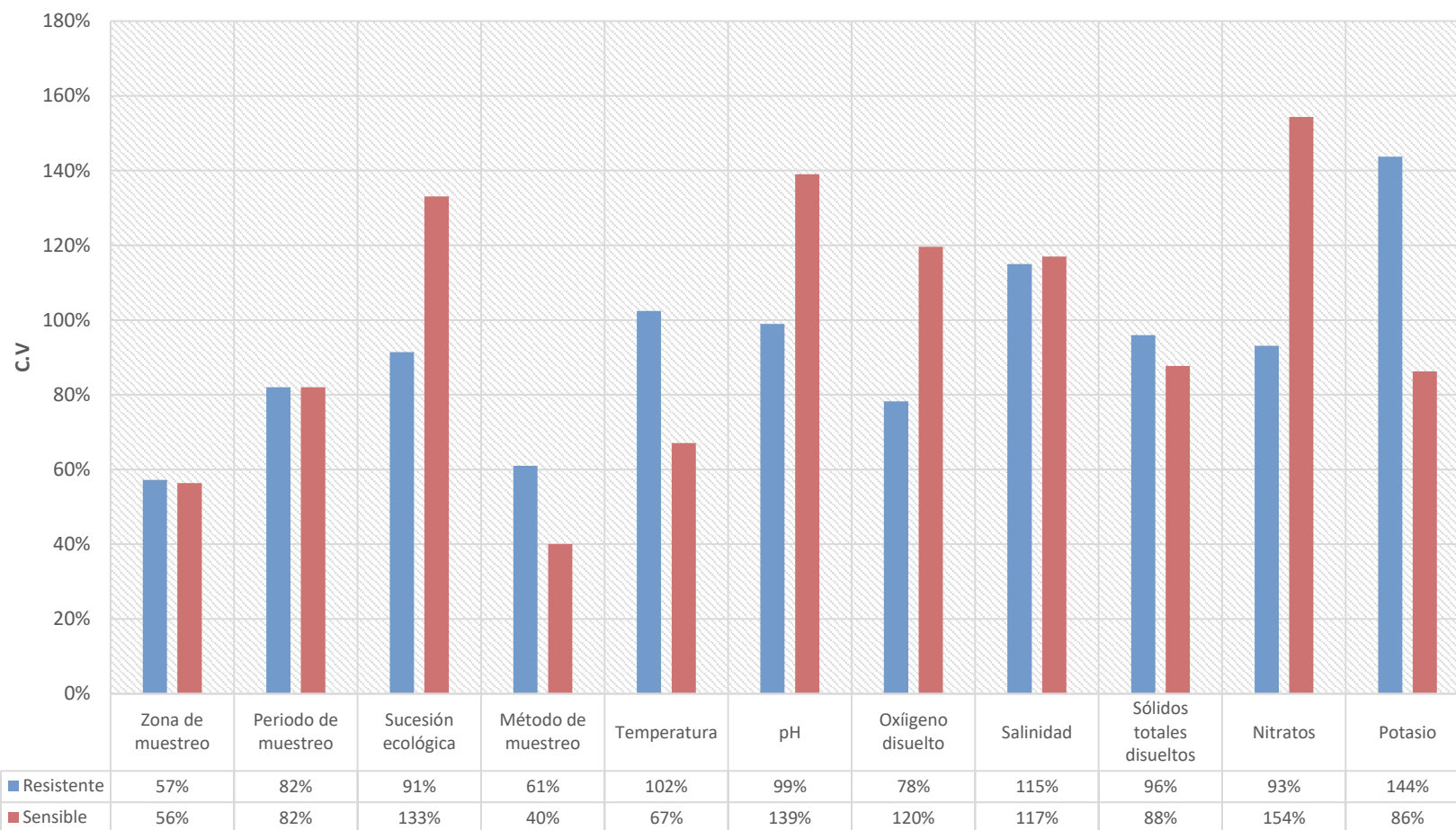
Referente a la relación de los gremios funcionales o morfogrupos, de la cuenca del río San Alberto, con los factores antes listados, se puede señalar que en otros estudios se menciona que el pH presuntamente influiría sobre la abundancia de invertebrados (Tapia *et al.* 2018, Pimentel Jara 2014), quizá debido a su relación con la degradación de materia orgánica (Corroto *et al.* 2016, Salcedo *et al.* 2013, Salcedo 2014) y en algún sentido vinculada con los estándares de calidad ambiental ECA (Pimentel Jara 2014, MINAM 2017); sin embargo, se debe considerar que algunos morfogrupos en teoría sensibles como Plecoptera y Tricoptera suelen ser resistentes al pH ácido (Winterbourn & McDuffett, 1996, en Acosta *et al.* 2009). Por otro lado, estudios como el de Figueroa *et al.* (2003) precisan que no se evidencia una relación significativa con el pH, pero sí con la temperatura oxígeno y salinidad.

Asimismo, en forma análoga a lo señalado por Salcedo *et al.* (2013) y Salcedo (2014) se puede señalar que la influencia de las zonas de muestreo (o cuenca) referentes a la proporción de los gremios funcionales o morfogrupos (Sensible y Resistente) probablemente se debería a que la zona alta y media tendrían cercanía con el PNYCH y menor influencia antrópica, y la zona baja como en Meneses-Campo *et al.* (2019) se vería bajo la influencia de actividades antrópicas, entendiéndose como una relación inversa. En cambio, la relación con el periodo de muestreo puede deberse a los cambios propios de las temporadas húmeda (lluvias) y seca, dado que algunos morfogrupos MIB responderían a estos eventos naturales que modificarían la disponibilidad de algunos recursos y el cambio en régimen hídrico de la cuenca, siendo arrastrados por la deriva de la corriente (Pinha *et al.* 2016, Zerlin y Henry 2014, Zanotto-Arpellino *et al.* 2015, Cepeda-Pizarro *et al.* 2015) sin que implique una alteración de origen antrópico como la disposición de contaminantes, descomposición de materia orgánica (Navarro y Gonçalves Júnior 2017) o saporidad (Carter *et al.* 2017, Segnini 2003).

En otro extremo, la limitada relación de los gremios funcionales o morfogrupos (Sensible y Resistente) de la cuenca del río San Alberto, y el método de muestreo y sucesión ecológica podría deberse a que los MIB harían uso de diversas estrategias de adaptación del cauce, siendo una cuenca con conectividad (Vannote *et al.* 1980), incluso después de un evento natural con deslizamientos, desbordes o lluvias intensas (Dubois *et al.* 2019, Parreira de Castro *et al.* 2018) para lo cual sería prudente realizar estudios enfocados en específico para este escenario y su relación con los grupos funcionales o morfogrupos sensibles y resistentes.

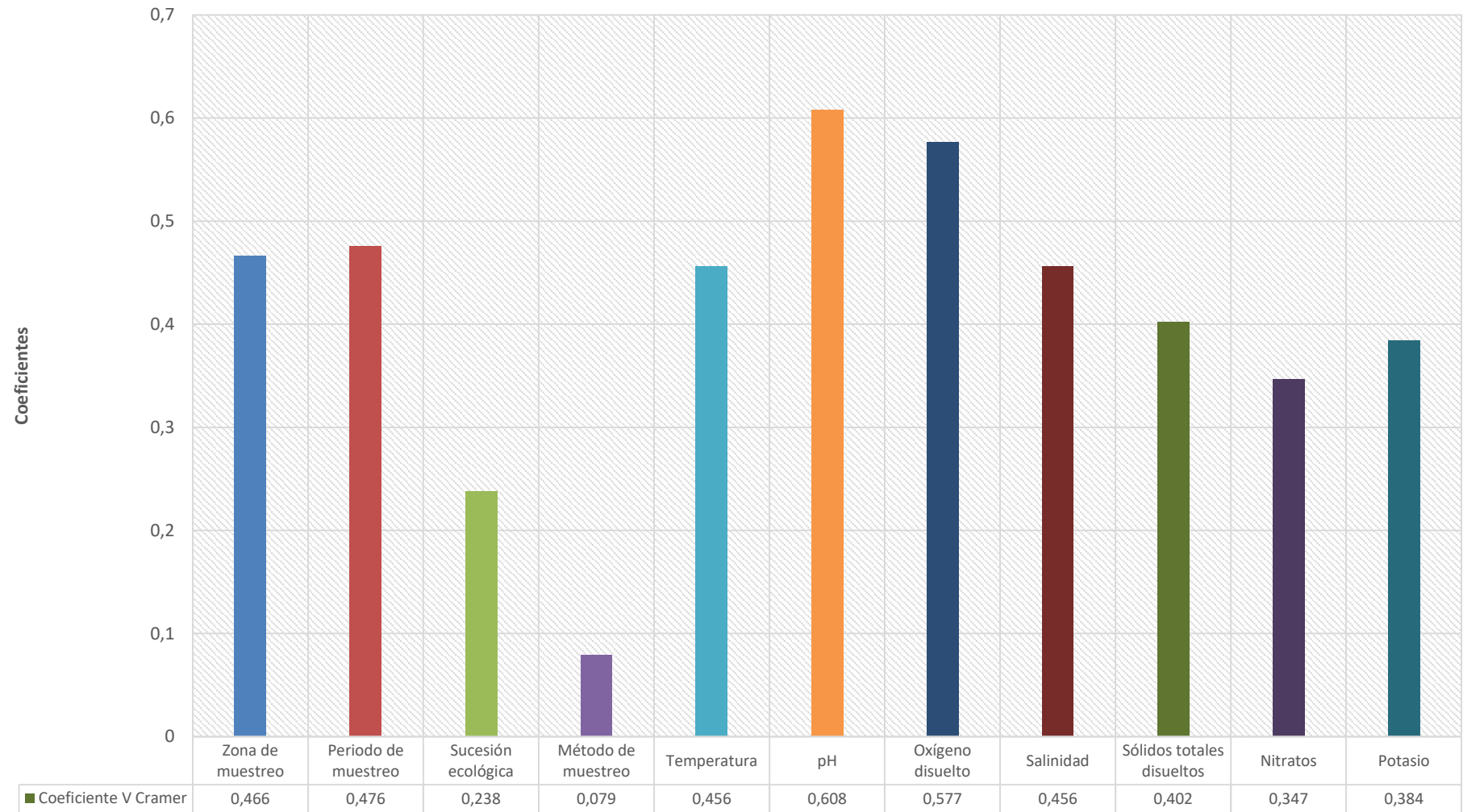


## Coeficientes de variación de los grupos o gremios funcionales



**Figura 10.** Comparativo de los Coeficientes de variación en función de los grupos o gremios funcionales

### Coeficiente V Cramer de los grupos o gremios funcionales



**Figura 11.** Comparativo de los Coeficientes V Cramer en función de los grupos o gremios funcionales

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones y objetivos del presente estudio se puede concluir en lo siguiente:

- La cuenca San Alberto alberga varios taxa de macroinvertebrados bentónicos MIB, para la presente investigación se determinó 58 taxa, siendo los más frecuentes y abundantes: Simuliidae, Chironomidae, Leptoceridae, Baetidae, y Glossosomatidae de los orden Diptera, Tricotera y Ephemeroptera. Asimismo, la cuenca tiene una alta biodiversidad alfa de MIB o en el rango normal, y que según la diversidad beta la zona alta, media y baja son símiles entre sí, y que luego de eventos naturales intensos (lluvias y deslizamientos) y una posible sucesión ecológica se propició una reducción en la similitud cuantitativa y cualitativa.
- En la cuenca San Alberto se determinó seis gremios de hábitat o espaciales G.H: Bentónicos, Agarradores; Buzos, Nadadores, Excavadores, y Patinadores, siendo los más abundantes los Agarradores, Buzos y Bentónicos. Asimismo, se determinó nueve gremios tróficos o alimenticios G.A: Depredadores, Colectores, Carroñeros, Omnívoros, Trituradores, Herbívoros, Ectoparásitos, Plantónicos y Filtradores, siendo los más abundantes los Omnívoros, Filtradores, Colectores y Herbívoros. Se determinó un grado mayor de correlación entre la variación G.H. y G.A. respecto al posible evento de sucesión ecológica, que respecto a las zonas de muestreo.
- La cuenca San Alberto cuenta con condiciones ecológicas variadas (CERA), de características hidrológicas y sustratos aceptables para las comunidades MIB (IHF) y de calidad riparia intermedia (QBR). En cuanto a la calidad de agua o condiciones ecológicas varían por cada índice MIB: para IBF y EPT la calidad de agua es buena y regular, respectivamente, mientras que, para IBA las condiciones ecológicas son muy buenas. Se determinó similar proporción entre los gremios funcionales bioindicadores resistente (4673) y sensible (4630), y mayor grado de correlación de su variación en cuanto al pH, seguido por oxígeno disuelto, periodo de muestreo, zona de muestreo, temperatura, salinidad y sólidos totales disueltos, por último, nitratos, potasio, método de muestreo y sucesión ecológica. Finalmente, se concluye que, la cuenca San Alberto presenta condiciones normales, con necesidad de atención en la zona baja debido a su tendiente calificación regular o de alerta.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar más evaluaciones multimétricas basado principalmente en los índices biológicos, complementados por la caracterización hidromorfológica, fisicoquímica, así como por las características biológicas, para así poder relacionar y fundamentar los variados resultados de calidad de agua o condiciones ecológicas de una cuenca.
- Profundizar en evaluaciones enfocadas en el análisis de la fracción derivante (arrastre por la corriente de agua) de las comunidades MIB como consecuencia de los factores naturales intensos (lluvias y deslizamientos) que puedan ser una probable causa de sucesiones ecológicas (pre y post evento).
- Profundizar en evaluaciones enfocadas en gremios (grupos, morfogrupos o morfoespecies) estructurales alfa y beta: en función del alimento G.A. o en función de los hábitats G.H. Asimismo, profundizar en evaluaciones o adaptaciones sobre los gremios funcionales del tipo bioindicador de respuesta a condiciones del ambiente: Sensible o Resistente.
- Realizar la formulación y/o adaptación de un nuevo índice biótico o modificado para las cuencas de la selva peruana: ensayos toxicológicos con taxa MIB de cuencas de la selva o categorización, cualificación de la sensibilidad de sus taxa indicadores, y creación o adecuación del modelamiento de biocriterios o bioindicadores.
- Instar a las instituciones para seguir monitoreando las condiciones ecológicas y/o calidad de agua de las cuencas, de esa forma tener un diagnóstico actualizado, y así generar información que sirva de herramienta en la conservación de estos ecosistemas tan importantes.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R; Ríos, B; Rieradevall, M; Prat, N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú (en línea). *Limnetica* 28(1):35-64. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/277262531>.

Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de aguas de los ríos (en línea). II. Andalucía - España, s.e. Disponible en [http://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub\\_a/pubalbaj1996p203.pdf](http://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub_a/pubalbaj1996p203.pdf).

Álvarez Cáceres, R. 2007. Estadística Aplicada a las Ciencias de la Salud (en línea). s.l., Diaz de Santos. 998 p. Consultado 25 ene. 2018. Disponible en [www.diazdesantos.es](http://www.diazdesantos.es).

Álvarez, L. 2005. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuático como indicadores de la calidad del agua (en línea). Bogotá - Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 223 p. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/31357>.

Bagatini, YM; Delariva, RL; Higuti, J. 2012. Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil (en línea). *Biota Neotropica* 12(1):307-317. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1676-06032012000100023>.

Bailey, RC; Norris, RH; Reynoldson, TB. 2001. Taxonomic resolution of benthic macroinvertebrate communities in bioassessments (en línea). *Journal of the North American Benthological Society* 20(2):280-286. DOI: <https://doi.org/10.2307/1468322>.

Baird, C; Cann, M. 2014. Química ambiental. Segunda Ed. Campo, M (ed.). Barcelona - España, Editorial Reverté. 848 p.

Baptista, DF; Buss, DF; Egler, M; Giovanelli, A; Silveira, MP; Nessimian, JL. 2007. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil (en línea). *Hydrobiologia* 575(1):83-94. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0286-x>.

Barreto Rodríguez, CR. 2007. Estadística Básica: Aplicaciones (en línea). Primera. Cardoza Sernaqué, M (ed.). Chimbote - Perú, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote ULADECH / Utex. 290 p. Disponible en <http://files.uladech.edu.pe/docente/32765808/LIBRO - ESTADISTICA BASICA APLICACIONES -R.pdf>.

Barros, MP; Gayeski, LM; Tundisi, JG. 2016. Benthic macroinvertebrate community in the Sinos river drainage basin, Rio Grande do Sul, Brazil (en línea). *Brazilian Journal of Biology* 76(4):942-950. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.04815>.

Barroso, CN; Barbero, MD; Oberto, AM; Gualdoni, CM. 2014. El Bentos y su Fracción Derivante: Composición y Estructura en un Arroyo Regulado (Achiras, Córdoba) (en línea). *Biología Acuática* 30:27-45. Disponible en <https://revistas.unlp.edu.ar/bacuatica/article/view/7594/6640>.

Begazo, E. (s. f.). Coeficiente de variación (en línea). s.l., s.e. Consultado 25 ene. 2018. Disponible en [https://www.academia.edu/34992003/Coeficiente\\_de\\_variación](https://www.academia.edu/34992003/Coeficiente_de_variación).

Bello, O; Curbelo, G; Fontenla, Y; Botello, F; Castillo, I; Santalla, M; Benítez, R. 2015. Deriva de macroinvertebrados acuáticos en un afluente del río Bayate, Sierra del Rosario, Cuba (en línea). *Poeyama* 501:1-7. Disponible en [http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/505/1/Poeyana\\_501\\_p1-7a.pdf](http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/505/1/Poeyana_501_p1-7a.pdf).

Buckup, L; Bueno, AA.; Bond-Buckup, G; Casagrande, M; Majolo, F. 2007. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure (en línea). *Revista Brasileira de Zoologia* 24(2):294-301. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-81752007000200005>.

Bustamante Salcido, MF. 2011. Determinación y análisis de índice de productividad de los cajeros cfemáticos (en línea). s.l., Universidad de Sonora. 12-40 p. Consultado 25 ene. 2018. Disponible en <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=10998>.

Cárdenas-Castro, E; Lugo-Vargas, L; González-Acosta, JA; Tenjo-Morales, AI. 2018. Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del Río Teusacá, afluente del Río Bogotá (en línea). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 21(2):587-597. DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1004>.

Carrera, C; Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua (en línea). Zambrano Mendoza, O (ed.). Quito - Ecuador, EcoCiencia. Disponible en <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>.

Carter, JL; Resh, VH; Hannaford, MJ. 2017. Macroinvertebrates as Biotic Indicators of Environmental Quality (en línea). In *Lamberti, GA; Hauer, RF (eds.)*. s.l., Elsevier, vol.2. p. 293-318 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813047-6.00016-4>.

Castillo-Figueroa, D; Garzón-Salamanca, LL; Albarracín-Caro, JF. 2018. Aquatic macroinvertebrates as water quality bioindicators in Colombia: A systematic review (en línea). *Neotropical Biology and Conservation* 13(3):235-248. DOI: <https://doi.org/10.4013/nbc.2018.133.06>.

CDC-UNALM. 2005. Elaboración de un plan de monitoreo para la salud de la biodiversidad en la Provincia de Oxapampa - Pasco (en línea). Lima - Perú, s.e. Disponible en [cdc.lamolina.edu.pe/Descargas/ANPs/PlanMonitoreoSelvaCentral.html](http://cdc.lamolina.edu.pe/Descargas/ANPs/PlanMonitoreoSelvaCentral.html).

Cepeda-Pizarro, J; Pola P, M; González, C. 2015. Efecto de la fase fenológica de verano sobre algunas características del ensamble de Diptera registrado en una vega altoandina del desierto transicional de Chile (en línea). *Idesia (Arica)* 33(1):49-58. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000100006>.

Cheshire, K; Boyero, L; Pearson, RG. 2005. Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce (en línea). *Freshwater Biology* 50(5):748-769. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01355.x>.

Chutter, FM. 1972. An Empirical Biotic Index of the quality of water in South African Streams and Rivers (en línea). *Water Research Pergamon* 6:19-30. Disponible en [http://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub\\_c/pubchutterf1972p19.pdf](http://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub_c/pubchutterf1972p19.pdf).

Comisión de Normalización y Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI. 2013. CALIDAD DE AGUA. Determinacion de pH en agua. Método electrométrico. Perú, s.e. 18. p.

Corroto, F; Yalta Meza, JR; Vásquez Pérez, HV; Gamarra Torres, OA. 2016. Evaluación de la calidad ecológica del agua en la cuenca alta del río Imaza (Perú) (en línea). *Indes* 2(2):20-29. DOI: <https://doi.org/10.25127/indes.201402.002>.

Cunha, LL da; Alves, MIB; Ono, ER; Uieda, VS. 2019. Methods of sampling benthic invertebrates in lotic habitats: a spatial and temporal evaluation (en línea). *Acta Limnologica Brasiliensia* 31:8. DOI: <https://doi.org/10.1590/s2179-975x3917>.

Domínguez, E; Fernández, HR. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos (en línea). 1a ed. Domínguez, E; Fernández, HR (eds.). Tucumán - Argentina, Fundación Miguel Lillo. 656 p. Disponible en [www.lillo.org.ar](http://www.lillo.org.ar).

Duarte, C. 2018. Estructura numérica de la comunidad de insectos acuáticos derivantes y su relación con el bentos, en un tramo del río Santa María, Santa Fe, provincia de Veraguas, Panamá. s.l., Centro Regional Universitario de Veraguas - Panamá. .

Dubois, M; Gascuel, D; Coll, M; Claudet, J. 2019. Recovery Debts Can Be Revealed by Ecosystem Network-Based Approaches (en línea). *Ecosystems* 22(3):658-676. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0294-5>.

Encalada, AC; Rieradevall, M; Ríos-Touma, B; García, N; Prat, N. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) (en línea). Quito - Ecuador, Universitat de Barcelona / Universidad San Francisco de Quito / AECID / FONAG. Disponible en [http://www.ub.edu/riosandes/docs/CERA-S\\_finalLR.pdf](http://www.ub.edu/riosandes/docs/CERA-S_finalLR.pdf).

Facultad de Ciencias Naturales y Museo fcnym - UNLP. (s. f.). Estimación de la Diversidad Específica (en línea). La Plata - Argentina, s.e. Consultado 25 ene. 2020. Disponible en <https://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecocomunidades/TPN3Diversidad.pdf>.

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - UNAM. 2011. Prueba de Chi Cuadrado (en línea). México - México, Universidad Nacional Autónoma de México UNAM/Laboratorio virtual de estadística. p. 29. Consultado 25 ene. 2018. Disponible en [http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/Laboratoriovirtualdeestadistica/CARPETA\\_3\\_INFERENCIA\\_ESTADISTICA/DOC\\_INFERENCIA/TEMA\\_4/08\\_PRUEBA\\_DE\\_CHICUADRADA.pdf](http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/Laboratoriovirtualdeestadistica/CARPETA_3_INFERENCIA_ESTADISTICA/DOC_INFERENCIA/TEMA_4/08_PRUEBA_DE_CHICUADRADA.pdf).

Fernández, HR; Domínguez, E. 2001. Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Fernández, HR; Domínguez, E (eds.). Tucumán - Argentina, Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. 282 p.



Ferriol Molina, M; Farinós Merle, H. (s. f.). Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales (en línea). Valencia - España, s.e. Consultado 25 ene. 2020. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16285/Microsoft Word - articulo docente def.pdf?sequence=1>.

Figuerola, R; Palma, A; Ruiz, V; Niell, X. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región (en línea). *Revista chilena de historia natural* 80(2):225-242. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2007000200008>.

Figuerola, R; Valdosvinos, C; Araya, E; Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile (en línea). *Revista chilena de historia natural* 76(2):275-285. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>.

Forero-Céspedes, AM; Reinoso-Flórez, G; Gutiérrez, C. 2013. Evaluación de la calidad de agua del río Opía (Tolima-Colombia) mediante Macroinvertebrados Acuáticos y parámetros fisicoquímicos (en línea). *Caldasia* 35(2):371-387. Disponible en <http://www.icn.unal.edu.co/>.

Fuentes, F; Massol-Deyá. 2002. Manual de Laboratorios. Ecología Microorganismos (en línea, sitio web). Consultado 5 jun. 2017. Disponible en <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p1-intro.pdf>.

Gamboa, M; Reyes, R; Arrivillaga, J. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental (en línea) (En recuperado en 19 de enero de 2020). *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 48(2):109-120. Disponible en [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&tlng=es).

Goodman, LA; Kruskal, WH. (s. f.) Tema 4. Medidas de asociación / Análisis de Tablas de Contingencia (en línea). Granada - España, Universidad de Granada / Cañada, Gustavo R. p. 32. Disponible en <http://www.ugr.es/~analisisdedatos/webcurso/leccion/leccion4/presentacion.ppt>.

Grupo de Estudio Técnico Ambiental para Agua – Gesta Agua. 2010. Informe de Secretaría Técnica Colegiada (DIGESA – INRENA) (en línea). Lima - Perú, s.e. Disponible en <http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/informes.asp>.

Guerra, B; Rodríguez, V. 2017. Densidad y estructura numérica de la fracción derivante de insectos acuáticos en el Río Viguí, Comarca Ngöbe-Buglé (en línea). s.l., Centro Regional Universitario de Veraguas - Panamá. 44 p. Disponible en <http://kohasibiup.up.ac.pa/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=213050>.

Gutiérrez-Fonseca, PE; Ramírez, A. 2016. Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: Principales amenazas y herramientas de evaluación (en línea). *Hidrobiologica* 26(3):433-441. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972016000300433&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972016000300433&lng=es&tlng=es).

Hepp, LU; Urbim, FM; Tonello, G; Loureiro, RC; Sausen, TL; Fornel, R; Restello, RM. 2016. Influence of land-use on structural and functional macroinvertebrate composition communities associated on detritus in Subtropical Atlantic Forest streams (en línea). *Acta Limnologica Brasiliensia* 28(0):10. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X0616>.

Herrera, J; Rodríguez, S; Rojas, JF; Herrera, É; Chaves, M. 2013. Variación temporal y espacial de la calidad de las aguas superficiales en la subcuenca del río Virilla (Costa Rica) entre 2006 y 2010 (en línea). *Revista de Ciencias Ambientales* 45(1):51-62. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.45-1.5>.

Herrera Moreno, A. 2000. La clasificación numérica y su aplicación en la ecología (en línea). Primera ed. Herrera Moreno, A (ed.). Santo Domingo - República Dominicana, Instituto Tecnológico de Santo Domingo INTEC. 88 p. Disponible en <https://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/237/HerreraMoreno%20Alejandro-Laclasificacionnumericaysuaplicacionenlaecologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Hilsenhoff, WL. 1988. Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index (en línea). *Journal of the North American Benthological Society* 7(1):65-68. DOI: <https://doi.org/10.2307/1467832>.

IBM. 2009. SPSS Win. s.l., s.e. p. 249Mb.

Instituto del Bien Común IBC. 2016. Inventario de fuentes de agua superficial en cinco zonas de interés hídrico en la cuenca Chorobamba. Oxapampa - Perú, s.e.

Johnson, RK; Wiederholm, T; Rosenberg, DM. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates (en línea). In *Rosenberg, DM; Resh, VH (eds.)*. New York - USA, Chapman and Hall, New York (Usa). p. 40-125. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Richard\\_Johnson7/publication/292130029\\_Freshwater\\_biomonitoring\\_using\\_individuals\\_organisms\\_populations\\_and\\_species\\_assemblages\\_of\\_benthic\\_macroinvertebrates/links/5771274308ae6219474a372b.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Richard_Johnson7/publication/292130029_Freshwater_biomonitoring_using_individuals_organisms_populations_and_species_assemblages_of_benthic_macroinvertebrates/links/5771274308ae6219474a372b.pdf).

Lamouroux, N; Dolédec, S; Gayraud, S. 2004. Biological traits of stream macroinvertebrate communities: effects of microhabitat, reach, and basin filters (en línea). *Journal of the North American Benthological Society* 23(3):449-466. DOI: [https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2004\)023<0449:BTOSMC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2004)023<0449:BTOSMC>2.0.CO;2).

Lenat, DR; Resh, VH. 2001. Taxonomy and stream ecology—The benefits of genus- and species-level identifications (en línea). *Journal of the North American Benthological Society* 20(2):287-298. DOI: <https://doi.org/10.2307/1468323>.

Lenntech. 2018. Potasio (K) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente (en línea, sitio web). Consultado 26 ene. 2018. Disponible en <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/k.htm>.

Lopez de Casenave, J. 2001. Estructura gremial y organización de un ensamble de aves del desierto del Monte. s.l., «Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. <http://digital.bl.fcen.uba.ar>». 1-117 p.

López van Oosterom, M V.; Ocón, CS; Brancolini, F; Maroñas, ME; Sendra, ED; Rodrigues Capítulo, A. 2013. Trophic relationships between macroinvertebrates and fish in a pampean lowland stream (Argentina) (en línea). *Iheringia. Série Zoologia* 103(1):57-65. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0073-47212013000100009>.

Lynch, AJJ. 2009. Book Reviews: What Is Biodiversity? from James Maclaurin and Kim Sterelny (en línea). *Austral Ecology* 34(5):598-599. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2009.01985.x>.

Marques, MMGSM; Barbosa, FAR; Callisto, M. 1999. Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in South-east Brazil (en línea). *Revista Brasileira de Biologia* 59(4):553-561. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71081999000400004>.

Martínez, AG; SPSS FREE. 2018. Desviación Estándar y Varianza: Medidas Estadísticas de Dispersión (en línea, sitio web). Consultado 16 feb. 2018. Disponible en <http://www.spssfree.com/curso-de-spss/analisis-descriptivo/varianza-desviacion-medidas-de-dispersion.html>.

\_\_\_\_\_. 2018. Medidas tendencia central: Media Mediana y Moda (en línea, sitio web). Consultado 16 feb. 2018. Disponible en <http://www.spssfree.com/curso-de-spss/analisis-descriptivo/media-mediana-moda-medidas-tendencia-central.html>.

McCafferty. 1983. *Aquatic Entomology: The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insect their relatives* (en línea). Boston - USA, Jones & Bartlett Learning. 448 p. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?id=wiTq7x-fi\\_0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=wiTq7x-fi_0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false).

Mena Mejía, I; Bustamante González, Á; Vargas López, S; Olvera Hernández, JI; Méndez Espinoza, JA. 2017. Evaluación de la condición ecológica del río Zahuapan (en línea). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 33(1):7-19. DOI: <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.01>.

Meneses-Campo, Y; Castro-Rebolledo, MI; Jaramillo Londoño, AM. 2019. Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. (en línea). *Acta Biológica Colombiana* 24(2):299-310. DOI: <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>.

Merritt, RW; Cummins, KW; Berg, MB. 2017. *Trophic Relationships of Macroinvertebrates* (en línea). s.l., Elsevier, vol.1. p. 413-433 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416558-8.00020-2>.

Ministerio del Ambiente. MINAM. 2015. Guía de inventario de la fauna silvestre (en línea). Dirección General de Evaluación Valoración y Financiamiento del Patrimonio (ed.). Lima - Perú, MINAM. 84 p. Disponible en [http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GUÃ-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf](http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83A-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf).

\_\_\_\_\_. 2017. Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) (en línea). *El Peruano*. . Perú, SINIA-MINAM. 6-9. p. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>.

\_\_\_\_\_. 2019. Guía para la Elaboración de la Línea Base y Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales, en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental - SEIA (en línea). Perú, El Peruano. 277. p. Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-elaboracion-linea-base-guia-identificacion-caracterizacion>.

Molina, CI; François-Marie, G; Pinto, J; Rosales, C. 2008. Estructura de Macroinvertebrados Acuáticos en un Río Altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: Variación anual y Longitudinal en Relación a Factores Ambientales (en línea). *Ecología Aplicada* 7(1-2):105-116. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v7i1-2.365>.

Moore, IE; Murphy, KJ. 2015. Evaluation of alternative macroinvertebrate sampling techniques for use in a new tropical freshwater bioassessment scheme (en línea). *Acta Limnologica Brasiliensia* 27(2):213-222. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X8813>.

Moreno, CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad (en línea). Zaragoza - España, M&T-Manuales y Tesis SEA. 86 p. Disponible en <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>.

Munné, A; Prat, N; Solà, C; Bonada, N; Rieradevall, M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index (en línea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13(2):147-163. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.529>.

Navarro, FKSP; Gonçalves Júnior, JF. 2017. Effect of leaf decomposition stage and water temperature on fragmentation activity of a shredder invertebrate species in lotic ecosystems (en línea). *Iheringia. Série Zoologia* 107:1-6. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2017017>.

Ospina-Bautista, F; Estévez-Varon, J V; Betancur, J; Realpe-Rebolledo, E. 2004. Estructura y composición de la comunidad de macro invertebrados acuáticos asociados a *Tillandsia turneri* Baker (Bromeliaceae) en un bosque alto andino colombiano. *Acta Zoologica Mexicana* 20(1):153-166.

Otero, N. 2018. Estructura numérica y patrón de deriva a lo largo de un ciclo de 16 horas, de la comunidad de insectos acuáticos derivantes, en un tramo del río Gatú, Veraguas, Panamá. s.l., Centro Regional Universitario de Veraguas - Panamá. .

Pardo, I; Álvarez, M; Casas, J; Moreno, JL; Vivas, S; Bonada, N; Alba-Tercedor, J; Jáimez-Cuéllar, P; Moyà, G; Prat, N; Robles, S; Suárez, ML; Toro, M; Vidal-Abarca, MR. 2002. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica* 21(3-4):115-133.

Pardo Merino, A; Ruiz Díaz, MÁ. 2005. Análisis de variables categóricas: El Procedimiento Tablas de contingencias (en línea). In *Sánchez González, C (ed.)*. Madrid - España, McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.U. p. 279-314. Consultado 25 ene. 2018. Disponible en [https://www.academia.edu/39339521/Análisis\\_de\\_datos\\_con\\_SPSS\\_13\\_Base\\_-\\_Antonio\\_Pardo\\_Merino\\_-\\_1ED](https://www.academia.edu/39339521/Análisis_de_datos_con_SPSS_13_Base_-_Antonio_Pardo_Merino_-_1ED).

Parreira de Castro, DM; Dolédec, S; Callisto, M. 2018. Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams (en línea). *Ecological Indicators* 84:573-582. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.030>.

Pascual, G; Iannacone, J; Alvarino, L. 2019. Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rímac, Lima, Perú (en línea). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 30(4):1421-1442. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17164>.

Pereira, PS; Fernandes, LAC; Dias, RJP; Sampaio, MS; Silva-Neto, ID; Baptista, DF; Oliveira, JL da M. 2014. Ecological water quality assessment in the Guapiaçu-Macacu hydrographic complex (Rio de Janeiro, Brazil) using multiple indicators (en línea). *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 9(3):445-458. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1397>.

Pimentel Jara, HF. 2014. Análisis de la perspectiva de los índices bióticos, ECA-Agua y manejo adaptativo; usando macroinvertebrados bentónicos en ríos altoandinos. *Camisea 2009-2012* (en línea). s.l., Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM. 1-146 p. Disponible en [http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1906/P10\\_P55-T.pdf?sequence=1](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1906/P10_P55-T.pdf?sequence=1).

Pinha, GD; Petsch, DK; Ragonha, FH; Guglielmetti, R; Bilia, CG; Tramonte, RP; Takeda, AM. 2016. Benthic invertebrates nestedness in flood and drought periods in a Neotropical floodplain: looking for the richest environments (en línea). *Acta Limnologica Brasiliensia* 28(0):10. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X1316>.

Prat, N; Rieradevall, M. 1998. Criterios de evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses basados en los macroinvertebrados bentónicos (en línea). *Actualidades Biológicas* 20(69):137-147. Disponible en <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/actbio/article/view/329814>.

Prat, N; Ríos, B; Acosta, R; Rieradevall, M. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. *In Domínguez, E; Fernández, HR (eds.)*. Tucumán - Argentina, Fundación Miguel Lillo. p. 631-654.

Rezende, CF. 2007. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados associados ao folhiço submerso de remanso e correnteza em igarapés da Amazônia Central (en línea). *Biota Neotropica* 7(2):301-305. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000200034>.

Rigotti, JA; Pompêo, CA; Fonseca, ALDO. 2016. Aplicação e análise comparativa de três protocolos de avaliação rápida para caracterização da paisagem fluvial (en línea). *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 11(1):409-423. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1732>.

Rios-Touma, B; Acosta, R; Prat, N. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation (en línea). *Revista de Biología Tropical* 62(2):249. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>.

Rodrigues Capítulo, A; Nora, G. 2003. Diatomeas y macroinvertebrados bentónicos en el monitoreo de sistemas lóticos bonaerenses. *Biología Acuática* 21.

Rodríguez, V; Concepción, A; Guerra, B. 2017. Estructura numérica de la fracción derivante de insectos acuáticos en los ríos Viguí y San Pedro, en la provincia de Veraguas, Panamá (en línea). *Visión Antataura* 1(2):91-92. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/268592917.pdf>.

Rodríguez, V; Duarte, C. 2019. Estructura de la comunidad de insectos acuáticos en la deriva y su relación con la estructura bentónica de la comunidad de insectos, en un tramo del río Santa María, provincia de Veraguas, República de Panamá (en línea). *Visión Antataura* 3:1-23. Disponible en <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/225/2251081001/2251081001.pdf>.

Rodríguez, V; Otero, N. 2019. Periodicidad en la Deriva de insectos acuáticos, en un tramo del río Gatú, Veraguas, Panama (en línea). *Rev. Col. Ciencia* 1(1 [Octubre-2019-marzo2020]):19-29. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Viterbo\\_Rodriguez/publication/336349707\\_1018-Texto\\_del\\_articulo-1669-1-10-20190927/links/5d9d0b18458515c1d3a163e8/1018-Texto-del-articulo-1669-1-10-20190927.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Viterbo_Rodriguez/publication/336349707_1018-Texto_del_articulo-1669-1-10-20190927/links/5d9d0b18458515c1d3a163e8/1018-Texto-del-articulo-1669-1-10-20190927.pdf).

Roldán-Pérez, G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica (en línea). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40(155):254. DOI: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>.

Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia (en línea). Antioquia - Colombia, Fondo para la Protección del Medio Ambiente «José Celestino Mutis» FEN COLOMBIA / Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales «Francisco Jose de Caldas» COLCIENCIAS / Universidad de Antioquia. 217 p. Disponible en <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf>.

Rosero, D; Fossati, O. 2009. Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta (en línea). *Índices bióticos* :1-21. Disponible en [https://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/ecuador/papallacta/doc/D14-09 Indices.pdf](https://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/ecuador/papallacta/doc/D14-09%20Indices.pdf).

Salcedo, S; Artica, L; Trama, F. 2013. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú (en línea). *Apuntes de Ciencia & Sociedad* 03(02):124-139. DOI: <https://doi.org/10.18259/acs.2013016>.

Salcedo, SA. 2014. Evaluación de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto - Oxapampa mediante la aplicación del Índice Biótico Andino (IBA) sobre las comunidades de macroinvertebrados. s.l., Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Oxapampa. .



Salcedo, SA; Trama, FA. 2014. Manual de Identificación de Macroinvertebrados Acuáticos de la Microcuenca San Alberto, Provincia de Oxapampa, Perú. Rizo Patrón, FL (ed.). Chanchamayo - Perú, FONDECYT. 116 p.

Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente (en línea). *Ecotropicos* 16(2):45-63. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/284495760\\_El\\_uso\\_de\\_los\\_macroinvertebrados\\_benticos\\_como\\_indicadores\\_de\\_la\\_condicion\\_ecologica\\_de\\_los\\_cuerpos\\_de\\_agua\\_corriente](https://www.researchgate.net/publication/284495760_El_uso_de_los_macroinvertebrados_benticos_como_indicadores_de_la_condicion_ecologica_de_los_cuerpos_de_agua_corriente).

Silveira-Manzotti, BN da; Manzotti, AR; Ceneviva-Bastos, M; Casatti, L. 2016. Trophic structure of macroinvertebrates in tropical pasture streams (en línea). *Acta Limnologica Brasiliensia* 28(0):10. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X0316>.

Stark, JD; Boothroyd, IK.; Harding, J.; Maxted, J.; Scarsbrook, M. 2001. Protocols for sampling macroinvertebrates in wadeable streams. Working, NZM; 1, GRN (eds.). New Zealand, Prepared for the Ministry for the Environment. Sustainable Management Fund Project No. 5103. 57 p.

Statzner, B; Bêche, LA. 2010. Can biological invertebrate traits resolve effects of multiple stressors on running water ecosystems? (en línea). *Freshwater Biology* 55(SUPPL. 1):80-119. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02369.x>.

Tachet, H; Usseglio-Polatera, P; Roux, C. 1994. Theoretical habitat templates, species traits, and species richness: aquatic Coleoptera in the Upper Rhone River and its floodplain (en línea). *Freshwater Biology* 31(3):377-395. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01747.x>.

Tapia, L; Sánchez, T; Baylón, M; Jara, E; Arteaga, C; Maceda, D; Salvatierra, A. 2018. Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en Lagunas Altoandinas del Perú (en línea). *Ecología Aplicada* 17(2):149. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>.

Thorp, J.; Rogers, D. 2018. Key to Neotropical Hexapoda (en línea). Fourth Edi. Hamada, N; Thorp, JH; Christopher Rogers, D (eds.). s.l., Elsevier / Academic Press, vol.III. 838 p. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2015-0-01626-4>.

Tomanova, S; Goitia, E; Helešic, J. 2006. Trophic Levels and Functional Feeding Groups of Macroinvertebrates in Neotropical Streams (en línea). *Hydrobiologia* 556(1):251-264. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1255-5>.

Tomanova, S; Usseglio-Polatera, P. 2007. Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability (en línea). *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* 170(3):243-255. DOI: <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2007/0170-0243>.

Trama, FA; Salcedo Gustavson, SA; Demarcy, L; Erbure Cardozo, L; Jara Palomino, BA; Muñoz Ccuro, FE; Rios Alvarado, JR; Rizo Patron Viale, FLS. 2020. Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú (en línea). *Revista Peruana de Biología* 27(2):149-168. DOI: <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>.

Tupinambás, TH; Callisto, M; Santos, GB. 2007. Benthic macroinvertebrate assemblages structure in two headwater streams, south-eastern Brazil (en línea). *Revista Brasileira de Zoologia* 24(4):887-897. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-81752007000400005>.

Uieda, VS; Alves, MIB; Silva, EI. 2016. Invertebrados bentônicos: relação entre estrutura da fauna e características do mesohabitat (en línea). *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 11(3):676-688. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1876>.

Uieda, VS; Motta, R. 2007. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review (en línea). *Acta Limnol. Bras* 19:15-30. Disponible en [http://ablimno.org.br/acta/pdf/acta19\\_vol1\\_02.pdf](http://ablimno.org.br/acta/pdf/acta19_vol1_02.pdf).

United States Environmental Protection Agency US EPA. 2020. Biological Water Quality Criteria | Water Quality Criteria | US EPA (en línea, sitio web). Consultado 19 ene. 2020. Disponible en <https://www.epa.gov/wqc/biological-water-quality-criteria>.

\_\_\_\_\_. 2020. Terms & Acronyms / Search Results (en línea, sitio web). Consultado 19 ene. 2020. Disponible en [https://iaspub.epa.gov/sor\\_internet/registry/termreg/searchandretrieve/termsandacronyms/search.do?search=&term=bioassessment&matchCriteria=Contains&checkedAcronym=true&checkedTerm=true&hasDefinitions=false](https://iaspub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/termsandacronyms/search.do?search=&term=bioassessment&matchCriteria=Contains&checkedAcronym=true&checkedTerm=true&hasDefinitions=false).

\_\_\_\_\_. 2020. Water Topics | Environmental Topics | US EPA (en línea, sitio web). Consultado 19 ene. 2020. Disponible en <https://www.epa.gov/environmental-topics/water-topics>.

Vannote, RL; Minshall, GW; Cummins, KW; Sedell, JR; Cushing, CE. 1980. The River Continuum Concept (en línea). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37(1):130-137. DOI: <https://doi.org/10.1139/f80-017>.

Vergara Schmalbach, JC; Quesada Ibarguen, VM. 2007. Estadística básica con aplicaciones en MS Excel ® (en línea). s.l., Eumed.Net Biblioteca Virtual. 197 p. Consultado 16 feb. 2018. Disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007a/239/index.htm>.

Villada-Bedoya, S; Triana-Moreno, LA; Gomes-Dias, L. 2017. Grupos funcionales alimentarios de insectos acuáticos en quebradas andinas afectadas por agricultura y minería (en línea). *Caldasia* 39(2):370-387. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n2.62800>.

Villamarín Flores, CP. 2012. Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos (en línea). s.l., Universitat de Barcelona. . Consultado 11 jul. 2020. Disponible en <http://www.tdx.cat/handle/10803/83923>.

Wantzen, KM; Rueda-Delgado, G. 2009. Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. In *Dominguez, E; Fernández, HR (eds.)*. Tucumán - Argentina, Fundación Miguel Lillo. p. 17-45.







Williams-Linera, G; López-Gomez, AM; Muñoz-Castro, MA. 2005. Complementaridad y patrones de anidamiento de especies de árboles en el paisaje de bosque de niebla del centro de Veracruz (México). In *Halffter, G; Soberón, J; Koleff, P; Melic, A (eds.)*. Zaragoza - España, m3m : Monografías Tercer Milenio, vol.4. p. 242.









Zanotto-Arpellino, JP; Principe, RE; Oberto, AM; Gualdoni, CM. 2015. Variación espacio-temporal de Chironomidae (Diptera) bentónicos y derivantes en un arroyo serrano en Córdoba, Argentina (en línea). *Iheringia. Série Zoologia* 105(1):41-52. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4766201510514152>.

Zerlin, R; Henry, R. 2014. Does water level affect benthic macro-invertebrates of a marginal lake in a tropical river-reservoir transition zone? (en línea). *Brazilian Journal of Biology* 74(2):408-419. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.26812>.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1. Fotografías de la zona de muestreo, recorrido, y puntos referenciales

	
<p><b>Foto 1.</b> Dentro del parque Yanachaga Chemillén.</p>	<p><b>Foto 2.</b> P 01. Zona alta. Cauce de la quebrada Soto o Auquimarca. Muestreo preliminar.</p>
	
<p><b>Foto 3.</b> P 01. Zona alta. Tercer muestreo.</p>	<p><b>Foto 4.</b> Cauce de la quebrada Soto o Auquimarca, zona alta. Cuarto muestreo.</p>
	
<p><b>Foto 5.</b> Cauce de la quebrada Soto o Auquimarca, zona alta. Muestreo preliminar.</p>	<p><b>Foto 6.</b> Cauce de la quebrada Soto o Auquimarca, zona alta. Cuarto muestreo.</p>



**Foto 15.** Deslizamientos (derrumbes) en la ruta, de la zona media y media-baja. Tercer muestreo.



**Foto 16.** Tala cerca de zona media.



**Foto 17.** Deslizamientos (derrumbes) en la ruta, de la zona media y media-baja. Tercer muestreo.



**Foto 18.** Zona baja, cerca del puente. Sobre estructura antideslizamientos.

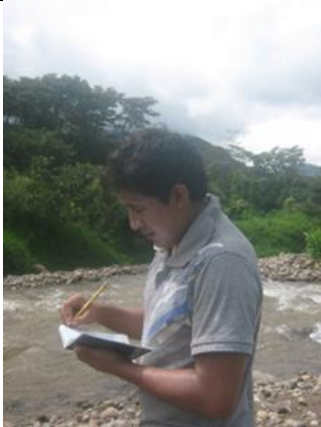







**Foto 19.** Cauce de todas las vertientes de las quebradas Sotomayor, Chávez, San Pedro o La Mina, La rinconada. Cuenca San Alberto. Zona baja P 03.



**Foto 20.** Unión de río San Alberto con río San Luis. Cerca de la ciudad. Tercer muestreo.

**ANEXO 2.** Fotografías de procedimiento en campo

	
<p><b>Foto 21.</b> Registro de coordenadas y evaluación de la zona alta, y sus características.</p>	<p><b>Foto 22.</b> Registro y evaluación de la zona baja, y sus características.</p>
	
<p><b>Foto 23.</b> Colecta de muestras de agua para análisis de nutrientes en laboratorio.</p>	<p><b>Foto 24.</b> Registro y evaluación de la zona baja, y sus características.</p>
	
<p><b>Foto 25.</b> Evaluación de la zona baja, y sus características.</p>	<p><b>Foto 26.</b> Colecta de muestras de agua para análisis de nutrientes en laboratorio.</p>
	
<p><b>Foto 27.</b> Análisis de parámetros <i>in situ</i>. Refractómetro (salinidad).</p>	<p><b>Foto 28.</b> Muestreo preliminar con red D-net. Zona alta.</p>





**Foto 29.** Muestreo con red Surber. Zona Baja



**Foto 30.** Muestreo con red Surber. Zona alta.



**Foto 31.** Perímetro de 1 m<sup>2</sup> para colecta de piedras y/o ramas.



**Foto 32.** Red Suber, bandeja con piedras, tamizadores, bandejas.



**Foto 33.** Concentrado por tamizado y limpieza de red.



**Foto 34.** Limpieza manual de piedras en las bandejas.



**Foto 35.** Seleccionado, concentrado y limpieza previa de la muestra colectada en campo.



**Foto 36.** Adición de formol a las muestras concentradas y semi limpias, para posterior adición de alcohol.

**ANEXO 3.** Fotografías de procedimiento en fase de análisis de muestras y registro fotográfico de las comunidades MIB de la cuenca del río San Alberto.



**Foto 37.** Muestras pre concentradas, previa a la limpieza y separación de especímenes de las muestras del muestreo preliminar.



**Foto 38.** Proceso de concentración, limpieza y separación de especímenes de las muestras del muestreo preliminar, zona media.



**Foto 39.** Muestras pre concentradas, previa a la limpieza y separación de especímenes de las muestras del 1°, 2°, 3° y 4° muestreo.



**Foto 40.** Muestras pre-separación de individuos, con su determinado tipo de sustrato.



**Foto 41.** Evaluación de muestras, determinación, conteo y registro de individuos. Separación de individuos en frascos de 10 ml.



**Foto 42.** Evaluación de muestras, determinación, conteo y registro de individuos. Separación de individuos en frascos de 10 ml..



**Foto 43.** Limpieza de muestra con restos orgánicos gruesos, raíces, hojas y ramas, para separación de individuos.



**Foto 44.** Limpieza de muestra con restos de piedras o grava, para separación de individuos.



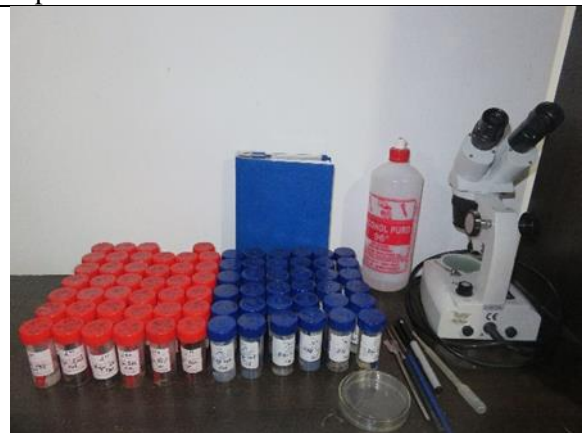
**Foto 45.** Limpieza de muestra con restos de arena, para separación de individuos.



**Foto 46.** Limpieza de muestra con restos de arena, detritos, restos orgánicos gruesos, para separación de individuos.



**Foto 47.** Concentración de muestras, limpieza y separación de especímenes del primer muestreo.



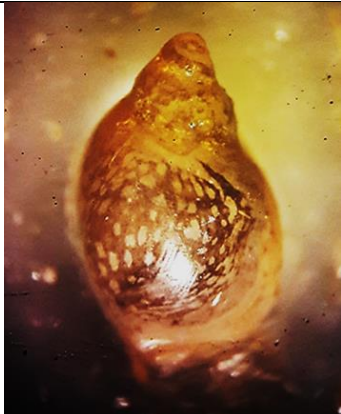
**Foto 48.** Muestras concentradas, con especímenes separados en frascos de 10 ml con alcohol, posterior al conteo de individuos.



**Foto 49.** Familia Planariidae “Planaria”.



**Foto 50.** Orden Gordioidea.



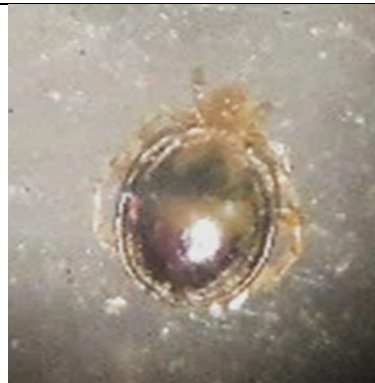
**Foto 51.** Familia Physidae “caracol”.



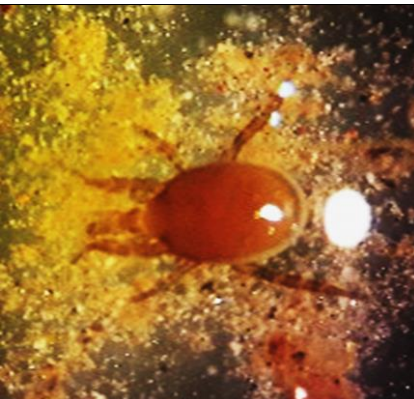
**Foto 52.** Orden Glossiphoniiformes “sanguijuela”.



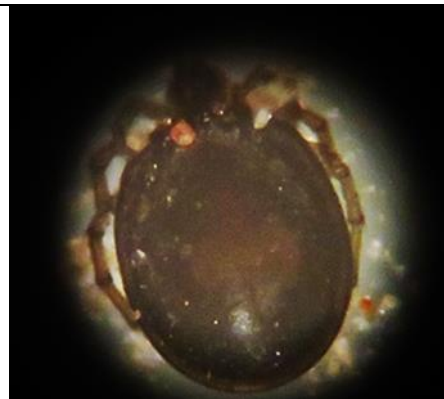
**Foto 53.** Orden Haplotaxida “lombriz”.



**Foto 54.** Familia Hygrobatidae “acaro de agua”.



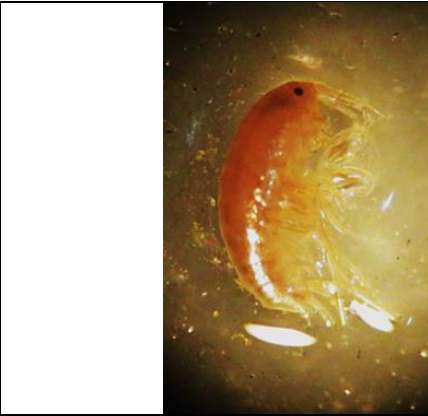
**Foto 55.** Familia Limnesiidae “acaro de agua”.



**Foto 56.** Familia Torrenticolidae “acaro de agua”.



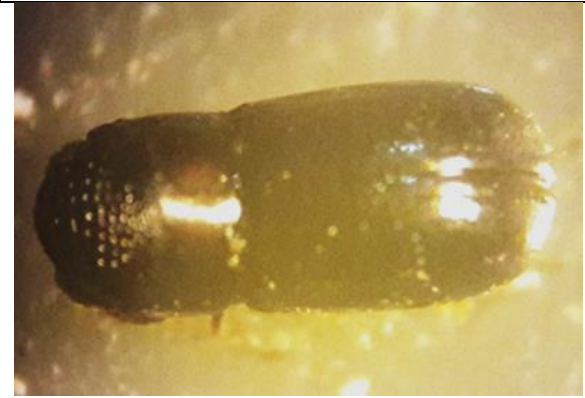
**Foto 57.** Orden Podocopida “Ostrácodo”.



**Foto 58.** Familia Hyaellidae o Gammaridae.



**Foto 59.** Familia Chrysomelidae.



**Foto 60.** Familia Dryopidae.



**Foto 61.** Familia Elmidae (adulto, dorsal).









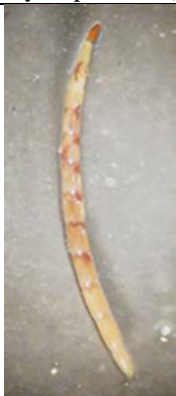

**Foto 62.** Familia Elmidae (larvas, dorsal).



**Foto 63.** Familia Limnichidae.



**Foto 64.** Familia Psephenidae (lateral).

	
<p><b>Foto 65.</b> Familia Ptilodactylidae.</p>	<p><b>Foto 66.</b> Familia Scirtidae (=Helodidae, Cyphonidae).</p>
	
<p><b>Foto 67.</b> Familia Staphylinidae.</p>	<p><b>Foto 68.</b> Familia Hydrophilidae (adulto).</p>
	
<p><b>Foto 69.</b> Familia Hydrophilidae (larva).</p>	<p><b>Foto 70.</b> Familia Blephariceridae.</p>
	
<p><b>Foto 71.</b> Familia Ceratopogonidae.</p>	<p><b>Foto 72.</b> Familia Chironomidae.</p>



**Foto 73.** Familia Dioxidae.

**Foto 74.** Familia Psychodidae.



**Foto 75.** Familia Simulidae (pupas).



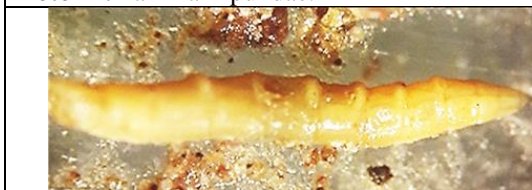
**Foto 76.** Familia Simulidae (larva).



**Foto 77.** Familia Tipulidae.



**Foto 78.** Familia Tipulidae.



**Foto 79.** Familia Dolichopodidae.



**Foto 80.** Familia Empididae.



**Foto 81.** Familia Ephyridae.



**Foto 82.** Familia Tabanidae "Tabano".



**Foto 83.** Familia Syrphidae (zona cefálica y caudal).



**Foto 84.** Familia Muscidae “moscas”.



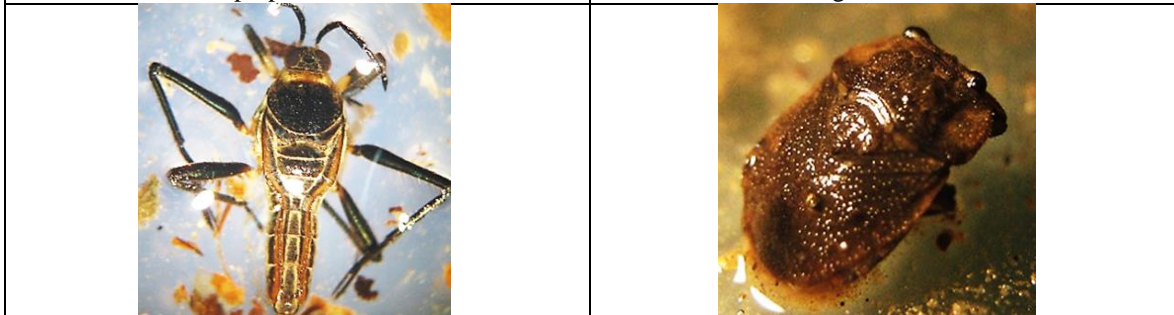
**Foto 85.** Familia Baetidae “efiera”.

**Foto 86.** Familia Leptohyphidae o Tricoryphidae “efimera”.



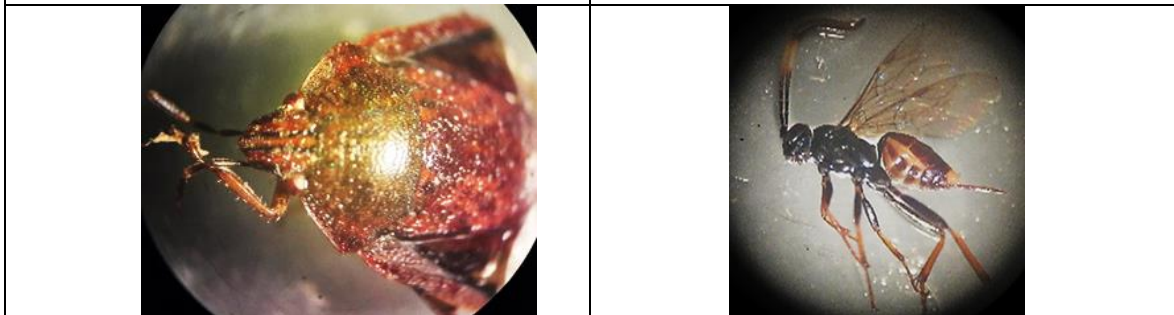
**Foto 87.** Familia Leptophlebiidae.

**Foto 88.** Familia Oligoneuridae.



**Foto 89.** Familia Veliidae.

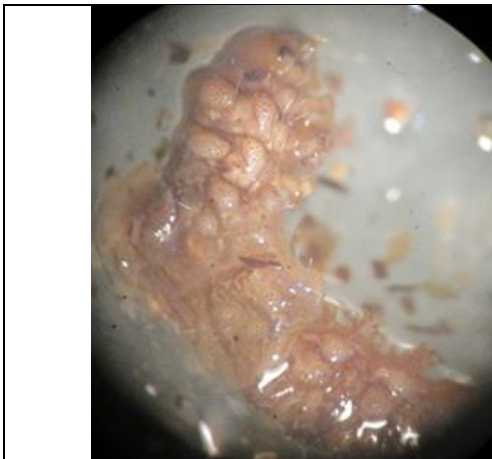
**Foto 90.** Familia Gelastocoridae.



**Foto 91.** Nepomorpha (no identificado).

**Foto 92.** Orden Hymenoptera (incidental).





**Foto 93.** Superfamilia Pyraloodea.



**Foto 94.** Familia Corydalidae.



**Foto 95.** Familia Aeshnidae "libélula".



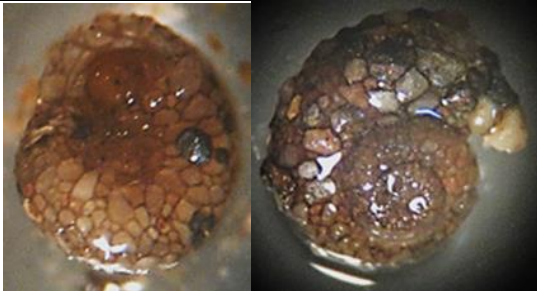
**Foto 96.** Familia Perlidae.



**Foto 97.** Familia Anomalopsychidae.




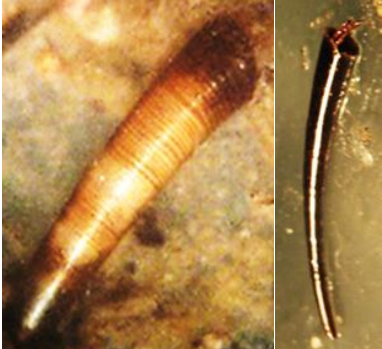



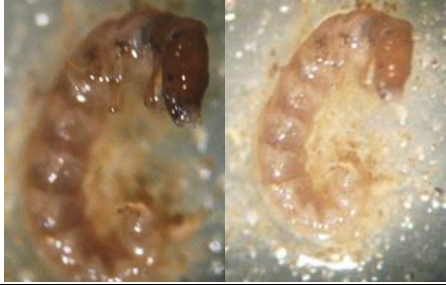




**Foto 98.** Familia Calamoceratidae.



**Foto 99.** Familia Helicopsychidae.



**Foto 100.** Familia Leptoceridae.

	
<p><b>Foto 101.</b> Familia Odontoceridae.</p>	<p><b>Foto 102.</b> Familia Sericostomatidae.</p>
	
<p><b>Foto 103.</b> Familia Hydropsychidae.</p>	<p><b>Foto 104.</b> Familia Philopotamidae.</p>
	
<p><b>Foto 105.</b> Familia Polycentropodidae.</p>	<p><b>Foto 106.</b> Familia Xiphocentronidae.</p>
	
<p><b>Foto 107.</b> Familia Glossosomatidae (capullos y sin capullo).</p>	<p><b>Foto 108.</b> Familia Rhyacophilidae.</p>
	
<p><b>Foto 109.</b> Familia Hydrobiosidae (patas prensiles y cabeza).</p>	<p><b>Foto 110.</b> Familia Hydroptilidae.</p>

**ANEXO 4.** Registro de parámetros físico químico *in situ* y análisis en laboratorio, y registros de observaciones en campo, informes de ensayo.

**Tabla 10:** Registro de parámetros fisicoquímicos

Muestreo preliminar- Toma de parámetros físico químico <i>in situ</i> y análisis en laboratorio					
N°1: Parte alta.					
Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
Temperatura (°C)	22.4	22.3	21.3	22.00	Arrastre de detritos.
pH	6.61	7.1	7.07	6.93	fecha: 14/04/12
oxígeno disuelto I (mg/L)	11.1	7.3	8.6	9.00	hora: 12:00 pm
oxígeno disuelto F (mg/L)	9.6	6.6	6.7	7.63	
salinidad PPT(‰)	5	6	6	5.67	día parcialmente soleado, con fuertes lluvias
Sólidos totales disueltos (mg/L)	21	19	20	20.00	
Nitratos (mg/L)	-	-	-	1.25	
Fosfatos P-PO4 (mg/L)	-	-	-	0.00	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002023
Potasio (mg/L)	-	-	-	0.74	
					TUPA SERNANP 04 (comprobante 001 N° 000022) SERNANP
N°2: Parte media					
Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
Temperatura (°C)	22.2	21.6	24.8	22.87	13/04/2012
pH	6.72	6.73	6.83	6.76	hora: 10:00
oxígeno disuelto I (mg/L)	7.3	7.1	8.3	7.57	
oxígeno disuelto F (mg/L)	6.5	6.1	6.6	6.40	parcialmente soleado, sin lluvias
salinidad PPT(‰)	5	4	4	4.33	
Sólidos totales disueltos (mg/L)	18	18	21	19.00	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002024
Nitratos (mg/L)	-	-	-	3.30	
Fosfatos P-PO4 (mg/L)	-	-	-	0.00	
Potasio (mg/L)	-	-	-	0.51	
N°3: Parte baja					
Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
Temperatura (°C)	17.4	17.3	16.6	17.10	14/04/2012
pH	6.72	6.61	6.56	6.63	hora: 15:30
oxígeno disuelto I (mg/L)	8.9	8.2	8.9	8.67	
oxígeno disuelto F (mg/L)	7.8	7.7	8	7.83	parcialmente nublado, con lluvias
salinidad PPT(‰)	5	6	6	5.67	
Sólidos totales disueltos (mg/L)	14	16	16	15.33	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002025
Nitratos (mg/L)	-	-	-	1.17	
Fosfatos P-PO4 (mg/L)	-	-	-	0.00	
Potasio (mg/L)	-	-	-	0.75	

«Continuación»

**Primer muestreo- Toma de parámetros físico químico *in situ* y análisis en laboratorio**

N°1: Parte alta.

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
Temperatura (°C)	14.8	14.5	14.2	14.50	sábado 30/06/12
pH	7.47	7.45	7.49	7.47	hora: 12:00
oxígeno disuelto I (mg/L)	7.5	7.7	7.5	7.57	
oxígeno disuelto F (mg/L)	7.1	6.7	7	6.93	día parcialmente soleado, sin lluvia
salinidad PPT(°/oo)	5	6	5	5.33	
Sólidos totales disueltos (mg/L)	29	34	34	32.33	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002026
Nitratos (mg/L)	-	-	-	0.00	
Fosfatos P-PO4 (mg/L)	-	-	-	0.00	TUPA SERNANP 04
Potasio (mg/L)	-	-	-	0.98	(comprobante 001 N° 000022) SERNANP

N°2: Parte media

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
Temperatura (°C)	21.2	18.5	18.1	19.27	29/06/2012
pH	7.35	7.31	7.27	7.31	hora: 11:00
oxígeno disuelto I (mg/L)	8.8	7.6	7.9	8.10	
oxígeno disuelto F (mg/L)	7.6	6.7	6.8	7.03	día soleado, sin lluvias
salinidad PPT(°/oo)	6	5.5	5	5.50	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002027
Sólidos totales disueltos (mg/L)	22	24	26	24.00	
Nitratos (mg/L)	-	-	-	0.52	
Fosfatos P-PO4 (mg/L)	-	-	-	0.00	
Potasio (mg/L)	-	-	-	0.66	

N°3: Parte baja

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
Temperatura (°C)	23	23	23	23.00	28/06/2012
pH	7.55	7.44	7.45	7.48	hora: 15:31
oxígeno disuelto I (mg/L)	8.7	7.7	7.9	8.10	
oxígeno disuelto F (mg/L)	7	7.2	7.3	7.17	día soleado, sin lluvias
salinidad PPT(°/oo)	4	4	4	4.00	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002028
Sólidos totales disueltos (mg/L)	28	28	28	28.00	
Nitratos (mg/L)	-	-	-	0.11	
Fosfatos P-PO4 (mg/L)	-	-	-	0.00	
Potasio (mg/L)	-	-	-	0.70	

---

«Continuación»

---

**Segundo muestreo- Toma de parámetros físico químico *in situ* y análisis en laboratorio**

N°1: Parte alta.

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	15.5	15.3	15.4	15.40	01/10/2012
<b>pH</b>	7.22	7.25	7.19	7.22	hora: 10:44
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	8.3	8.8	8.7	8.60	
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	7.6	8	8.3	7.97	día parcialmente soleado, sin lluvias
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	5.5	5	5	5.17	
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	24	29	29	27.33	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002029
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	0.03	
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	TUPA SERNANP 04
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	1.05	(comprobante 001 N° 000022) SERNANP

N°2: Parte media

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	22.8	29.2	22	24.67	30/09/2012
<b>pH</b>	7.24	7.09	7.4	7.24	hora: 11:40
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	8.5	7.7	6.6	7.60	
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	7	6.5	5.9	6.47	día soleado
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	5	4	6	5.00	sin lluvias
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	17	19	21	19.00	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002030
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	0.47	

N°3: Parte baja

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	17.4	17.9	17.8	17.70	presencia de arcilla
<b>pH</b>	6.74	6.97	7.04	6.92	02/10/2012
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	6.8	6.5	6.8	6.70	
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	5.9	5.6	5.8	5.77	hora: 08:18
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	5	6	5	5.33	día soleado, sin lluvias
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	24	23	22	23.00	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002031
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	1.58	
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	0.69	

---

«Continuación»

**Tercer muestreo- Toma de parámetros físico químico *in situ* y análisis en laboratorio**

N°1: Parte alta.

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	16.9	16.8	16.7	16.80	Derrumbes o deslizamientos en la zona o área de muestreo en la parte media, día lluvioso, soleado. 02/02/2013 hora: 11:28 - 11:58 Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002032  TUPA SERNANP 04 (comprobante 001 N° 000022) SERNANP
<b>pH</b>	7.25	7.19	7.05	7.16	
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	10.9	7.3	6.9	8.37	
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	7.8	6.6	6	6.80	
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	6	6	6	6.00	
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	14	13	13	13.33	
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	1.74	
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	0.89	

N°2: Parte media

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	19.3	20.1	18.7	19.37	Derrumbes o deslizamientos en la zona o área de muestreo en la parte media, día lluvioso, soleado 02/02/2013 hora: 14:45 - 15:15 Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002033
<b>pH</b>	7.21	7.08	6.98	7.09	
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	8.9	8.6	6.8	8.10	
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	6.5	6	6	6.17	
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	5	5	5	5.00	
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	18	14	17	16.33	
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	0.84	
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	0.83	

N°3: Parte baja

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	18.3	17.9	17.5	17.90	98% nublado, viento 26 km/h 76% de H y 60% de precipitaciones, t° Ambiental 19°C, reporte SENHAMI 03/02/2013 Hora: 8:00 - 8:23 Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002034
<b>pH</b>	7.17	7.07	7.03	7.09	
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	7.7	6.8	6.6	7.03	
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	6.2	6	5.8	6.00	
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	4	5	5	4.67	
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	21	16	21	19.33	
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	1.09	
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	0.84	

«Continuación»

**Cuarto muestreo- Toma de parámetros físico químico *in situ* y análisis en laboratorio**

N°1: Parte alta.

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	17.9	18.8	17.8	18.17	derrumbes en la zona, nublado
<b>pH</b>	8.07	7.88	7.78	7.91	
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	12.3	9.9	8.3	10.17	07/04/2013
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	8.3	7.7	7.9	7.97	hora: 17:00 - 17:06
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	4	5	5	4.67	
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	10	9	11	10.00	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002035
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	0.60	
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	TUPA SERNANP 04
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	0.62	(comprobante 001 N° 000022) SERNANP

N°2: Parte media

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	18.9	20	20.2	19.70	día lluvioso, sombrío,
<b>pH</b>	7.5	7.53	7.49	7.51	derrumbes en la zona
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	11	10	12	11.00	
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	9.6	8.8	11.9	10.10	06/04/2013
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	4	4	4	4.00	hora: 13:05 - 13:32
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	33	20	18	23.67	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002036
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	0.84	
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	0.49	

N°3: Parte baja

Parámetros ambientales	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio	Observaciones
<b>Temperatura (°C)</b>	20.4	19.3	19.1	19.60	derrumbes en la zona, nublado
<b>pH</b>	7.9	7.86	7.82	7.86	
<b>oxígeno disuelto I (mg/L)</b>	10	8.3	8.3	8.87	arrastre de detritos
<b>oxígeno disuelto F (mg/L)</b>	7.7	7	7.1	7.27	08/04/2013
<b>salinidad PPT(°/oo)</b>	3	3	5	3.67	hora: 9:40 - 9:50
<b>Sólidos totales disueltos (mg/L)</b>	21	20	21	20.67	
<b>Nitratos (mg/L)</b>	-	-	-	0.60	Ensayo Laboratorio FIA-UNALM N° 002037
<b>Fosfatos P-PO4 (mg/L)</b>	-	-	-	0.00	
<b>Potasio (mg/L)</b>	-	-	-	0.92	

**Tabla 11:** Procesamiento estadístico de la data de los parámetros fisicoquímicos

*Temperatura*

<b>Numero de muestra</b>	<b>n</b>	45
<b>Valor mayor</b>	<b>Vmax</b>	29.2
<b>Valor menor</b>	<b>Vmin</b>	14.2
<b>Rango</b>	<b>R</b>	15
<b>Numero de intervalos de clase</b>	<b>m o K</b>	6.49
	<b>m (mod)</b>	7
<b>Amplitud interválica de clase</b>	<b>C o R/K</b>	2.143
	<b>C(mod)</b>	2.2
<b>Exceso</b>	<b>E</b>	0.4

<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frec. Relativa</b>	<b>Marca de intervalo de clase</b>
<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>fa</b>	<b>fr</b>	<b>Xi</b>
14.2	16.3	6	0.13	15.3
16.4	18.5	15	0.33	17.5
18.6	20.7	11	0.24	19.7
20.8	22.9	8	0.18	21.9
23.0	25.1	4	0.09	24.1
25.2	27.3	0	0.00	26.3
27.4	29.6	1	0.02	28.5

*pH*

<b>Numero de muestra</b>	<b>n</b>	45
<b>Valor mayor</b>	<b>Vmax</b>	8.07
<b>Valor menor</b>	<b>Vmin</b>	6.56
<b>Rango</b>	<b>R</b>	1.51
<b>Numero de intervalos de clase</b>	<b>m o K</b>	6.49
	<b>m (mod)</b>	7
<b>Amplitud interválica de clase</b>	<b>C o R/K</b>	0.216
	<b>C(mod)</b>	0.22
<b>Exceso</b>	<b>E</b>	0.03

<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frec. Relativa</b>	<b>Marca de intervalo de clase</b>
<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>fa</b>	<b>fr</b>	<b>Xi</b>
6.56	6.77	7	0.16	6.67
6.78	6.99	3	0.07	6.89
7.00	7.21	11	0.24	7.11
7.22	7.43	9	0.20	7.33
7.44	7.65	9	0.20	7.55
7.66	7.87	3	0.07	7.77
7.88	8.10	3	0.07	7.99



«Continuación»

*Oxígeno disuelto*

<b>Numero de muestra</b>	<b>n</b>	90
<b>Valor mayor</b>	<b>Vmax</b>	12.3
<b>Valor menor</b>	<b>Vmin</b>	5.6
<b>Rango</b>	<b>R</b>	6.7
<b>Numero de intervalos de clase</b>	<b>m o K</b>	7.488085131
	<b>m (mod)</b>	7
<b>Amplitud interváltica de clase</b>	<b>C o R/K</b>	0.957
	<b>C(mod)</b>	1.0
<b>Exceso</b>	<b>E</b>	0.3

<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frec. Relativa</b>	<b>Marca de intervalo de clase</b>
<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>fa</b>	<b>fr</b>	<b>Xi</b>
5.6	6.5	15	0.17	6.05
6.6	7.5	28	0.31	7.05
7.6	8.5	26	0.29	8.05
8.6	9.5	10	0.11	9.05
9.6	10.5	5	0.06	10.05
10.6	11.5	3	0.03	11.05
11.6	12.6	3	0.03	12.1

*Salinidad*

<b>Numero de muestra</b>	<b>n</b>	45
<b>Valor mayor</b>	<b>Vmax</b>	6
<b>Valor menor</b>	<b>Vmin</b>	3
<b>Rango</b>	<b>R</b>	3
<b>Numero de intervalos de clase</b>	<b>m o K</b>	6.49
	<b>m (mod)</b>	7
<b>Amplitud interváltica de clase</b>	<b>C o R/K</b>	0.429
	<b>C(mod)</b>	0.5
<b>Exceso</b>	<b>E</b>	0.5

<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frec. Relativa</b>	<b>Marca de intervalo de clase</b>
<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>fa</b>	<b>fr</b>	<b>Xi</b>
3.0	3.4	2	0.04	3.2
3.5	3.9	0	0.00	3.7
4.0	4.4	11	0.24	4.2
4.5	4.9	0	0.00	4.7
5.0	5.4	19	0.42	5.2
5.5	5.9	2	0.04	5.7
6.0	6.5	11	0.24	6.3

«Continuación»

*Sólidos Totales Disueltos TDS*

<b>Numero de muestra</b>	<b>n</b>	45
<b>Valor mayor</b>	<b>Vmax</b>	34
<b>Valor menor</b>	<b>Vmin</b>	9
<b>Rango</b>	<b>R</b>	25
<b>Numero de intervalos de clase</b>	<b>m o K</b>	6.49
	<b>m (mod)</b>	7
<b>Amplitud intervalica de clase</b>	<b>C o R/K</b>	4
	<b>C(mod)</b>	4
<b>Exceso</b>	<b>E</b>	3

<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frec. Relativa</b>	<b>Marca de intervalo de clase</b>
<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>fa</b>	<b>fr</b>	<b>Xi</b>
9	12	3	0.07	10.5
13	16	8	0.18	14.5
17	20	11	0.24	18.5
21	24	13	0.29	22.5
25	28	4	0.09	26.5
29	32	3	0.07	30.5
33	37	3	0.07	35.0

*Nitratos*

<b>Numero de muestra</b>	<b>n</b>	15
<b>Valor mayor</b>	<b>Vmax</b>	3.30
<b>Valor menor</b>	<b>Vmin</b>	0.00
<b>Rango</b>	<b>R</b>	3.30
<b>Numero de intervalos de clase</b>	<b>m o K</b>	4.91
	<b>m (mod)</b>	5
<b>Amplitud interválica de clase</b>	<b>C o R/K</b>	0.66
	<b>C(mod)</b>	0.66
<b>Exceso</b>	<b>E</b>	0

<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frec. Relativa</b>	<b>Marca de intervalo de clase</b>
<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>fa</b>	<b>fr</b>	<b>Xi</b>
0.00	0.65	7	0.47	0.33
0.66	1.31	5	0.33	0.99
1.32	1.97	2	0.13	1.65
1.98	2.63	0	0.00	2.31
2.64	3.30	1	0.07	2.97

«Continuación»

*Potasio*

<b>Numero de muestra</b>	<b>n</b>	15
<b>Valor mayor</b>	<b>Vmax</b>	1.05
<b>Valor menor</b>	<b>Vmin</b>	0.47
<b>Rango</b>	<b>R</b>	0.58
<b>Numero de intervalos de clase</b>	<b>m o K</b>	4.91
	<b>m (mod)</b>	5
<b>Amplitud intervállica de clase</b>	<b>C o R/K</b>	0.12
	<b>C(mod)</b>	0.12
<b>Exceso</b>	<b>E</b>	0.02

<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frec. Relativa</b>	<b>Marca de intervalo de clase</b>
<b>LI</b>	<b>LS</b>	<b>fa</b>	<b>fr</b>	<b>Xi</b>
0.47	0.58	3	0.20	0.53
0.59	0.70	4	0.27	0.65
0.71	0.82	2	0.13	0.77
0.83	0.94	4	0.27	0.89
0.95	1.07	2	0.13	1.01

**Nota:** producto del análisis en laboratorio del parámetro *fosfatos* dio como resultado «cero» (0), es decir, probablemente bajo límite de detección

**ANEXO 5.** Clasificación de los taxa de MIB determinados en la cuenca del río San Alberto

**Tabla 12:** Clasificación sistemática en la cuenca del río San Alberto

<b>Phyllum</b> (subphyllum)	<b>Clase</b> (subclase) >superorden	<b>Orden</b> (sub o infra orden) >subcohorta >>superfamilia	<b>Familia</b>
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	<b>Planariidae</b>
Nematomorpha	Nematomorpha	<b>Gordioidea</b>	
Mollusca	Gastropoda (Pulmonata)	Basommatophora	<b>Physidae</b>
Annelida (Clitellata)	Hirudinea	<b>Glossiphoniiformes</b>	
	Oligochaeta	<b>Haplotaxida</b>	
Arthropoda (Chelicerata)	Arachnida (Acari)	Acari (Trombidiformes)	<b>Hygrobatidae</b>
		>Hydrachnidia	<b>Limnesiidae</b>
		Hydracarina >> Hygrobatoidea  >> Lebertioidea	<b>Torrenticolidae</b>
Arthropoda (Crustacea)	Ostracoda (Podocopa)	<b>Podocopida</b>	
	Malacostraca	Amphipoda>>Talitroidea Isopoda	<b>Hyaellidae</b> (= Gammaridae) <b>Oniscoidea</b>
Arthropoda (Hexapoda)	Insecta	Coleoptera (Polyphaga)	<b>Chrysomelidae</b> <b>Dryopidae</b> <b>Elmidae</b> <b>Limnichidae</b> <b>Psephenidae</b> <b>Ptilodactylidae</b> <b>Scirtidae</b> (=Helodidae o Cyphonidae) <b>Staphylinidae</b> <b>Hydrophilidae</b>
		(Polyphaga) >>Hydrophiloidea	
		Diptera (Orthorrapha o Nematocera)	<b>Blephariceridae</b> <b>Ceratopogonidae</b> <b>Chironomidae</b> <b>Dioxidae</b> <b>Psychodidae</b> <b>Simulidae</b> <b>Tipulidae</b>
		Diptera (Brachycera)	<b>Dolichopodidae</b> <b>Empididae</b> <b>Ephydriidae</b> <b>Tabanidae</b> <b>Syrphidae</b>
		Diptera (Brachycera o Muscomorpha)	<b>Muscidae</b>
		Ephemeroptera	<b>Baetidae</b> <b>Leptohiphidae</b> (=Tricoryphidae) <b>Leptophlebiidae</b> <b>Oligoneuridae</b>

«Continuación»		Hemiptera o Heteroptera (Gerromorpha)  <b>Gerromorpha (*)</b> Hemiptera o Heteroptera (Nepomorpha) Lepidoptera >> <b>Pyraloidea</b> Megaloptera o Neuroptera  Odonata (Anisoptera) Plecoptera Trichoptera (Integripalpia)  Trichoptera (Anulipalpia)  Trichoptera (Spicipalpia)	<b>Veliidae</b>  <b>Gelastocoridae</b>  <b>Corydalidae</b>  <b>Aeshnidae</b> <b>Perlidae</b>  <b>Anomalopsychidae</b> <b>Calamoceratidae</b> <b>Helicopsychidae</b> <b>Leptoceridae</b> <b>Odontoceridae</b> <b>Sericostomatidae</b>  <b>Hydropsychidae</b> <b>Philopotamidae</b> <b>Polycentropodidae</b> <b>Xiphocentronidae</b>  <b>Glossosomatidae</b> <b>Rhyacophilidae</b> <b>Hydrobiosidae</b> <b>Hydroptilidae</b>
----------------	--	--	--

## ANEXO 6. Caracterización de la composición de sustratos en muestras y sus réplicas

**Tabla 13.** Registro porcentual (%) y organoléptica de los sustratos de las muestras y sus réplicas

Muestreo	Método	Zona	Orgánico (hojas y ramas)	Orgánico (detritos, fibras o limo)	Grava- piedra	Arena	Observación
<b>Preliminar</b>	Cualitativo/ red D-net	Alta	50	0	30	20	
		Media	0	0	10	90	
		Baja	10	0	0	90	
<b>Primer</b>	Cuantitativo / red Surber	Alta/ Izquierda	90	0	0	10	
		Alta/ centro	10	0	10	80	
		Alta/ derecha	30	0	30	40	
		Media/ Izquierda	10	0	20	70	
		Media/ centro	10	0	10	80	
		Media/ derecha	5	0	35	60	
		Baja/ Izquierda	5	0	30	65	
		Baja/ centro	30	0	20	50	
		Baja/ derecha	40	0	10	50	
	Cuantitativo /Rocas- ramas	Alta/ Izquierda	30	0	30	40	
		Alta/ centro	30	0	35	35	
		Alta/ derecha	20	0	20	60	
		Media/ Izquierda	40	0	30	30	
		Media/ centro	0	10	60	30	
		Media/ derecha	0	30	10	60	
Baja/ Izquierda		0	50	0	50		
Baja/ centro		0	10	0	90		
Baja/ derecha	0	10	0	90			
<b>Segundo</b>	Cuantitativo / red Surber	Alta/ Izquierda	10	0	45	45	
		Alta/ centro	10	0	30	60	
		Alta/ derecha	40	0	30	30	
		Media/ Izquierda	10	0	30	60	
		Media/ centro	20	0	20	60	
		Media/ derecha	20	0	30	50	
		Baja/ Izquierda	10	0	10	80	
		Baja/ centro	40	0	20	40	
		Baja/ derecha	40	0	10	50	
	Cuantitativo /Rocas- ramas	Alta/ Izquierda	55	0	5	40	
		Alta/ centro	30	0	10	60	
		Alta/ derecha	20	0	40	40	
		Media/ Izquierda	10	0	40	50	
		Media/ centro	20	0	30	50	
		Media/ derecha	10	20	10	60	
Baja/ Izquierda		0	60	10	30		
Baja/ centro		0	20	10	70		
Baja/ derecha	10	40	0	50			
<b>Tercero</b>	Cuantitativo / red Surber	Alta/ Izquierda	0	10	0	90	
		Alta/ centro	0	10	0	90	
		Alta/ derecha	0	10	0	90	
		Media/ Izquierda	0	5	0	95	
		Media/ centro	0	10	0	90	
		Media/ derecha	0	5	0	95	
		Baja/ Izquierda	0	5	0	95	
		Baja/ centro	0	40	0	60	
		Baja/ derecha	0	30	0	70	
	Cuantitativo /Rocas- ramas	Alta/ Izquierda	30	20	0	50	
		Alta/ centro	0	30	0	70	
		Alta/ derecha	0	20	20	60	
		Media/ Izquierda	20	60	0	20	
		Media/ centro	20	20	20	40	
		Media/ derecha	10	50	20	20	
Baja/ Izquierda		10	70	0	20		
Baja/ centro		20	70	0	10		
Baja/ derecha	10	70	0	20			

«Continuación»

<b>Cuarto</b>	Cuantitativo / red Surber	Alta/ Izquierda	50	30	10	10	
		Alta/ centro	60	10	10	20	
		Alta/ derecha	30	30	10	30	
		Media/ Izquierda	50	10	10	30	
		Media/ centro	0	0	20	80	
		Media/ derecha	10	0	20	70	
		Baja/ Izquierda	20	0	10	70	
		Baja/ centro	40	10	10	40	
		Baja/ derecha	50	10	10	30	
		Cuantitativo /Rocas- ramas	Alta/ Izquierda	25	25	25	25
	Alta/ centro	30	20	20	30		
	Alta/ derecha	20	30	20	30		
	Media/ Izquierda	10	0	10	80		
	Media/ centro	10	0	80	10		
	Media/ derecha	70	10	10	10		
	Baja/ Izquierda	40	40	10	10		
	Baja/ centro	0	20	40	40		
	Baja/ derecha	40	20	10	30		

## ANEXO 7. Registro de los individuos y taxa MIB en la cuenca del río San Alberto

**Tabla 14:** Registro de los individuos y taxa MIB en la cuenca del río San Alberto

Orden/Familias/taxa identificable (*)	Muestreo preliminar			Primer Muestreo					
	Método cualitativo / red D-net			Método Cuantitativo / muestreo con la red Surber			Método cuantitativo / muestreo de perímetro en rocas y/o ramas		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
[F] Limnesiidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[F] Torrenticolidae	0	0	0	0	6	13	0	0	0
[F] Planariidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
[F] Elmidae	5	5	1	1	11	4	2	1	0
[F] Ptilodactylidae	11	9	0	4	10	2	0	0	0
[F] Limmichidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
[F] Psephenidae	1	0	0	4	0	2	2	1	0
[F] Scirtidae (Helodidae)	0	0	0	18	0	0	9	0	0
[F] Hydrophilidae	0	0	0	1	1	0	0	0	0
[F] Tipulidae	9	2	1	8	13	4	5	0	0
[F] Chironomidae	30	67	6	6	17	14	8	1	1
[F] Ceratopogonidae	6	0	0	0	0	0	0	0	0
[F] Dixidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0
[F] Muscidae	6	0	0	0	0	0	0	0	0
[F] Simuliidae	5	2	3	9	1	30	2	6	7
[F] Dolichopodidae	2	0	0	0	0	0	1	0	0
[F] Tabanidae	1	1	0	1	0	0	0	0	0
[F] Empididae	0	1	0	0	0	1	0	0	0



«Continuación»

[F] Blephariceridae	0	0	0	0	2	3	0	2	7
[F] Psychodidae	0	0	0	0	0	8	0	0	0
[F] Leptophlebiidae	15	15	9	12	9	0	24	26	23
[F] Baetidae	5	27	0	10	82	77	19	18	26
[F] Leptohiphidae (Tricoryphidae)	1	16	2	0	8	10	0	13	0
[F] Oligoneuriidae	0	0	0	7	0	0	0	0	0
[F] Gelastocoridae	0	0	0	0	1	0	0	1	0
[IO] Gerromorpha(*)	10	0	0	10	0	0	0	0	0
[F] Corydalidae	0	0	0	0	2	0	0	0	0
[F] Aeshnidae	3	0	0	3	0	0	6	0	0
[F] Perlidae	7	3	1	8	6	1	6	1	1
[F] Hydropsychidae	28	2	0	19	5	10	40	8	0
[F] Hydroptilidae	10	1	0	0	5	2	1	0	0
[F] Leptoceridae	20	43	1	23	270	3	62	330	0
[F] Sericostomatidae	16	11	0	11	101	1	28	133	0
[F] Hydrobiosidae	3	0	0	10	20	0	20	10	2
[F] Helicopsychidae	2	2	1	1	8	2	4	7	1
[F] Calamoceratidae	11	7	0	18	5	1	11	3	0
[F] Odontoceridae	4	0	0	0	0	0	1	0	0
[F] Glossosomatidae	0	1	0	4	16	1	64	5	1
[F] Anomalopsychidae	0	0	0	1	0	0	1	0	0
[F] Philopotamidae	0	0	0	4	0	0	0	1	0

«Continuación»

[F] Xiphocentronidae	0	0	0	0	3	0	0	0	0
[F] Rhyacophilidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0
[O] Glossiphoniiformes	0	1	0	1	0	3	0	0	0
[O] Haplotaxida	0	0	0	0	0	4	0	0	0
[O] Gordioidea (*)	2	1	0	0	0	0	0	0	0
[F] Hyalellidae o (Gammaridae)	0	0	0	0	1	3	0	0	0
[F] Oniscoidea (*)	2	0	0	0	0	0	1	0	0

Segundo Muestreo

Orden/Familias/taxa identificable (*)	Método Cuantitativo / muestreo con la red Surber			Método cuantitativo / muestreo de perímetro en rocas y/o ramas		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
[F] Limnesiidae	0	0	0	0	0	1
[F] Torrenticolidae	1	0	0	0	1	0
[F] Planariidae	0	1	2	5	2	2
[F] Elmidae	3	6	2	6	2	1
[F] Ptilodactylidae	2	20	2	2	1	0
[F] Limnichidae	0	17	0	0	0	0
[F] Psephenidae	3	0	0	8	0	1
[F] Hydrophilidae	2	0	0	4	0	1
[F] Dryopidae	0	0	0	1	0	0
[F] Tipulidae	0	0	3	5	1	6
[F] Chironomidae	0	9	96	14	94	248
[F] Ceratopogonidae	0	35	1	2	4	3

«Continuación»

[F] Dixidae	0	1	0	1	0	0
[F] Muscidae	1	0	0	0	4	2
[F] Simuliidae	1	1	316	3	23	794
[F] Dolichopodidae	0	9	0	0	0	0
[F] Empididae	0	0	4	0	1	4
[F] Blephariceridae	0	3	1	0	11	0
[F] Psychodidae	0	2	3	1	5	10
[F] Syrphidae	0	1	0	0	0	0
[F] Leptophlebiidae	0	0	0	2	8	0
[F] Baetidae	22	1	18	18	133	35
[F] Leptohyphidae (Tricoryphidae)	4	136	3	7	1	0
[F] Oligoneuriidae	0	12	0	1	0	0
[F] Veliidae	0	0	0	0	1	0
[IO] Gerromorpha(*)	10	0	0	10	0	0
[F] Corydalidae	0	0	1	0	0	0
[F] Aeshnidae	0	0	0	5	0	0
[F] Perlidae	13	0	2	5	7	2
[F] Hydropsychidae	14	24	1	34	23	0
[F] Hydroptilidae	14	54	8	1	18	12
[F] Leptoceridae	48	11	6	68	169	0
[F] Sericostomatidae	25	56	2	6	49	2
[F] Hydrobiosidae	0	31	3	2	8	0
[F] Helicopsychidae	0	21	0	5	3	0

«Continuación»

[F] Calamoceratidae	1	2	0	3	2	0
[F] Odontoceridae	0	4	0	19	2	0
[F] Glossosomatidae	23	0	52	58	360	236
[F] Anomalopsychidae	0	36	0	6	1	0
[F] Philopotamidae	0	0	0	2	1	1
[F] Xiphocentronidae	0	1	0	3	1	0
[O] Glossiphoniiformes	2	0	0	0	0	0
[O] Haplotaxida	0	0	1	4	0	1
[F] Physidae	0	1	0	0	0	1
[O] Gordioidea (*)	0	0	1	0	0	0
[O] Podocopida (*)	2	0	0	0	0	0

Tercer Muestreo

Orden/Familias/taxa identificable (*)	Método Cuantitativo / muestreo con la red Surber			Método cuantitativo / muestreo de perímetro en rocas y/o ramas		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
[F] Hygrobatidae	0	1	0	0	0	1
[F] Elmidae	0	0	1	0	0	0
[F] Ptilodactylidae	0	0	1	0	0	0
[F] Staphylinidae	2	0	0	0	0	0
[F] Tipulidae	0	0	2	0	0	0
[F] Chironomidae	56	2	133	59	4	83
[F] Ceratopogonidae	0	0	1	0	0	0
[F] Muscidae	1	1	1	0	0	0

«Continuación»

[F] Simuliidae	1	1	5	5	3	31
[F] Empididae	2	0	0	0	0	0
[F] Ephyridae	0	0	1	0	0	0
[F] Leptophlebiidae	0	0	0	0	2	0
[F] Baetidae	2	0	4	0	1	28
[F] Leptohiphidae (Tricoryphidae)	0	1	1	0	0	9
[F] Corydalidae	0	0	0	0	1	0
[F] Perlidae	0	0	0	0	1	0
[F] Hydropsychidae	0	0	2	0	0	0
[F] Leptoceridae	1	0	0	0	1	0
[F] Hydrobiosidae	1	0	0	0	0	0
[F] Helicopsychidae	0	0	0	0	0	1
[F] Calamoceratidae	0	0	0	0	1	0
[F] Glossosomatidae	0	0	1	0	0	0
[O] Haplotaxida	0	0	2	0	0	0

Cuarto Muestreo

Orden/Familias/taxa identificable (*)	Método Cuantitativo / muestreo con la red Surber			Método cuantitativo / muestreo de perímetro en rocas y/o ramas		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
[F] Planariidae	0	0	0	0	1	0
[F] Elmidae	3	1	2	2	0	1
[F] Ptilodactylidae	0	0	1	1	0	0
[F] Psephenidae	0	0	0	1	0	0
[F] Scirtidae (Helodidae)	2	0	0	3	0	0

«Continuación»							
[F] Chrysomelidae	0	0	0	1	0	0	
[F] Tipulidae	7	0	0	11	1	0	
[F] Chironomidae	98	2	13	441	62	172	
[F] Ceratopogonidae	3	0	0	1	0	0	
[F] Simuliidae	120	6	0	935	30	2	
[F] Dolichopodidae	0	0	1	5	0	0	
[F] Tabanidae	0	0	0	1	0	0	
[F] Empididae	0	0	0	2	0	0	
[F] Psychodidae	0	0	34	0	0	1	
[F] Syrphidae	1	1	0	0	0	0	
[F] Ephydriidae	1	1	0	0	0	0	
[F] Leptophlebiidae	0	0	0	0	2	0	
[F] Baetidae	54	6	9	185	61	161	
[F] Leptohiphidae (Tricoryphidae)	0	0	0	5	1	0	
[SsF] Pyraloidea (*)	0	0	1	1	0	0	
[F] Aeshnidae	0	0	0	1	0	0	
[F] Perlidae	0	0	0	0	1	0	
[F] Hydropsychidae	7	1	0	33	2	3	
[F] Hydroptilidae	0	1	0	2	0	0	
[F] Leptoceridae	10	4	1	52	5	0	
[F] Hydrobiosidae	2	1	0	2	0	1	
[F] Helicopsychidae	0	0	0	8	0	0	
[F] Glossosomatidae	0	0	1	12	0	0	
[F] Polycentropodidae	0	0	0	0	0	1	
[O] Haplotaxida	0	0	1	0	0	0	

## ANEXO 8. Determinación y recuento de los individuos MIB por zona y evento de sucesión ecológica

**Tabla 15:** Determinación y recuento de los individuos MIB por zona

CLASIFICACION TAXONOMICA		ZONA		
Phyllum/Clase/orden	Orden/Familias/taxa identificable	Alta	Media	Baja
[C] Arachnida [SC] Hydrachnidia [ ] Trombidiformes	[SsF] Hygrobatoidea [F] Limnesiidae	0	0	2
	[SsF] Hygrobatoidea [F] Hygrobatidae	0	1	1
	[SsF] Lebertioidea [F] Torrenticolidae	1	8	13
[C] Turbellaria [O] Tricladida	[F] Planariidae	5	9	5
[O] Coleoptera	[F] Elmidae	22	40	12
	[F] Ptilodactylidae	20	37	6
	[F] Limnichidae	1	0	0
	[F] Psephenidae	19	1	3
	[F] Scirtidae (Helodidae)	32	0	0
	[SsF] Hydrophiloidea [F] Hydrophilidae	7	1	1
	[F] Dryopidae	1	0	0
	[F] Staphylinidae	2	0	0
	[F] Chrysomelidae	1	0	0
[O] Diptera	[F] Tipulidae	45	26	16
	[F] Chironomidae	712	284	766
	[F] Ceratopogonidae	12	5	5
	[F] Dixidae	2	1	0
	[F] Muscidae	8	6	3
	[F] Simuliidae	1081	81	1188
	[F] Dolichopodidae	8	0	1
	[F] Tabanidae	3	1	0
	[F] Empididae	4	5	9
	[F] Blephariceridae	0	17	11
	[F] Psychodidae	1	6	56
	[F] Syrphidae	1	1	0
	[F] Ephyridae	1	1	1
[O] Ephemeroptera	[F] Leptophlebiidae	53	63	32
	[F] Baetidae	315	464	358
	[F] Leptohephidae (Tricoryphidae)	17	52	25
	[F] Oligoneuriidae	8	0	0
[O] Hemiptera (Heteroptera)	[F] Gelastocoridae	0	2	0
	[F] Veliidae	0	1	0
	[IO] Gerromorpha(*)	40	0	0
[O] Lepidoptera	[SsF] Pyraloidea (*)	1	0	1
[O] Megaloptera ("Neuroptera")	[F] Corydalidae	0	3	1
[O] Odonata	[F] Aeshnidae	18	0	0
[O] Plecoptera	[F] Perlidae	39	43	7
[O] Trichoptera	[F] Hydropsychidae	175	95	16
	[F] Hydroptilidae	28	36	22
	[F] Leptoceridae	284	878	11
	[F] Sericostomatidae	86	325	5
	[F] Hydrobiosidae	40	60	6
	[F] Helicopsychidae	20	22	5

«Continuación»	[F] Calamoceratidae	44	22	1
	[F] Odontoceridae	24	2	0
	[F] Glossosomatidae	161	418	292
	[F] Anomalopsychidae	8	1	0
	[F] Philopotamidae	6	3	1
	[F] Xiphocentronidae	3	4	0
	[F] Polycentropodidae	0	0	1
	[F] Rhyacophilidae	0	0	1
[P] Annelida [SP] Clitellata	[C] Hirudinea [O] Glossiphoniiformes	3	1	3
	[C] Oligochaeta [O] Haplotaxida	4	1	9
[P] Mollusca [C] Gasteropoda	[F] Physidae	0	0	1
[P] Nematomorpha	[O] Gordioidea (*)	2	1	1
[SP] Crustacea [C] Malacostraca	[O] Amphipoda [F] Hyalellidae o (Gammaridae)	0	1	3
	[O] Isopoda [F] Oniscoidea (*)	3	0	0
[SP] Crustacea [C] Ostracoda	[SC] Podocopa [O] Podocopida (*)	2	0	0
Número de individuos		<b>3373</b>	<b>3029</b>	<b>2901</b>
Zonas contrastadas		<b>A/M</b>	<b>M/B</b>	<b>B/A</b>
Ausencia de individuos		10	16	18
Número de taxa		48	42	40
(c) Taxa en común		36	34	32

**Tabla 16:** Determinación y recuento de los individuos MIB por evento de sucesión ecológica

CLASIFICACION TAXONOMICA		SUCESION	
Phylum/Clase/orden	Orden/Familias/taxa identificable	Pre	Post
[C] Arachnida [SC] Hydrachnidia [SsO] Trombidiformes	[SsF] Hygrobatoidea [F] Limnesiidae	1	0
	[SsF] Hygrobatoidea [F] Hygrobatidae	0	2
	[SsF] Lebertioidea [F] Torrenticolidae	3	0
[C] Turbellaria [O] Tricladida	[F] Planariidae	17	0
[O] Coleoptera	[F] Elmidae	34	1
	[F] Ptilodactylidae	24	1
	[F] Limnichidae	0	0
	[F] Psephenidae	12	0
	[F] Scirtidae (Helodidae)	0	0
	[SsF] Hydrophiloidea [F] Hydrophilidae	7	0
	[F] Dryopidae	1	0
	[F] Staphylinidae	0	2
	[F] Chrysomelidae	0	0
[O] Diptera	[F] Tipulidae	24	2
	[F] Chironomidae	487	337
	[F] Ceratopogonidae	11	1
	[F] Dixidae	1	0
	[F] Muscidae	8	3
	[F] Simuliidae	1146	46
	[F] Dolichopodidae	0	0
	[F] Tabanidae	0	0
	[F] Empididae	12	2
[F] Blephariceridae	14	0	



«Continuación»	[F] Psychodidae	20	0
	[F] Syrphidae	0	0
	[F] Ephydriidae	0	1
<b>[O] Ephemeroptera</b>	[F] Leptophlebiidae	11	2
	[F] Baetidae	362	35
	[F] Leptohepidae (Tricoryphidae)	27	11
	[F] Oligoneuriidae	1	0
<b>[O] Hemiptera (Heteroptera)</b>	[F] Gelastocoridae	0	0
	[F] Veliidae	1	0
	[IO] Gerromorpha(*)	20	0
<b>[O] Lepidoptera</b>	[SsF] Pyraloidea (*)	0	0
<b>[O] Megaloptera ("Neuroptera")</b>	[F] Corydalidae	1	1
<b>[O] Odonata</b>	[F] Aeshnidae	5	0
<b>[O] Plecoptera</b>	[F] Perlidae	53	1
<b>[O] Trichoptera</b>	[F] Hydropsychidae	126	2
	[F] Hydroptilidae	64	0
	[F] Leptoceridae	347	2
	[F] Sericostomatidae	115	0
	[F] Hydrobiosidae	34	1
	[F] Helicopsychidae	10	1
	[F] Calamoceratidae	10	1
	[F] Odontoceridae	21	0
	[F] Glossosomatidae	765	1
	[F] Anomalopsychidae	7	0
	[F] Philopotamidae	5	0
	[F] Xiphocentronidae	4	0
	[F] Polycentropodidae	0	0
	[F] Rhyacophilidae	0	0
<b>[P] Annelida [SP] Clitellata</b>	[C] Hirudinea [O] Glossiphoniiformes	2	0
<b>[P] Mollusca [C] Gasteropoda</b>	[C] Oligochaeta [O] Haplotaxida	7	2
	[F] Physidae	1	0
<b>[P] Nematomorpha</b>	[O] Gordioidea (*)	1	0
<b>[SP] Crustacea [C] Malacostraca</b>	[O] Amphipoda [F] Hyalellidae o (Gammaridae)	0	0
	[O] Isopoda [F] Oniscoidea (*)	0	0
<b>[SP] Crustacea [C] Ostracoda</b>	[SC] Podocopa [O] Podocopida (*)	2	0
Número de individuos		<b>3824</b>	<b>458</b>
Eventos contrastados		<b>Pre/Post</b>	
Ausencia de individuo		15	35
Número de taxa		43	23
(c) Taxa en común		20	

## ANEXO 9. Determinación de la estructura gremial a nivel de morfogrupos

**Tabla 17:** Registro de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) y Gremios tróficos o alimenticios (G.A) por taxa

Orden/Familias/taxa identificable (*)	Gremio espacial o de hábitat	Gremio trófico o alimenticio	N° G.H	N° G.A	N° G.H /N° G.H (total)	N° G.A /N° G.A (total)
(Merritt <i>et al.</i> 2017, Silveira-Manzotti <i>et al.</i> 2016, Uieda <i>et al.</i> 2016, Hepp <i>et al.</i> 2016, Salcedo y Trama 2014, López van Oosterom <i>et al.</i> 2013, Domínguez y Fernández 2009, Tomanova y Usseglio-Polatera 2007, Lamouroux <i>et al.</i> 2004, Tomanova <i>et al.</i> 2006, Fernández y Domínguez 2001, Roldán 1996, Tachet <i>et al.</i> 1994, McCafferty 1983)						
	Saltadores (Jumpers), Patinadores (Skaters), Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers), Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers), Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic), Extensores o Depositados (Sprawlers), Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers), Raspadores o Cavadores epibentónicos EpB (Scrapers), Perforadores (Piercers) y Excavadores o Cavadores endobentónicos EnB (Burrowers)	Omnívoros (Omnivores), Carroñeros o raspador (Scavengers), Plantónicos (planctonic), Herbívoros (Herbivores), Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors), Depredadores (Predators), Trituradores (Shredders); Filtradores (Filterers); Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites); Perforadores (Piercers)			Proporción	Proporción
[C] <b>Hirudinea</b> [O] <b>Glossiphoniiformes</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites); Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	2	3	0.20	0.30
[C] <b>Oligochaeta</b> [O] <b>Haplotaxida</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (divers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers); Depredadores (Predators); Herbívoros (Herbivores)	2	4	0.20	0.40
[SsF] <b>Hygrobatoidae</b> [F] <b>Hygrobatidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (divers)	Depredadores (Predators); Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	2	2	0.20	0.20
[SsF] <b>Hygrobatoidae</b> [F] <b>Limnesiidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (divers)	Depredadores (Predators); Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	2	2	0.20	0.20
[SsF] <b>Lebertioidea</b> [F] <b>Torrenticolidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (divers)	Depredadores (Predators); Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	2	2	0.20	0.20
[F] <b>Chrysomelidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Trituradores (Shredders); Herbívoros (Herbivores); Filtradores (Filterers)	2	2	0.20	0.20
[F] <b>Dryopidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Trituradores (Shredders); Herbívoros (Herbivores); Filtradores (Filterers)	1	3	0.10	0.30
[F] <b>Elmidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Trituradores (Shredders); Herbívoros (Herbivores); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	2	4	0.20	0.40
[SsF] <b>Hydrophiloidea</b> [F] <b>Hydrophilidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Depredadores (Predators) - larva; Herbívoros (Herbivores) - adulto; Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	2	4	0.20	0.40
[F] <b>Limnichidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Trituradores (Shredders); Herbívoros (Herbivores); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	1	4	0.10	0.40
[F] <b>Psephenidae</b>	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Trituradores (Shredders); Herbívoros (Herbivores); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	3	4	0.30	0.40

«Continuación»

[F] Ptilodactylidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	3	4	0.30	0.40
[F] Scirtidae (Helodidae)	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores); Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	2	5	0.20	0.50
[F] Staphylinidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators); Carroñeros o raspador (Scavengers); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	2	4	0.20	0.40
[SC] Podocopa [O] Podocopida (*)	Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers), Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Plantónicos (Plantonic); Filtradores (Filterers)	2	2	0.20	0.20
[F] Hyalellidae o (Gammaridae)	Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers), Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Omnívoros (Omnivores); Depredadores (Predators); Plantónicos (Plantonic); Filtradores (Filterers)	2	4	0.20	0.40
[O] Isopoda [F] Oniscoidea (*)	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	1	2	0.10	0.20
[F] Blephariceridae	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores)	3	2	0.30	0.20
[F] Ceratopogonidae	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Extensores o Depositados (Sprawlers); Raspadores o Cavadores epibenticos EpB (Scrapers)	Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	4	2	0.40	0.20
[F] Chironomidae	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1; (Clingers); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers)	Omnívoros (Omnivores); Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Depredadores (Predators); Trituradores (Shredders); Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	4	7	0.40	0.70
[F] Dixidae	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1; (Clingers); Raspadores o Cavadores epibenticos EpB (Scrapers)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	4	2	0.40	0.20
[F] Dolichopodidae	Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	3	2	0.30	0.20
[F] Empididae	Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	3	2	0.30	0.20
[F] Ephydriidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Herbívoros (Herbivores)	3	3	0.30	0.30
[F] Muscidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	3	2	0.30	0.20
[F] Psychodidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	3	2	0.30	0.20

«Continuación»

[F] <b>Simuliidae</b>	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Filtradores (Filterers); Herbívoros (Herbivores)	3	2	0.30	0.20
[F] <b>Syrphidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Raspadores o Cavadores epibenticos EpB (Scrapers); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Colectors); Depredadores (Predators)	4	4	0.40	0.40
[F] <b>Tabanidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators)	3	1	0.30	0.10
[F] <b>Tipulidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators); Trituradores (Shredders); Carroñeros o raspador (Scavengers); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Colectors)	3	4	0.30	0.40
[F] <b>Baetidae</b>	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Colectors); Filtradores (Filterers); Depredadores (Predators); Herbívoros (Herbivores)	4	4	0.40	0.40
[F] <b>Leptohiphidae (Tricoryphidae)</b>	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Colectors); Filtradores (Filterers); Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores)	3	4	0.30	0.40
[F] <b>Leptophlebiidae</b>	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Colectors); Filtradores (Filterers); Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores)	3	4	0.30	0.40
[F] <b>Oligoneuriidae</b>	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Colectors); Filtradores (Filterers); Herbívoros (Herbivores)	3	3	0.30	0.30
[F] <b>Gelastocoridae</b>	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Raspadores o Cavadores epibenticos EpB (Scrapers); Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers)	Depredadores (Predators)	4	1	0.40	0.10
[IO] <b>Gerromorpha(*)</b>	Patinadores (Skaters); Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Depredadores (Predators)	2	1	0.20	0.10
[F] <b>Veliidae</b>	Patinadores (Skaters); Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Depredadores (Predators)	2	1	0.20	0.10
[SsF] <b>Pyraloidea (*)</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Raspadores o Cavadores epibenticos EpB (Scrapers); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores); Perforadores (Piercers), Trituradores (Shredders)	3	4	0.30	0.40
[F] <b>Corydalidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators)	2	1	0.20	0.10
[F] <b>Physidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Herbívoros (Herbivores); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Colectors)	1	2	0.10	0.20
[O] <b>Gordioidea (*)</b>	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	2	1	0.20	0.10
[F] <b>Aeshnidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Depredadores (Predators)	3	1	0.30	0.10

«Continuación»

[F] <b>Perlidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Depredadores (Predators)	2	1	0.20	0.10
[F] <b>Anomalopsychidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Carroñeros o raspador (Scavengers); Herbívoros (Herbivores)	3	3	0.30	0.30
[F] <b>Calamoceratidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Carroñeros o raspador (Scavengers); Trituradores (Shredders); Herbívoros (Herbivores)	3	4	0.30	0.40
[F] <b>Glossosomatidae</b>	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Extensores o Depositados (Sprawlers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic);	Herbívoros (Herbivores); Carroñeros o raspador (Scavengers)	3	2	0.30	0.20
[F] <b>Helicopsychidae</b>	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Herbívoros (Herbivores); Carroñeros o raspador (Scavengers)	3	2	0.30	0.20
[F] <b>Hydrobiosidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators)	2	1	0.20	0.10
[F] <b>Hydropsychidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Omnívoros (Omnivores); Depredadores (Predators); Filtradores (Filterers); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	2	4	0.20	0.40
[F] <b>Hydroptilidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Herbívoros (Herbivores); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	3	2	0.30	0.20
[F] <b>Leptoceridae</b>	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Extensores o Depositados (Sprawlers); Perforadores (Piercers)	Omnívoros (Omnivores); Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Herbívoros (Herbivores); Trituradores (Shredders)	4	5	0.40	0.50
[F] <b>Odontoceridae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Omnívoros (Omnivores); Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Herbívoros (Herbivores)	3	4	0.30	0.40
[F] <b>Philopotamidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	2	2	0.20	0.20
[F] <b>Polycentropodidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers); Herbívoros (Herbivores); Depredadores (Predators)	2	4	0.20	0.40
[F] <b>Rhyacophilidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Depredadores (Predators)	2	1	0.20	0.10
[F] <b>Sericostomatidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers); Extensores o Depositados (Sprawlers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers); Herbívoros (Herbivores)	3	3	0.30	0.30
[F] <b>Xiphocentronidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers); Herbívoros (Herbivores); Depredadores (Predators)	2	4	0.20	0.40
[F] <b>Planariidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic); Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers); Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Omnívoros (Omnivores); Depredadores (Predators); Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors); Filtradores (Filterers)	3	4	0.30	0.40

**Tabla 18:** Unificación de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) y Gremios tróficos o alimenticios (G.A) por taxa

Orden/Familias/taxa identificable (*)	CONCLUSION			
	Gremio espacial o de hábitat	Gremio trófico o alimenticio	Amplitud 1/N° G.H	Amplitud 1/N° G.A
[O] Glossiphoniiformes	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	0.50	0.33
[O] Haplotaixida		Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	0.50	0.25
[F] Hygrobatidae		Depredadores (Predators)	0.50	0.50
[F] Limnesiidae			0.50	0.50
[F] Torrenticolidae			0.50	0.50
[F] Chrysomelidae		Trituradores (Shredders)	0.50	0.50
[F] Dryopidae			1.00	0.33
[F] Elmidae			0.50	0.25
[F] Hydrophilidae		Omnívoros (Omnivores)	0.50	0.25
[F] Limmichidae		Trituradores (Shredders)	1.00	0.25
[F] Psephenidae	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)		0.33	0.25
[F] Ptilodactylidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Carroñeros o raspador (Scavengers)	0.33	0.25
[F] Scirtidae (Helodidae)			0.50	0.20
[F] Staphylinidae		Depredadores (Predators)	0.50	0.25
[SC] Podocopa	Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Plantónicos (Plantonic)	0.50	0.50
[O] Podocopida (*)				
[F] Hyalellidae o (Gammaridae)		Omnívoros (Omnivores)	0.50	0.25
[F] Oniscoidea (*)	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Carroñeros o raspador (Scavengers)	1.00	0.50
[F] Blephariceridae	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)		0.33	0.50
[F] Ceratopogonidae		Depredadores (Predators)	0.25	0.50
[F] Chironomidae	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Omnívoros (Omnivores)	0.25	0.14
[F] Dixidae		Carroñeros o raspador (Scavengers)	0.25	0.50
[F] Dolichopodidae	Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers)	Depredadores (Predators)	0.33	0.50
[F] Empididae			0.33	0.50
[F] Ephydriidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Carroñeros o raspador (Scavengers)	0.33	0.33
[F] Muscidae		Depredadores (Predators)	0.33	0.50
[F] Psychodidae		Carroñeros o raspador (Scavengers)	0.33	0.50
[F] Simuliidae	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Filtradores (Filterers)	0.33	0.50
[F] Syrphidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Carroñeros o raspador (Scavengers)	0.25	0.25
[F] Tabanidae		Depredadores (Predators)	0.33	1.00
[F] Tipulidae			0.33	0.25
[F] Baetidae	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	0.25	0.25
[F] Leptohiphidae (Tricoryphidae)			0.33	0.25
[F] Leptophlebiidae			0.33	0.25
[F] Oligoneuriidae			0.33	0.33
[F] Gelastocoridae		Depredadores (Predators)	0.25	1.00
[IO] Gerromorpha(*)	Patinadores (Skaters)		0.50	1.00
[F] Veliidae			0.50	1.00
[SsF] Pyraloidea (*)	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Carroñeros o raspador (Scavengers)	0.33	0.25
[F] Corydalidae		Depredadores (Predators)	0.50	1.00
[F] Physidae		Herbívoros (Herbivores)	1.00	0.50
[O] Gordioidea (*)	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	0.50	1.00
[F] Aeshnidae	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Depredadores (Predators)	0.33	1.00

«Continuación»

[F] <b>Perlidae</b>			0.50	1.00
[F] <b>Anomalopsychidae</b>			0.33	0.33
[F] <b>Calamoceratidae</b>			0.33	0.25
[F] <b>Glossosomatidae</b>	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)			
[F] <b>Helicopsychidae</b>		Herbívoros (Herbivores)	0.33	0.50
[F] <b>Hydrobiosidae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)		0.33	0.50
[F] <b>Hydropsychidae</b>		Depredadores (Predators)	0.50	1.00
[F] <b>Hydroptilidae</b>		Omnívoros (Omnivores)	0.50	0.25
[F] <b>Leptoceridae</b>	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Herbívoros (Herbivores)	0.33	0.50
[F] <b>Odontoceridae</b>	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Omnívoros (Omnivores)	0.25	0.20
[F] <b>Philopotamidae</b>			0.33	0.25
[F] <b>Polycentropodidae</b>		Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	0.50	0.50
[F] <b>Rhyacophilidae</b>			0.50	0.25
[F] <b>Sericostomatidae</b>		Depredadores (Predators)	0.50	1.00
[F] <b>Xiphocentronidae</b>		Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	0.33	0.33
[F] <b>Planariidae</b>			0.50	0.25
		Omnívoros (Omnivores)	0.33	0.25

**Tabla 19:** Frecuencia de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) en función de los morfogrupos (o taxa)

Gremio espacial o de hábitat	Incidencia (frecuencia)	Frecuencia relativa
<b>Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)</b>	37	0.64
<b>Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)</b>	8	0.14
<b>Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)</b>	2	0.03
<b>Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)</b>	7	0.12
<b>Excavadores o Cavadores endobentónicos EnB (Burrowers)</b>	2	0.03
<b>Patinadores (Skaters)</b>	2	0.03
	<b>58</b>	<b>1</b>

**Tabla 20:** Frecuencia de Gremios tróficos o alimenticios (G.A) en función de los morfogrupos (o taxa)

Gremio trófico o alimenticio	Incidencia (frecuencia)	Frecuencia relativa
<b>Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)</b>	2	0.03
<b>Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)</b>	11	0.19
<b>Depredadores (Predators)</b>	18	0.31
<b>Trituradores (Shredders)</b>	5	0.09
<b>Omnívoros (Omnivores)</b>	7	0.12
<b>Carroñeros o raspador (Scavengers)</b>	9	0.16
<b>Plantónicos (Plantonic)</b>	1	0.02
<b>Filtradores (Filterers)</b>	1	0.02
<b>Herbívoros (Herbivores)</b>	4	0.07
	<b>58</b>	<b>1</b>



## ANEXO 10. Sistematización de la estructura gremial a nivel de individuos de los morfogrupos

**Tabla 21:** Sistematización de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) por zona

ZONA	GREMIOS ESPACIALES O DE HÁBITAT (G.H)					
	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers)	Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Patinadores (Skaters)
<b>Alta</b>	1579	633	1107	12	2	40
<b>Media</b>	1423	733	866	5	1	1
<b>Baja</b>	1516	191	1181	10	3	0

**Tabla 22:** Sistematización de Gremios tróficos o alimenticios (G.A) por zona

ZONA	GREMIOS TRÓFICOS O ALIMENTICIOS (G.A)								
	Carroñeros o raspador (Scavengers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	Depredadores (Predators)	Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	Filtradores (Filterers)	Herbívoros (Herbivores)	Omnívoros (Omnivores)	Plantónicos (Plantonic)	Trituradores (Shredders)
<b>Alta</b>	61	544	220	5	1081	209	1207	2	44
<b>Media</b>	63	935	161	2	81	476	1270	0	41
<b>Baja</b>	75	432	65	4	1188	320	802	0	15

**Tabla 23:** Sistematización de Gremios espaciales o de hábitat (G.H) por evento de sucesión ecológica

SUCESION	GREMIOS ESPACIALES O DE HÁBITAT (G.H)					
	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers)	Nadadores o Nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	Patinadores (Skaters)
<b>Pre</b>	2306	596	889	12	2	21
<b>Post</b>	51	20	385	2	0	0

**Tabla 24:** Sistematización de Gremios tróficos o alimenticios (G.A) por evento de sucesión ecológica

SUCESION	GREMIOS TRÓFICOS O ALIMENTICIOS (G.A)								
	Carroñeros o raspador (Scavengers)	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	Depredadores (Predators)	Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	Filtradores (Filterers)	Herbívoros (Herbivores)	Omnívoros (Omnivores)	Plantónicos (Plantonic)	Trituradores (Shredders)
<b>Pre</b>	59	549	173	3	1146	840	1005	2	47
<b>Post</b>	2	51	15	0	46	2	341	0	1

## ANEXO 11. Condiciones de la cuenca (CERA, IHF y QBR)

**Tabla 25:** Condiciones de referencia – Rios andinos – Proyecto CERA (Acosta *et al.* 2009) de la cuenca del río San Alberto. Oxapampa – Pasco. 2012 – 2013

Apartado	Cuenca	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja
1.1	Cobertura de especies introducidas (Eucalyptus y Pinos especialmente)	5	5	3
1.2	Porcentaje de cobertura en pastos artificiales	5	5	5
1.3	Porcentaje de cobertura en usos urbanos	5	3	3
1.4	Ausencia de vegetación autóctona	5	3	3
1.5	Explotaciones mineras	5	5	5
1.6	Explotaciones ganaderas intensivas	5	3	3
Total		30	24	22

### Hidrología

2.1	Presencia de grandes presas arriba del lugar	5	5	5
2.2	Derivaciones de agua para hidroeléctricas azudes <10 m	5	5	3
2.3	Trasvases a otras cuencas o desde otras cuencas	5	3	3
2.4	Derivaciones para usos en agricultura y ganadería	5	5	3
2.5	Derivaciones para usos en minería	5	5	5
2.6	Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)	5	5	3
Total		30	28	22

### Tramo (Incluye ribera y zona de inundación)

3.1	Canalización del río por infraestructuras rígidas (escollera, etc.)	5	5	5
3.2	Canalización del río por terraplenes	5	5	5
3.3	Presencia de cultivos y/o vacas y pasto en la llanura de inundación	5	3	3
3.4	Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones, etc.)	5	3	3
3.5	Falta de cubierta de la zona de ribera (árboles o arbustos)	5	3	3
3.6	% Cubierta vegetal por especies introducidas (árboles o arbustos)	5	3	3
Total		30	22	22

### Lecho

4.1	Sustrato del lecho totalmente artificial (cemento, escollera, etc.)	5	5	5
4.2	Infraestructuras transversales (azudes, vados, etc.)	5	3	3
4.3	Presencia de efluentes directos al río	5	5	5
4.4	Contaminación orgánica evidente	5	5	3
4.5	Contaminación minera evidente	5	5	5
4.6	Presencia de basuras y escombros (sea en la ribera o en el mismo lecho)	5	5	3
Total		30	28	24

### PUNTUACIÓN FINAL

#### Promedio

120	102	90
	104	

**Tabla 26:** Índice de Hábitat Fluvial – IHF (Pardo *et al.* 2002) de la cuenca del río San Alberto. Oxapampa – Pasco. 2012 – 2013

1. Inclusión de rápidos		Zona Alta	Zona Media	Zona Baja
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%	10	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%	5	5	
	Piedras, canto y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0		0
	<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>0</b>

2. Frecuencia de rápidos				
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	10		
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7-15	8		8	8
Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 -25	6			
Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos /anchura del río > 25	4			
Sólo pozas	2			
<b>Total (una categoría)</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)				
% Bloques y piedras	1 - 10 %	2		
	> 10%	5	5	5
% Cantos y gravas	1 - 10 %	2		
	> 10%	5	5	5
% Arena	1 - 10 %	2		2
	> 10%	5		5
% Limo y arcilla	1 - 10 %	2	2	2
	> 10%	5	5	5
<b>Total (sumar categorías)</b>		<b>17</b>	<b>14</b>	<b>20</b>

4. Regímenes de velocidad / profundidad				
somero: < 0.5 m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10		
lento: < 0.3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías	8		8
	Sólo 2 de las 4	6	6	
	Sólo 1 de las 4	4		
<b>Total (una categoría)</b>		<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

5. Porcentaje de sombra en el cauce				
Sombreado con ventanas	10	10		
Totalmente en sombra	7			
Grandes claros	5		5	
Expuestos	3			3
<b>Total (una categoría)</b>		<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)				
Hojarasca	> 10% o < 75%	4	4	
	< 10% o > 75%	2		2
Presencia de troncos y ramas	2	2	2	2

«Continuación»

Raíces expuestas	2	2	2	0
Diques naturales	2	2	2	0
Total (sumar categorías)		10	8	4

**7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)**

% Plocón + briófitos	10 - 50%	10	10		
	< 10% ó >50%	5		5	
	Ausencia absoluta	0			0
% Pecton	10 - 50%	10		10	
	< 10% ó >50%	5	5		5
	Ausencia absoluta	0			
% Fanerógamas	10 - 50%	10	10		
	< 10% ó >50%	5		5	
	Ausencia absoluta	0			0
Total (sumar categorías)		25	20	5	

<b>PUNTUACION FINAL</b>	88	68	48
<b>Promedio</b>	68		

**Tabla 27:** Índice de Calidad del Bosque de Ribera QBR (Munné *et al.* 2003) de la cuenca del río San Alberto. Oxapampa – Pasco. 2012 – 2013

		Zona Alta	Zona Media	Zona Baja
<b>Grado de cubierta de la zona de ribera</b>		<b>Puntuación bloque 1</b>		
25	80% de cubierta vegetal de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	X		
10	50-80% de cubierta vegetal de la zona de ribera		X	
5	10-50% de cubierta vegetal de la zona de ribera			X
0	<10% de cubierta vegetal de la zona de ribera			
+10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	X	X	
+5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%			X
-5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre 25 y 50%			
-10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%			
Total (máximo)		25	20	10
<b>Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de cubierta)</b>		<b>Puntuación bloque 2</b>		
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %			
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75% o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %	X	X	X
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %			
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %			
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%	X		
+5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50%		X	X
+5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque			
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50%			X
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad			
-10	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50%			
Total (máximo)		20	15	10
<b>Calidad de la cubierta</b>		<b>Puntuación bloque 3</b>		
25	Todos los árboles de la zona de ribera son autóctonos	X	X	
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas			
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas			X
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas			
+10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas	X	X	
+5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas			X
-5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas			
-10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas			
Total (máximo)		25	25	10
<b>Grado de naturalidad del canal fluvial</b>		<b>Puntuación bloque 4</b>		
25	El canal del río no ha sido modificado	X	X	
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal			
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río			X
0	Río canalizado en la totalidad del tramo			
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río			

«Continuación»

-10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río			
-5	Si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes			X
-10	Si hay basurero permanente en el tramo estudiado			
Total (máximo)		25	25	0

**Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)**

<b>95</b>	<b>85</b>	<b>30</b>
<b>70</b>		

**Promedio**

**ANEXO 12.** Puntajes de bioindicadores de calidad de agua (IBF e IBA) y registro de EPT

*Puntaje de tolerancia de cada taxa IBF. FUENTE: Hilsenhoff (1988)*

Lista de valores indicadores de contaminación de macroinvertebrados empleados por el Índice Biótico de Familia de Hilsenhoff.

<b>PLECOPTERA</b>		<b>MEGALOPTERA</b>	
Capniidae	1	Corydalidae	0
Chloroperlidae	1	Sialidae	4
Leuctridae	0		
Nemouridae	2	<b>LEPIDOPTERA</b>	
Perlidae	1	Pyralidae	5
Perlodidae	2		
Pteronarcyidae	0	<b>COLEOPTERA</b>	
Taeniopterygidae 2		Dryopidae	5
		Elmidae	4
		Psephenidae	4
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
Baetidae	4	<b>DIPTERA</b>	
Baetiscidae	3	Athericidae	2
Caenidae	7	Blephariceridae	0
Ephemerellidae	1	Ceratopogonidae	6
Ephemeridae	4	Chironomidae de sangre roja	8
Heptaganiidae	4	Otros Chironomidae	6
Leptophlebiidae	2	Dolichopodidae	4
Metretopodidae	2	Empididae	6
Oligoneuriidae	4	Ephydridae	6
Polymitarcyidae	2	Psychodidae	10
Potomanthidae	4	Simuliidae	6
Siphonuridae	7	Muscidae	6
Tricorythidae	4	Syrphidae	10
		Tabanidae	6
		Tipulidae	3
<b>ODONATA</b>		<b>AMPHIPODA</b>	
Aeshnidae	3	Gammaridae	4
Calopterygidae	5	Talitridae	8
Coenagrionidae	9		
Cordulegastridae	3	<b>ISOPODA</b>	
Corduliidae	5	Asellidae	8
Gomphidae	1		
Lestidae	9	<b>ACARIFORMES</b>	4
Libellulidae	9		
Macromiidae	3	<b>DECAPODA</b>	6
<b>TRICHOPTERA</b>		<b>MOLLUSCA</b>	
Brachycentridae	1	Lymnaeidae	6
Glossosomatidae	0	Physidae	8
Helicopsychidae	3	Sphaeriidae	8
Hydropsychidae	4		
Hydroptilidae	4	<b>OLIGOCHAETA</b>	8
Lepidostomatidae	1		
Leptoceridae	4	<b>HIRUDINEA</b>	
Limnephilidae	4	Bdellidae	10
Molannidae	6		
Odontoceridae	0	<b>TURBELLARIA</b>	
Philoptamidae	3	Platyhelminthidae	4
Phryganeidae	4		
Polycentropodidae	6		
Psichomyiidae	2		
Rhyacophilidae	0		
Sericostomidae	3		
Uenoidae	3		

*Puntaje de tolerancia de cada taxa IBF. FUENTE: Figueroa et al. (2007)*

Tolerance values for freshwater benthic macroinvertebrates from Chilean Mediterranean rivers (ChIBF)

<b>Plecoptera</b>		<b>Trichoptera</b>		<b>Coleoptera</b>	
Gripopterygidae	1	Calamoceratidae	3	Elmidae	4
Notonemouridae	0	Glossosomatidae	0	Psephenidae	4
Perlidae	1	Helicopsychidae	3		
Diamphipnoidae	0	Hydropsychidae	4	<b>Diptera</b>	
Eustheniidae	0	Hydroptilidae	4	Athericidae	2
Autroperlidae	1	Leptoceridae	4	Blephariceridae	0
Limnephilidae	2			Ceratopogonidae	6
<b>Ephemeroptera</b>		Ecnomidae	3	Chironomidae	7
Baetidae	4	Helicophidae	6	Empididae	6
Caenidae	7	Polycentropodidae	3	Ephydriidae	6
Leptophlebiidae	2	Philopotamidae	2	Psychodidae	10
Nesameletidae	7	Hydrobiosidae	0	Simuliidae	6
Oligoneuridae	2	Sericostomatidae	3	Syrphidae	10
Ameletopsidae	2			Tabanidae	6
Oniscigastridae	3	<b>Megaloptera</b>		Tipulidae	3
		Corydalidae	0		
<b>Odonata</b>		Sialidae	4	<b>Amphipoda</b>	
Aeshnidae	3			Hyalellidae	8
Calopterygidae	5	<b>Lepidoptera</b>			
Gomphidae	1	Pyralidae	5	<b>Isopoda</b>	
Lestidae	9			Janiriidae	4
Libellulidae	9	<b>Mollusca</b>			
Coenagrionidae	9	Amnicolidae	6	<b>Decapoda</b>	
Cordulidae	5	Lymnaeidae	6	Aegliidae	3
Petaluridae	5	Physidae	8	Parastacidae	6
		Sphaeriidae	8		
<b>Acari*</b>	4	Chiliniidae	6	<b>Platyhelminthes</b>	
				Turbellaria	4
<b>Oligochaeta*</b>	8	<b>Hirudinea*</b>	10		



Puntaje de tolerancia de cada familia IBA. FUENTE: Domínguez y Fernández (2009)

Orden	Familia	Puntuación	Orden	Familia	Puntuación
Turbellaria		5	Lepidoptera	Pyalidae	4
Hirudinea		3	Coleoptera	Ptilodactylidae	5
Oligochaeta		1		Lampyridae	5
Gasteropoda	Ancylidae	6		Psephenidae	5
	Physidae	3		Scirtidae	
	Hydrobiidae	3		(Helodidae)	5
	Limnaciidae	3		Staphylinidae	3
	Planorbidae	3		Elmidae	5
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Dryopidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6		Gyrinidae	3
Ostracoda		3		Dytiscidae	3
Hydracarina		4		Hydrophilidae	3
Ephemeroptera	Baetidae	4	Diptera	Hydraenidae	5
	Leptophlebiidae	10		Blepharoceridae	10
	Leptohiphidae	7		Simuliidae	5
	Oligoneuriidae	10		Tabanidae	4
Odonata	Aeshnidae	6		Tipulidae	5
	Gomphidae	8		Limoniidae	4
	Libellulidae	6		Ceratopogonidae	4
	Coenagrionidae	6		Dixidae	4
	Calopterygidae	8		Psychodidae	3
	Polythoridae	10		Dolichopodidae	4
Plecoptera	Perlidae	10		Stratiomyidae	4
	Gripopterygidae	10		Empididae	4
Heteroptera	Veliidae	5		Chironomidae	2
	Gerridae	5		Culicidae	2
	Corixidae	5		Muscidae	2
	Notonectidae	5		Ephydriidae	2
	Belostomatidae	4		Athericidae	10
	Naucoridae	5		Syrphidae	1
Trichoptera	Helicopsychidae	10			
	Calamoceratidae	10			
	Odontoceridae	10			
	Leptoceridae	8			
	Polycentropodidae	8			
	Hydroptilidae	6			
	Xiphocentronidae	8			
	Hydrobiosidae	8			
	Glossosomatidae	7			
	Hydropsychidae	5			
	Anomalopsychidae	10			
	Philopotamidae	8			
	Limnephilidae	7			

Tabla 5. Puntuaciones del Andean Exotic Index [AEI] [Rios et al., en prep.] para las familias de Macroinvertebrados acuáticos de los Andes Tropicales distribuidos desde los 2000 m s.n.m hasta el límite con las nieves perpetuas.

**Aplicación del índice EPT**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>ABUNDANCIA (Nº individuos)</b>	<b>EPT PRESENTES</b>
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae		
Ceratopogonidae		
Chironomidae		
Corydalidae		
Elmidae		
Euthyplociidae		
Gastropoda		
Glossosomatidae		
Gordioidae		
Hirudinea		
Hydrachnidae		
Hydrobiosidae		
Hydropsichidae		
Leptoceridae		
Leptophlebiidae		
Naucoridae		
Oligochaeta		
Oligoneuridae		
Perlidae		
Philopotamidae		
Psephenidae		
Ptilodactylidae		
Pyralidae		
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos		
<b>TOTAL</b>		

$\Gamma = \text{EPT total} / \text{Abundancia total}$

$\Gamma =$

**ANEXO 13.** Aplicación de índices de calidad de agua (IBF, EPT & IBA)

**Tabla 28:** Índices de calidad de agua vs evaluación de la cuenca (GLOBAL)

Bioindicadores	GLOBAL
<b>IBF</b>	4.57
<b>EPT</b>	49
<b>IBA</b>	268

**Tabla 29:** Índices de calidad de agua vs zona de la cuenca (ZONA)

Bioindicadores	ZONA		
	Alta	Media	Baja
<b>IBF</b>	4.93	3.48	5.30
<b>EPT</b>	39	82	27
<b>IBA</b>	232	213	186

**Tabla 30:** Índices de calidad de agua vs periodo de muestreo (TIEMPO)

Bioindicadores	TIEMPO			
	Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo	Cuarto Muestreo
<b>IBF</b>	3.47	4.07	6.42	5.80
<b>EPT</b>	86	52	12	24
<b>IBA</b>	215	223	121	148

**Tabla 31:** Índices de calidad de agua vs periodo de muestreo y tipo de muestreo

Bioindicadores	Primer Muestreo		Segundo Muestreo		Tercer Muestreo		Cuarto Muestreo	
	Método Cuantitativo							
	Muestreo con la red Surber	Muestreo de perímetro en rocas y/o ramas	Muestreo con la red Surber	Muestreo de perímetro en rocas y/o ramas	Muestreo con la red Surber	Muestreo de perímetro en rocas y/o ramas	Muestreo con la red Surber	Muestreo de perímetro en rocas y/o ramas
<b>IBF/Tiempo-Tipo de muestreo</b>	3.75	3.20	4.30	3.97	6.67	6.18	6.03	5.76
<b>EPT/ Tiempo-Tipo de muestreo</b>	78	93	54	51	6	19	24	24
<b>IBA/ Tiempo-Tipo de muestreo</b>	201	160	162	221	81	70	84	149

**ANEXO 14.** Análisis de datos GREMIO O GRUPO FUNCIONAL (bioindicador de calidad)

**Tabla 32:** Agrupación de bioindicadores de calidad de agua en función de su sensibilidad/resistencia

Phyllum/Clase/orden	Indicadores				Reajuste (Sensibilidad)				Nominación intermedia (gremio o grupo funcional) (*)	Nominación final (grupo funcional)
	IBF	ABI	EPT	Valores Guía	10 - IBF	ABI	EPT	Valores Guía		
[C] Arachnida [SC] Hydrachnidia	4	4	0	10	6	4	0	10	5.0	Sensible
[C] Turbellaria [O] Tricladida	4	5	0	5	6	5	0	5	4.0	Resistente
[O] Coleoptera	4.3	4.4	0	8.7	5.7	4.4	0	8.7	4.7	Resistente
[O] Diptera	5.8	3.8	0	4.3	4.2	3.8	0	4.25	3.1	Resistente
[O] Ephemeroptera	3	7.8	10	8.3	7	7.8	10	8.25	8.3	Sensible
[O] Hemiptera (Heteroptera)		5	0	8		5	0	8	4.3	Resistente
[O] Lepidoptera	5	4	0	5	5	4	0	5	3.5	Resistente
[O] Megaloptera ("Neuroptera")	0		0	6	10		0	6	5.3	Sensible
[O] Odonata	3	6	0	8	7	6	0	8	5.3	Sensible
[O] Plecoptera	1	10	10	10	9	10	10	10	9.8	Sensible
[O] Trichoptera	2.4	8.2	10	8.2	7.6	8.2	10	8.2	8.5	Sensible
[P] Annelida [SP] Clitellata	9	2	0	2	1	2	0	2	1.3	Resistente
[P] Mollusca [C] Gasteropoda	8	3	0	3	2	3	0	3	2.0	Resistente
[P] Nematomorpha			0	3			0	3	1.5	Resistente
[SP] Crustacea	4	4.5	0		6	4.5	0		3.5	Resistente

- (\*) Gremio o grupo funcional resistente <2,5  
 Gremio o grupo funcional resistente-sensible <2,5-5>  
 Gremio o grupo funcional sensible-resistente <5-7,5>  
 Gremio o grupo funcional sensible >7,5

**Tabla 33:** Gremio o grupo funcional-bioindicador de calidad de agua (sensible o resistente) vs situación espaciotemporal o método de muestreo

GREMIO FUNCIONAL (bioindicador de calidad)	ZONA (cuenca)		
	Alta	Media	Baja
Resistente	2043	529	2101
Sensible	1330	2500	800
<b>Número individuos identificables (zona)</b>	3373	3029	2901

GREMIO FUNCIONAL (bioindicador de calidad)	TIEMPO (periodo de muestreo)			
	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Resistente	256	1852	398	1974
Sensible	1696	1972	60	635
<b>Número individuos identificables (tiempo)</b>	1952	3824	458	2609

GREMIO FUNCIONAL (bioindicador de calidad)	SUCESIÓN (evento natural)	
	Pre	Post
Resistente	1852	398
Sensible	1972	60
<b>Número individuos identificables (Sucesión)</b>	3824	458

GREMIO FUNCIONAL (bioindicador de calidad)	TIPO DE MUESTREO (cuantitativo)	
	Método Red Surber	Método Rocas-Ramas
Resistente	1273	3207
Sensible	1562	2801
<b>Número individuos identificables (tipo de muestreo)</b>	2835	6008

**Tabla 34:** Gremio o grupo funcional-bioindicador de calidad de agua (sensible o resistente) vs Parámetros fisicoquímicos

GREMIO FUNCIONAL (bioindicador de calidad)	INTERVALOS DE TEMPERATURA						
	[14,2-16.4)	[16.4-18.6)	[18.6-20.8)	[20.8-23.0)	[23.0-25.2)	[25.2-27.4)	[27.4-29.6]
Gremio funcional resistente	185	1904	2054	182	348	0	0
Gremio funcional sensible	828	450	1745	253	1354	0	0
<b>Número individuos identificables</b>	1013	2354	3799	435	1702	0	0

GREMIO FUNCIONAL (bioindicador de calidad)	INTERVALOS DE POTENCIAL DE HIDROGENO - PH						
	[6.56-6.78)	[6.78-7.00)	[7.00-7.22)	[7.22-7.44)	[7.44-7.66)	[7.66-7.88)	[7.88-8.10]
Gremio funcional resistente	101	1598	398	415	292	229	1640
Gremio funcional sensible	142	510	60	2688	680	177	373
<b>Número individuos identificables</b>	243	2108	458	3103	972	406	2013

«Continuación»

		INTERVALOS DE OXÍGENO DISUELTO - OD					
<b>GREMIO FUNCIONAL</b> (bioindicador de calidad)	[5.6-6.6)	[6.6-7.6)	[7.6-8.6)	[8.6-9.6)	[9.6-10.6)	[10.6-11.6)	[11.6-12.6]
Gremio funcional resistente	1767	643	518	1640	105	0	0
Gremio funcional sensible	432	2837	903	373	85	0	0
<b>Número individuos identificables</b>	2199	3480	1421	2013	190	0	0

		INTERVALOS DE SALINIDAD					
<b>GREMIO FUNCIONAL</b> (bioindicador de calidad)	[3.0-3.5)	[3.5-4.0)	[4.0-4.5)	[4.5-5.0)	[5.0-5.5)	[5.5-6.0)	[6.0-6.5]
Gremio funcional resistente	0	229	289	1901	1956	172	126
Gremio funcional sensible	0	177	390	420	2399	1240	4
<b>Número individuos identificables</b>	0	406	679	2321	4355	1412	130

		INTERVALOS DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS - TDS					
<b>GREMIO FUNCIONAL</b> (bioindicador de calidad)	[9-13)	[13-17)	[17-21)	[21-25)	[25-29)	[29-33)	[33-37]
Gremio funcional resistente	1640	148	926	1680	186	93	0
Gremio funcional sensible	373	27	1654	1571	587	418	0
<b>Número individuos identificables</b>	2013	175	2580	3251	773	511	0

		INTERVALOS DE NITRATOS			
<b>GREMIO FUNCIONAL</b> (bioindicador de calidad)	[0,00-0,66)	[0,66-1,32)	[1,32-1,98)	[1,98-2,64)	[2,64-3,30)
Gremio funcional resistente	2471	480	1632	0	90
Gremio funcional sensible	3833	280	389	0	128
<b>Número individuos identificables</b>	6304	760	2021	0	218

		INTERVALOS DE POTASIO			
<b>GREMIO FUNCIONAL</b> (bioindicador de calidad)	[0,47-0,59)	[0,59-0,71)	[0,71-0,83)	[0,83-0,95)	[0,95-1,07)
Gremio funcional resistente	449	3309	103	627	185
Gremio funcional sensible	1390	2036	139	237	828
<b>Número individuos identificables</b>	1839	5345	242	864	1013

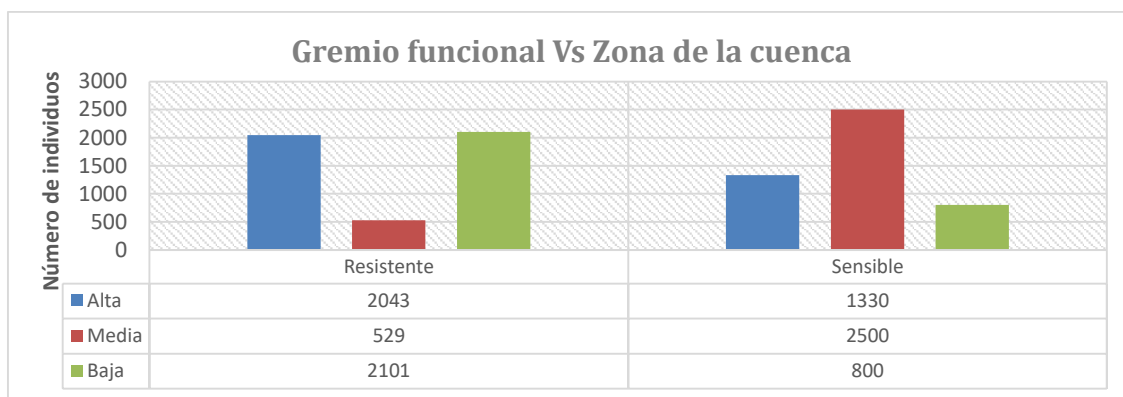
**Nota:** Producto del análisis total de 15 muestras de agua (muestreo preliminar, primer, segundo, tercer y cuarto muestreo, correspondientes a la zona alta, media y baja), no se llegó a determinar la presencia de fosfatos a un nivel medible.

**ANEXO 15.** Pruebas estadísticas

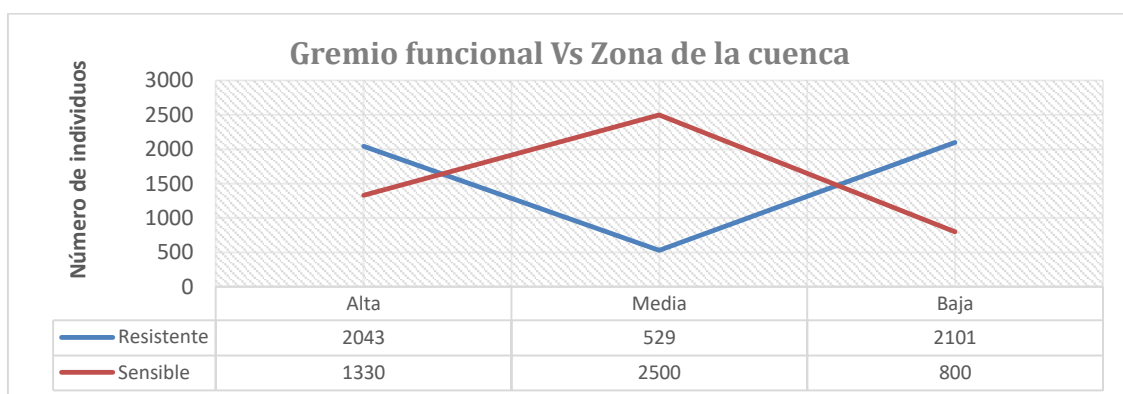
**Tabla 35:** Análisis de Variación: Gremio funcional según la Zona de la cuenca

**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según la zona**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	3	1572	529	2101	1557.7	891.3	57%
Sensible	3	1700	800	2500	1543.3	869.8	56%



**Figura 12:** Comparativo de los Gremios funcionales según la zona de la cuenca



**Figura 13:** Variación del Gremio funcional según la zona de cuenca

**Tabla 36:** Prueba Chi-Cuadrado: Zona de la cuenca vs gremio funcional

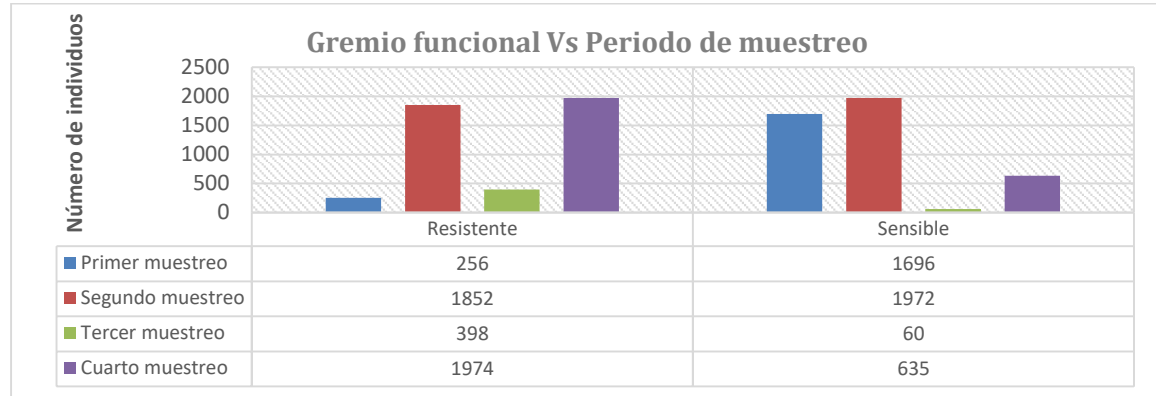
Valores observados			
Zona Vs Gremio funcional	Gremio funcional		
Zona	Resistente	Sensible	Total
Alta	2043	1330	3373
Media	529	2500	3029
Baja	2101	800	2901
Total	4673	4630	9303

Donde	G.L=2		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 5,991$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 2017$		

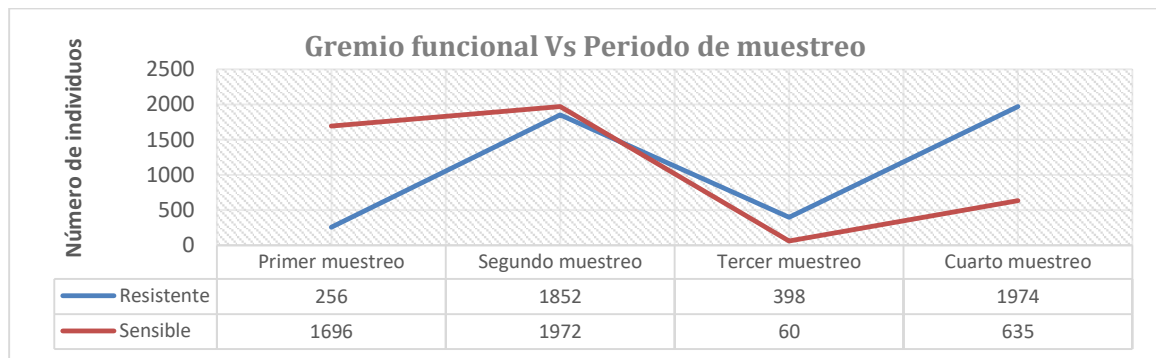
<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.422	0.707
<b>Cramer V</b>	
0.466	

**Tabla 37:** Análisis de Variación: Gremio funcional según el Periodo de muestreo

Gremio funcional	Variación de los MIB por Gremio funcional según el periodo de muestreo						
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	4	1718	256	1974	1120	918.86	82%
Sensible	4	1912	60	1972	1090.75	896.86	82%



**Figura 14:** Comparativo de los Gremios funcionales según el periodo de muestreo



**Figura 15:** Variación del Gremio funcional según el periodo de muestreo

**Tabla 38:** Prueba Chi-Cuadrado: Periodo de muestreo vs grupo funcional

Periodo Vs gremio funcional	Valores observados		
	Resistente	Sensible	Total
Primer muestreo	256	1696	1952
Segundo muestreo	1852	1972	3824
Tercer muestreo	398	60	458
Cuarto muestreo	1974	635	2609
Total	4480	4363	8843

Donde	G.L=3		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 7.815$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 2001,510$		

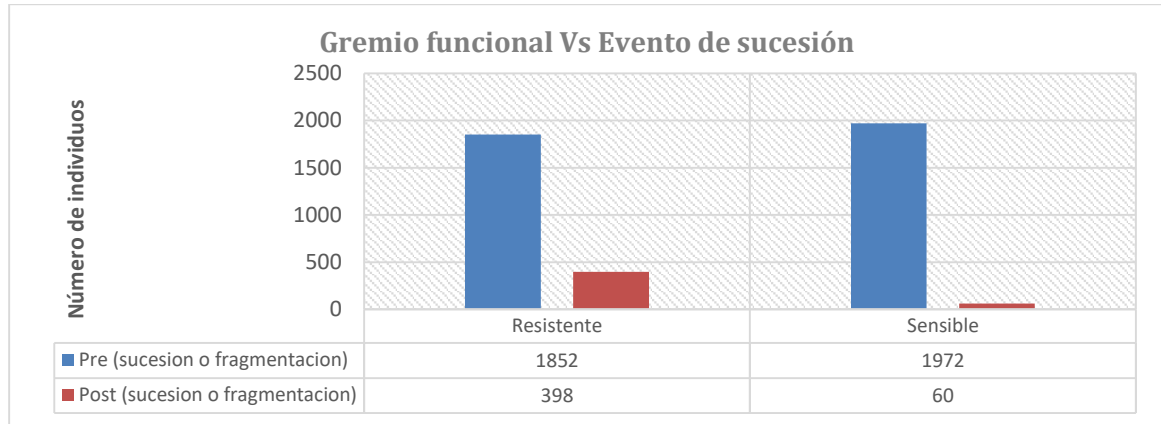
<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.430	0.707
<b>Cramer V</b>	
0.476	



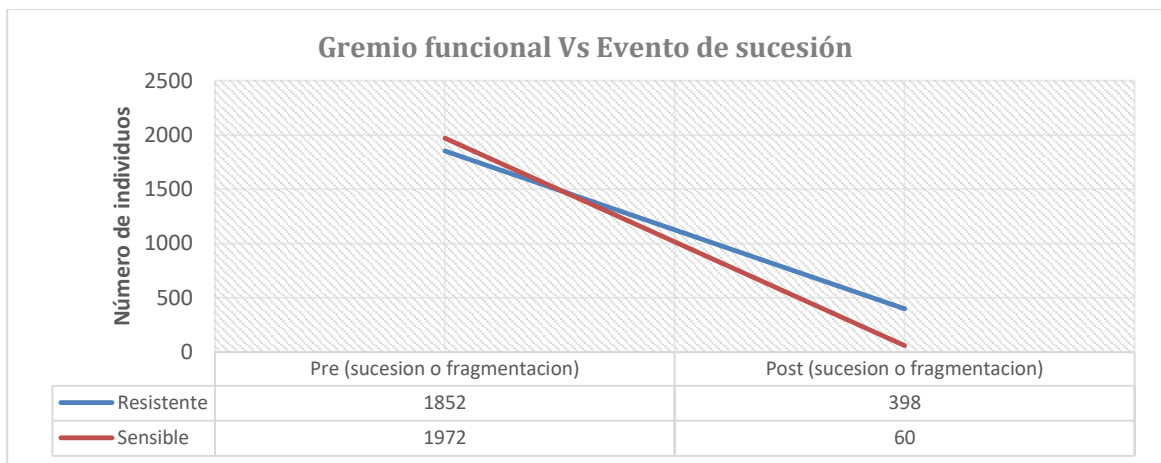
**Tabla 39:** Análisis de Variación: Gremio funcional según el evento de sucesión (o fragmentación)

**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según sucesión ocurrida**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	2	1454	398	1852	1125	1028	91%
Sensible	2	1912	60	1972	1016	1352	133%



**Figura 16:** Comparativo de los Gremios funcionales según el evento de sucesión (o fragmentación)



**Figura 17:** Variación del Gremio funcional según el evento de sucesión (o fragmentación)

**Tabla 40:** Prueba Chi-Cuadrado: Evento de sucesión (o fragmentación) vs gremio funcional

Valores observados			
Sucesión Vs Gremio funcional	Gremio funcional		Total
	Resistente	Sensible	
Pre (sucesión o fragmentación)	1852	1972	3824
Post (sucesión o fragmentación)	398	60	458
Total	2250	2032	4282

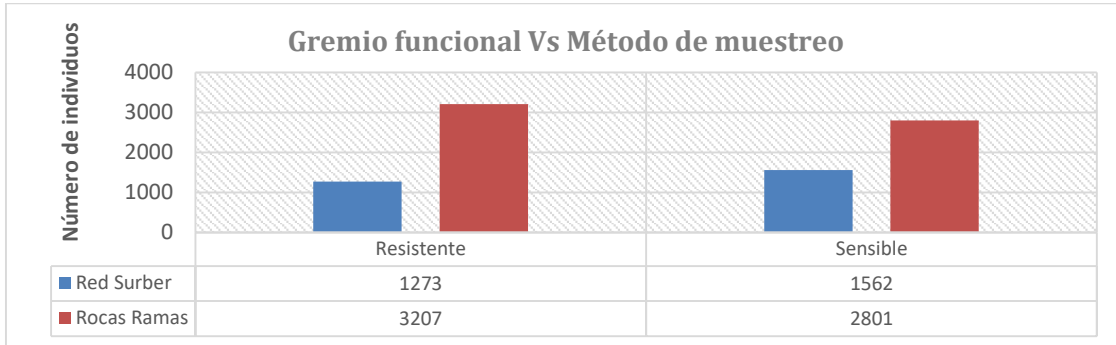
Donde	G.L=1		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 3,841$	$H_0$ se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 242,737$		

<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.232	0.707
<b>Cramer V</b>	
0,238	

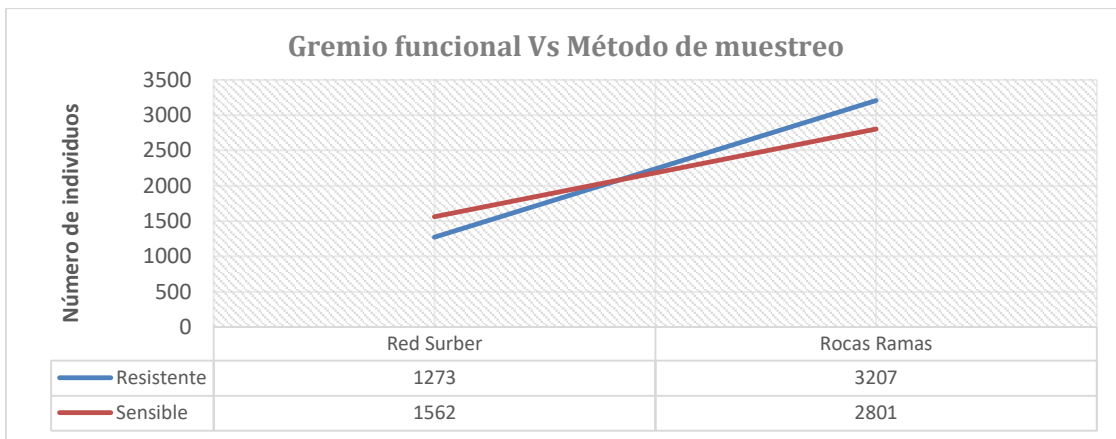
**Tabla 41:** Análisis de Variación: Gremio funcional según el Método de muestreo

**Variación de los MIB por Gremio funcional según el método de muestreo**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	2	1934	1273	3207	2240.0	1367.5	61%
Sensible	2	1239	1562	2801	2181.5	876.1	40%



**Figura 18:** Comparativo de los Gremios funcionales según el método de muestreo



**Figura 19:** Variación del Gremio funcional según el método de muestreo

**Tabla 42:** Prueba Chi-Cuadrado: Método de muestreo vs gremio funcional

Valores observados			
Método Vs Gremio funcional	Gremio funcional		
Método de muestreo	Resistente	Sensible	Total
Red Surber	1273	1562	2835
Rocas Ramas	3207	2801	6008
Total	4480	4363	8843

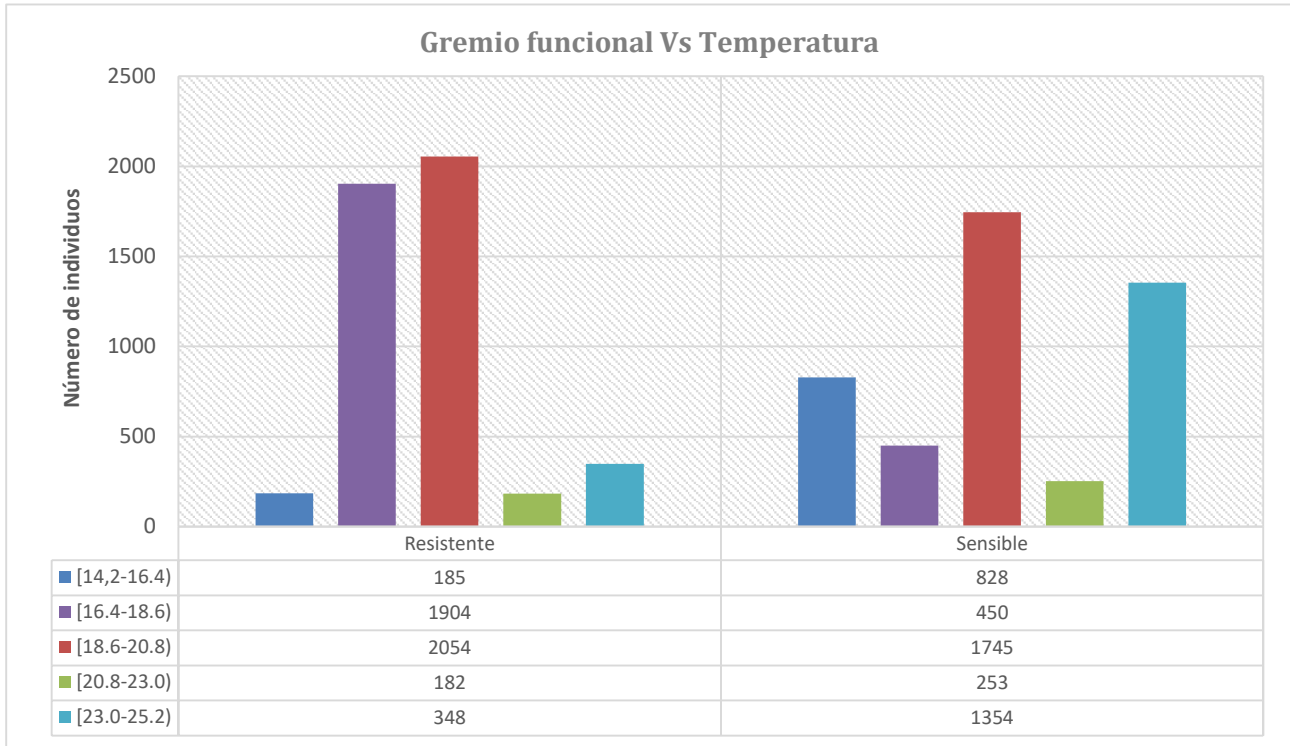
Donde	G.L=1		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 3,841$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 55,358$		

<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.079	0.707
<b>Cramer V</b>	
0.079	

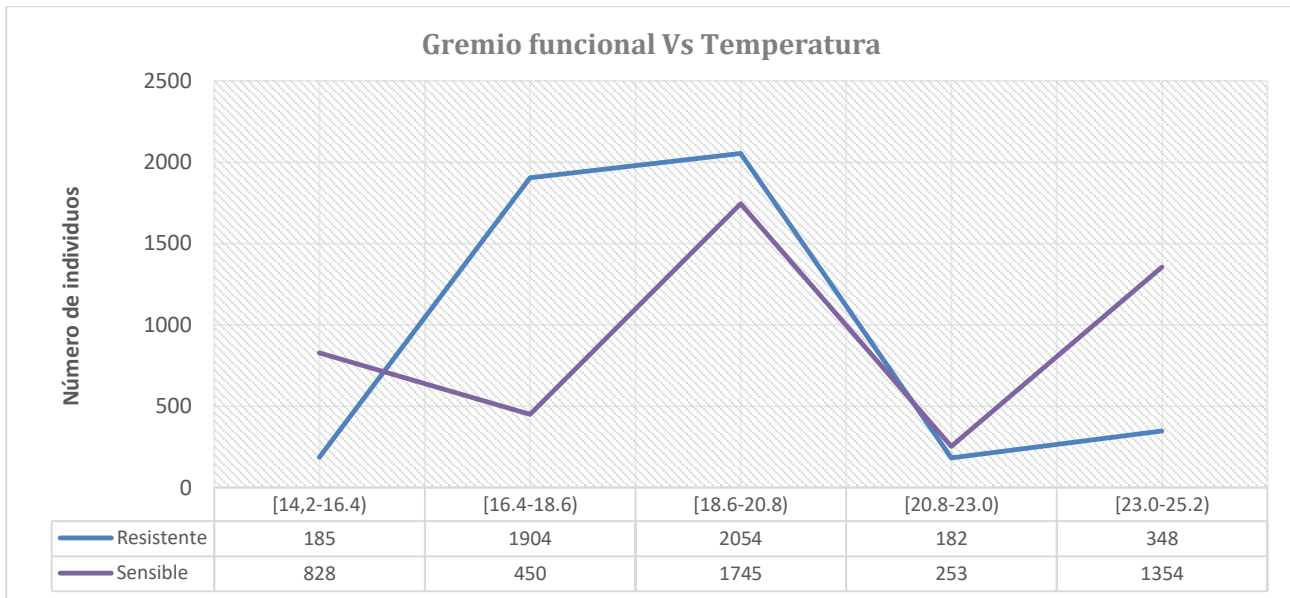
**Tabla 43:** Análisis de Variación: Gremio funcional según la temperatura

**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según la temperatura**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	5	1872	182	2054	934.6	957.235	102%
Sensible	5	1492	253	1745	926	621.1	67%



**Figura 20:** Comparativo de los Gremios funcionales según la temperatura



**Figura 21:** Variación del Gremio funcional según la temperatura

**Tabla 44:** Prueba Chi-Cuadrado: Temperatura vs gremio funcional

Valores observados			
Temperatura Vs Gremio funcional	Gremio funcional		
Temperatura	Resistente	Sensible	Total
[14,2-16.4)	185	828	1013
[16.4-18.6)	1904	450	2354
[18.6-20.8)	2054	1745	3799
[20.8-23.0)	182	253	435
[23.0-25.2)	348	1354	1702
[25.2-27.4)	0	0	0
[27.4-29.6]	0	0	0
Total	4673	4630	9303

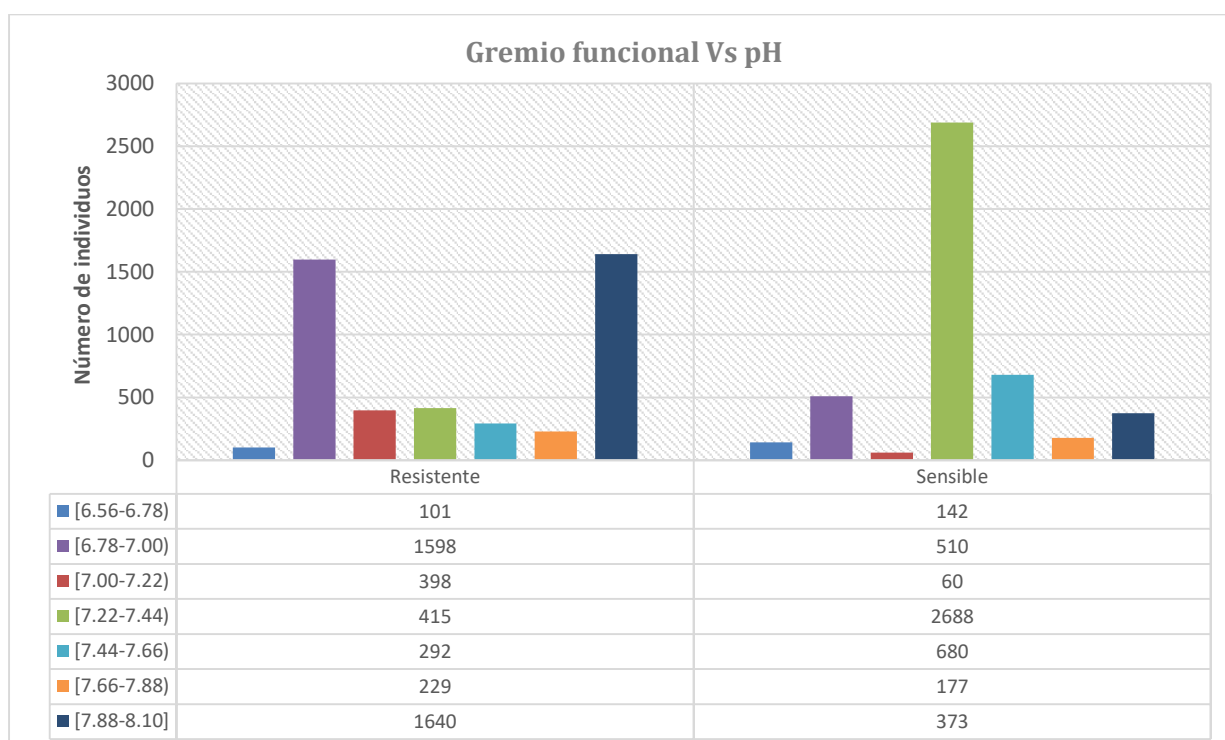
Donde	G.L=4		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 9,488$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 1937,418$		

<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.415	0.707
<b>Cramer V</b>	
0,456	

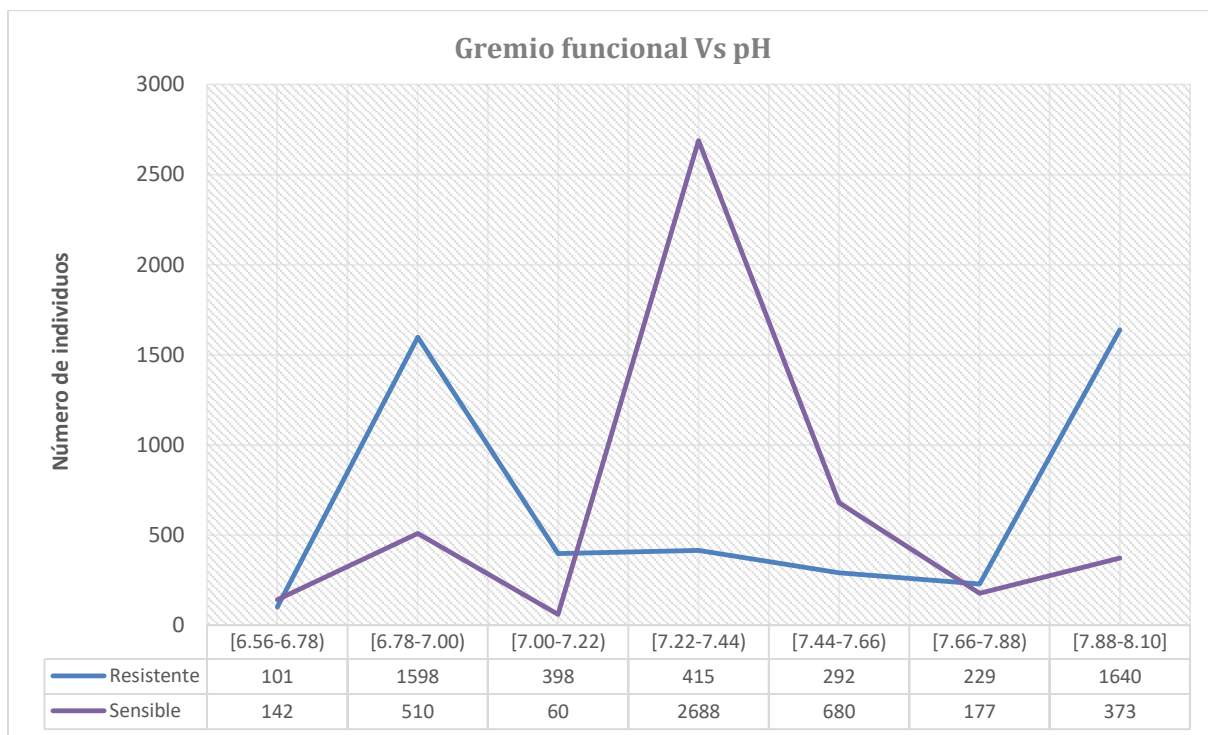
**Tabla 45:** Análisis de Variación: Gremio funcional según el pH

**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según el pH**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	7	1539	101	1640	667.6	658.6	99%
Sensible	7	2628	60	2688	661.4	920.1	139%



**Figura 22:** Comparativo de los Gremios funcionales según el pH



**Figura 23:** Variación del Gremio funcional según el pH

**Tabla 46:** Prueba Chi-Cuadrado: pH vs gremio funcional

Valores observados			
pH Vs Gremio funcional	Gremio funcional		
pH	Resistente	Sensible	Total
[6.56-6.78)	101	142	243
[6.78-7.00)	1598	510	2108
[7.00-7.22)	398	60	458
[7.22-7.44)	415	2688	3103
[7.44-7.66)	292	680	972
[7.66-7.88)	229	177	406
[7.88-8.10]	1640	373	2013
Total	4673	4630	9303

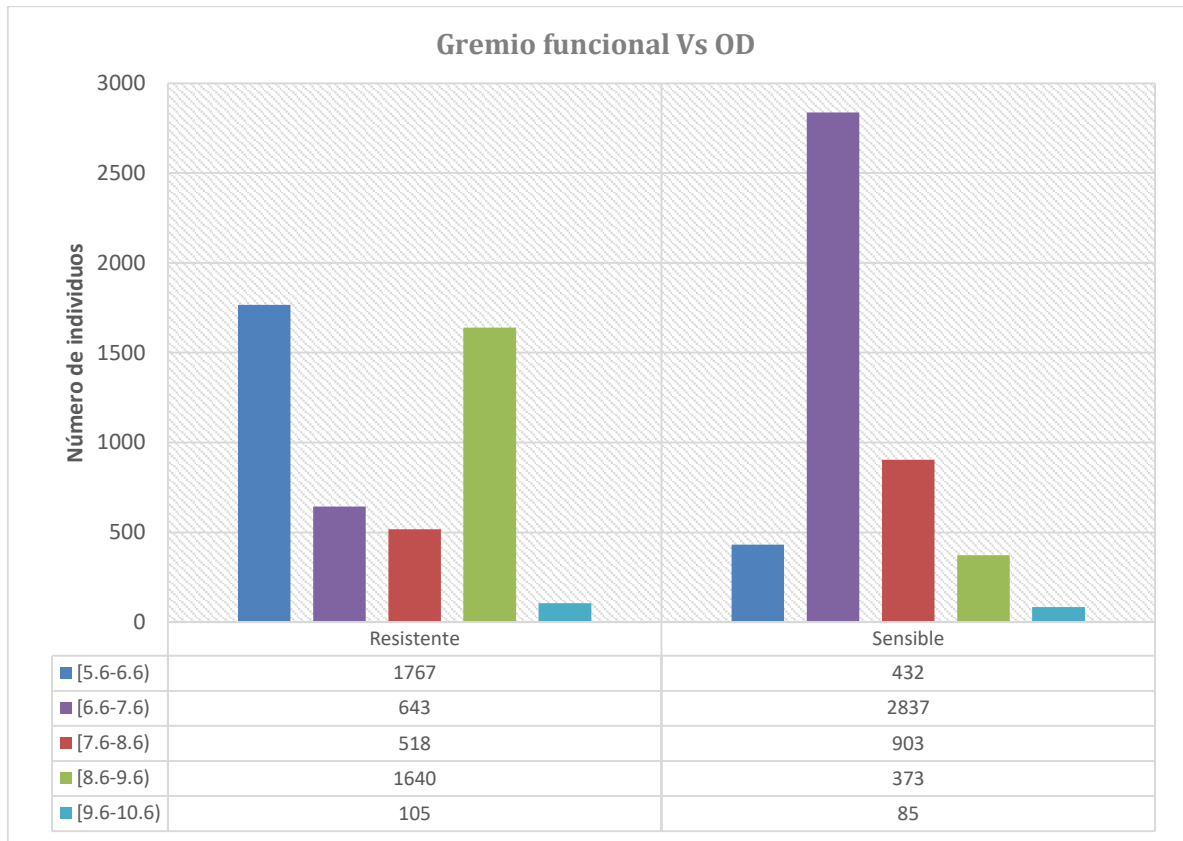
Donde	G.L=6		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 12,592$	$H_0$ se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 3441,795$		

<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.520	0.707
<b>Cramer V</b>	
0,608	

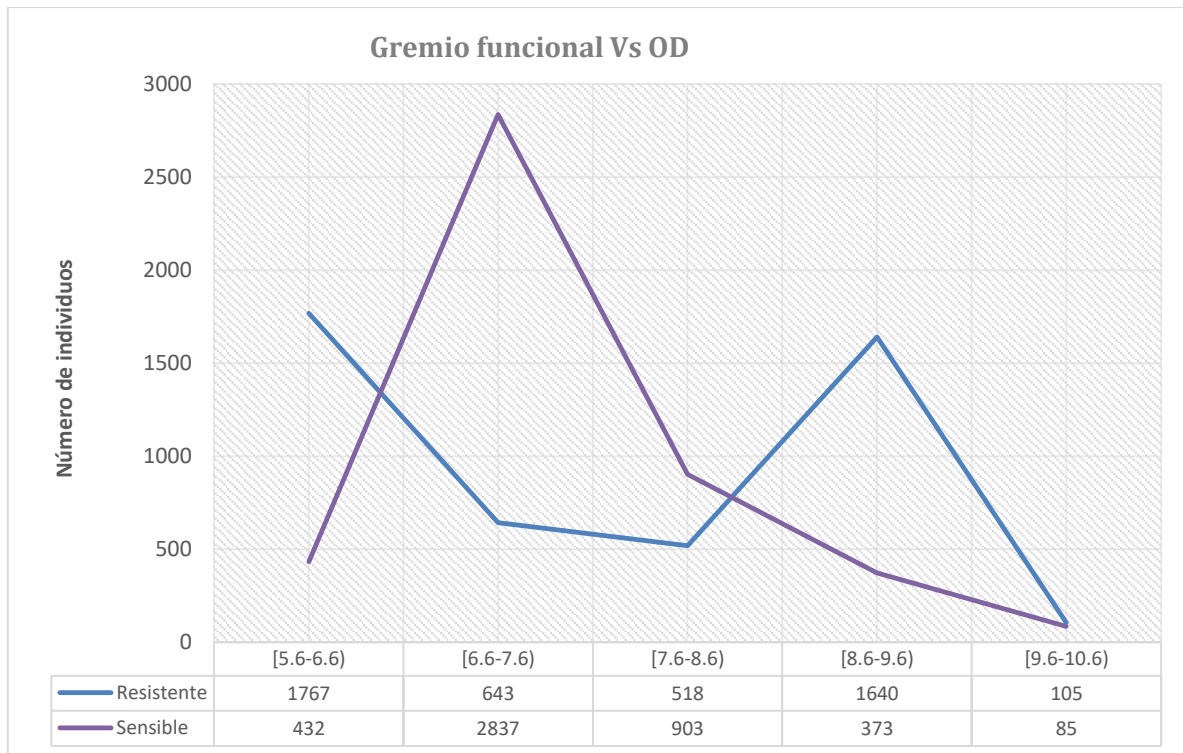
**Tabla 47:** Análisis de Variación: Gremio funcional según el oxígeno disuelto

**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según el OD**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	5	1662	105	1767	934.6	731.0	78%
Sensible	5	2752	85	2837	926.0	1107.9	120%



**Figura 24:** Comparativo de los Gremios funcionales según el oxígeno disuelto



**Figura 25:** Variación del Gremio funcional según el oxígeno disuelto

**Tabla 48:** Prueba Chi-Cuadrado: Oxígeno disuelto vs gremio funcional

Valores observados			
OD Vs Gremio funcional	Gremio funcional		
OD	Resistente	Sensible	Total
[5.6-6.6)	1767	432	2199
[6.6-7.6)	643	2837	3480
[7.6-8.6)	518	903	1421
[8.6-9.6)	1640	373	2013
[9.6-10.6)	105	85	190
[10.6-11.6)	0	0	0
[11.6-12.6]	0	0	0
Total	4673	4630	9303

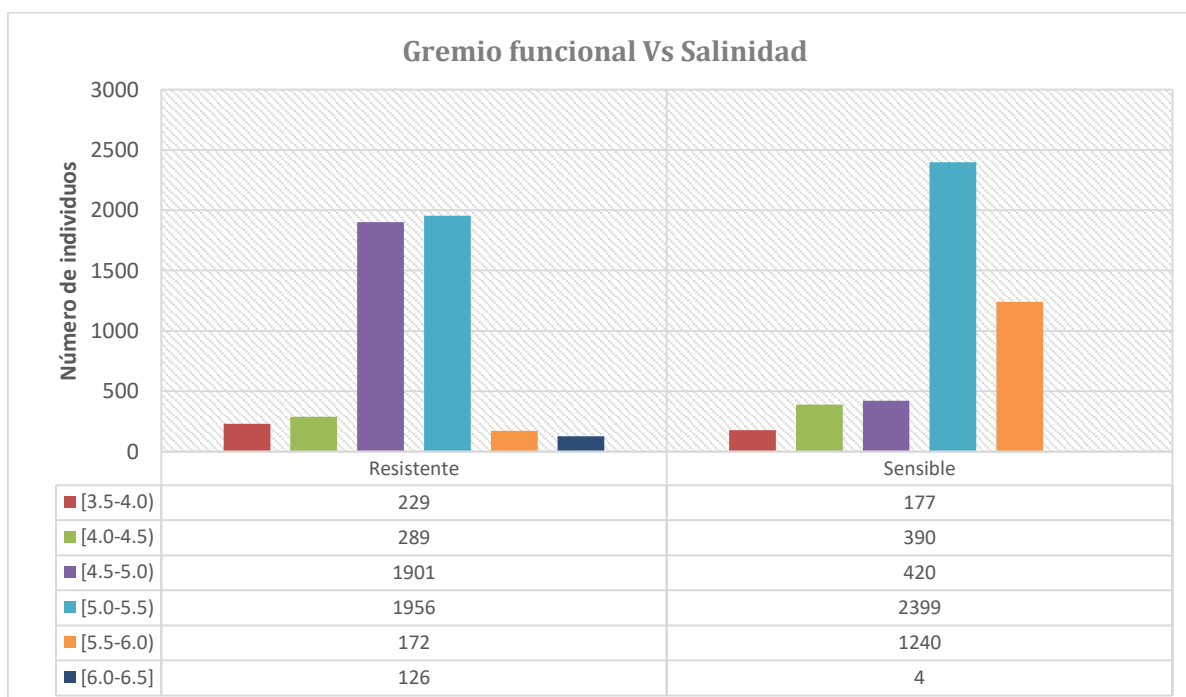
Donde	G.L=4		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 9,488$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 3097,443$		

<b>C pearson</b>	<b>V MAX</b>
0.500	0.707
<b>Cramer V</b>	
0,577	

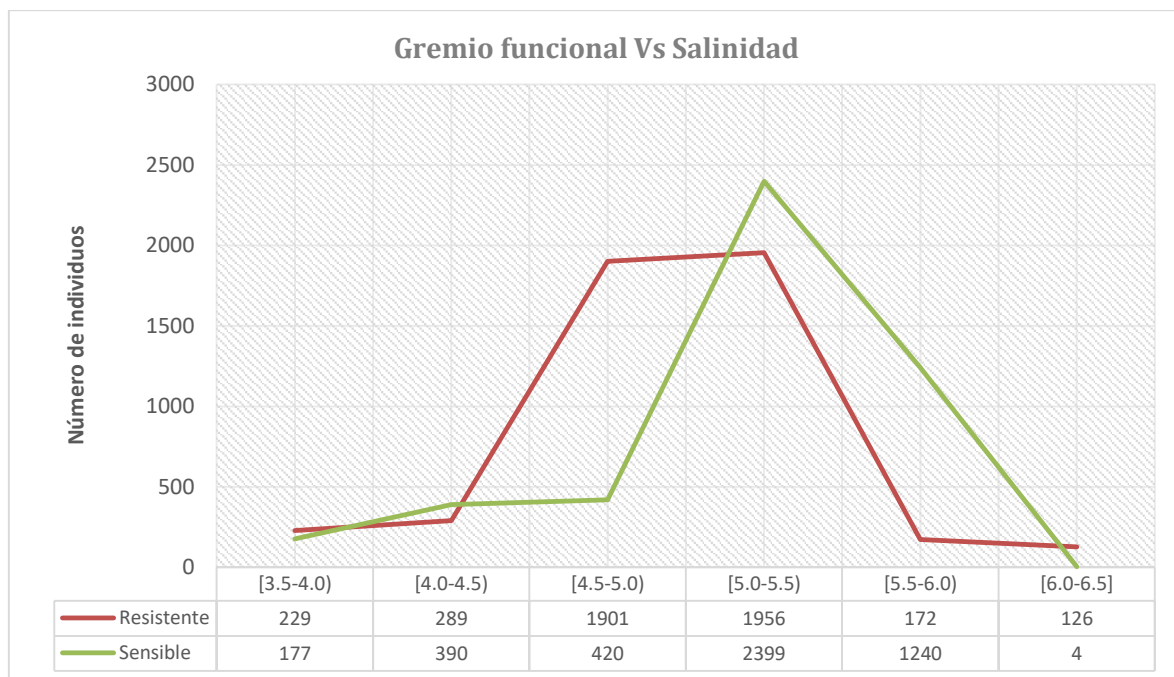
**Tabla 49:** Análisis de Variación: Gremio funcional según la salinidad

**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según la Salinidad**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	6	1830	126	1956	778.8	892.4	115%
Sensible	6	2395	4	2399	771.7	903.3	117%



**Figura 26:** Comparativo de los Gremios funcionales según la salinidad



**Figura 27:** Variación del Gremio funcional según la salinidad

**Tabla 50:** Prueba Chi-Cuadrado: Salinidad vs gremio funcional

Valores observados			
Salinidad Vs Gremio funcional	Gremio funcional		
Salinidad	Resistente	Sensible	Total
[3.0-3.5)	0	0	0
[3.5-4.0)	229	177	406
[4.0-4.5)	289	390	679
[4.5-5.0)	1901	420	2321
[5.0-5.5)	1956	2399	4355
[5.5-6.0)	172	1240	1412
[6.0-6.5]	126	4	130
Total	4673	4630	9303

Donde	G.L=5		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 11,070$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 1933,896$		

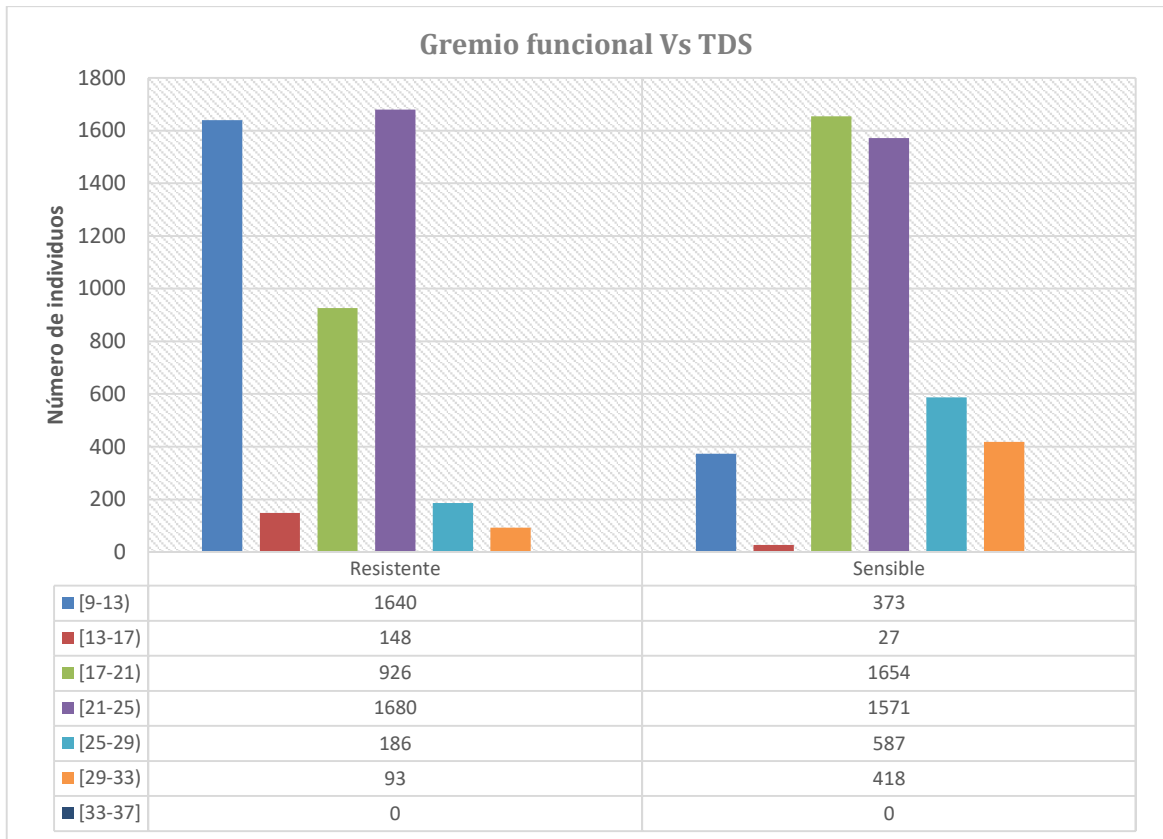
<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.415	0.707
<b>Cramer V</b>	
0,456	

**Tabla 51:** Análisis de Variación: Gremio funcional según los sólidos totales disueltos

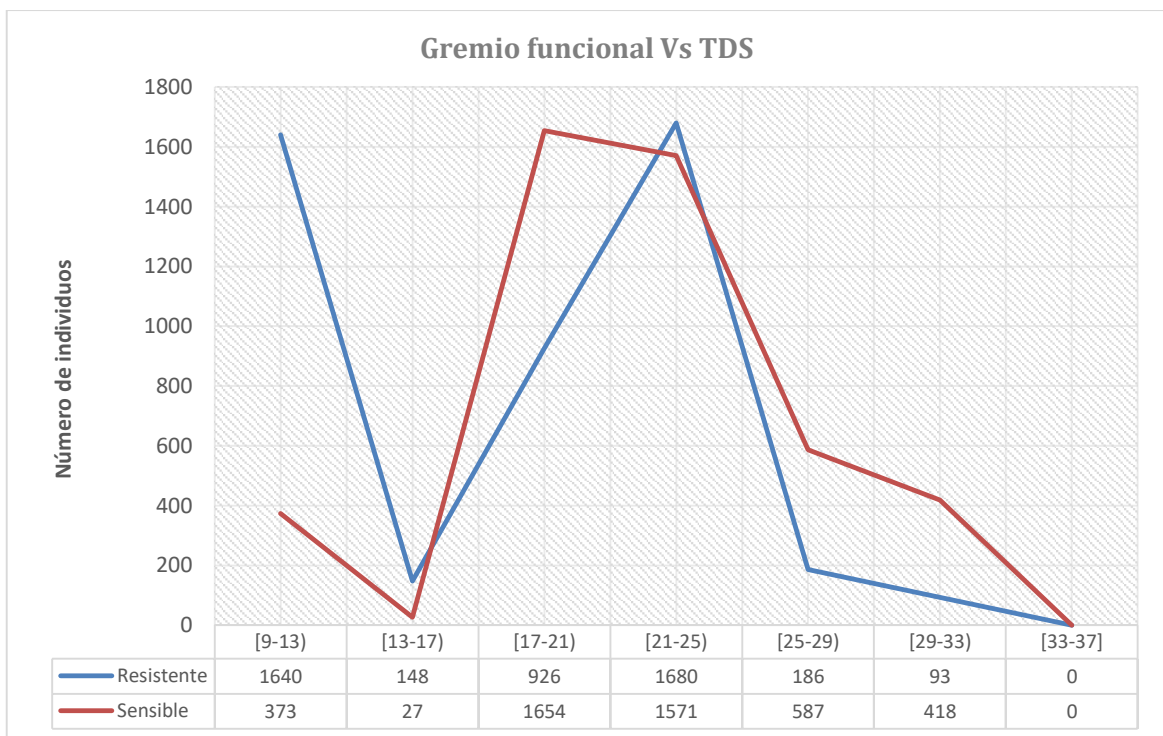
**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según los TDS**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	6	1587	93	1680	778.8	747.7	96%
Sensible	6	1627	27	1654	771.7	676.8	88%





**Figura 28:** Comparativo de los Gremios funcionales según sólidos totales disueltos



**Figura 29:** Variación del Gremio funcional según sólidos totales disueltos

**Tabla 52:** Prueba Chi-Cuadrado: Sólidos Totales Disueltos vs gremio funcional

Valores observados			
TDS Vs Gremio funcional	Gremio funcional		
TDS	Resistente	Sensible	Total
[9-13)	1640	373	2013
[13-17)	148	27	175
[17-21)	926	1654	2580
[21-25)	1680	1571	3251
[25-29)	186	587	773
[29-33)	93	418	511
[33-37]	0	0	0
Total	4673	4630	9303

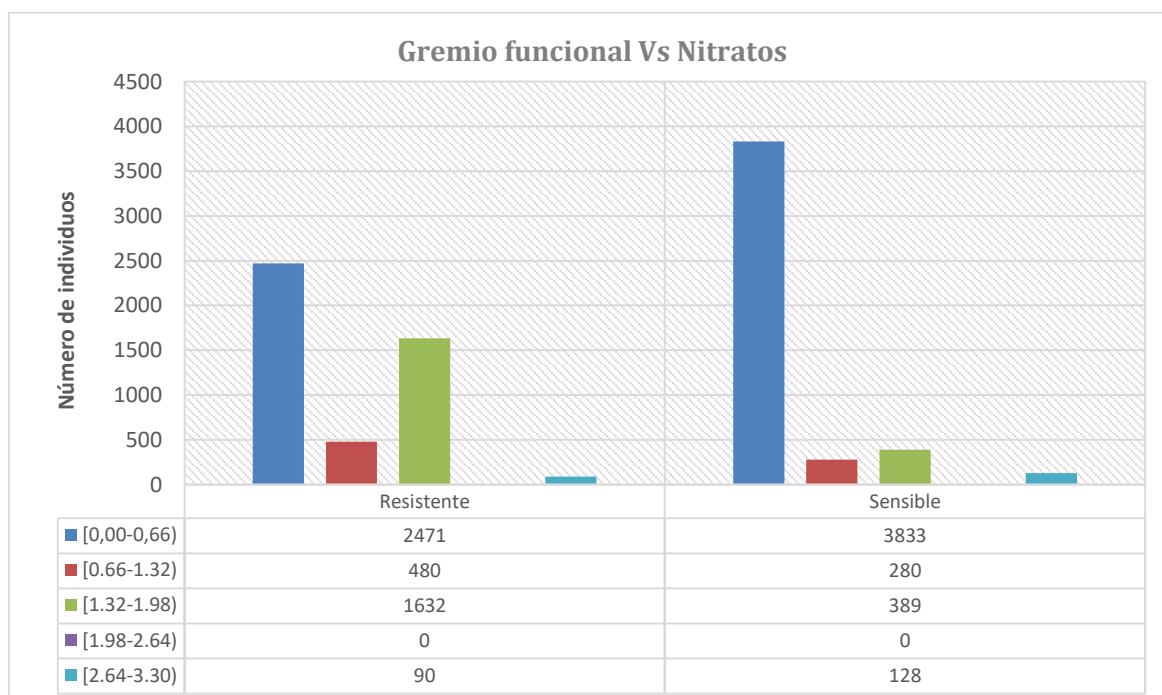
Donde	G.L=5		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 11,070$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 1504,757$		

<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.373	0.707
<b>Cramer V</b>	
0,402	

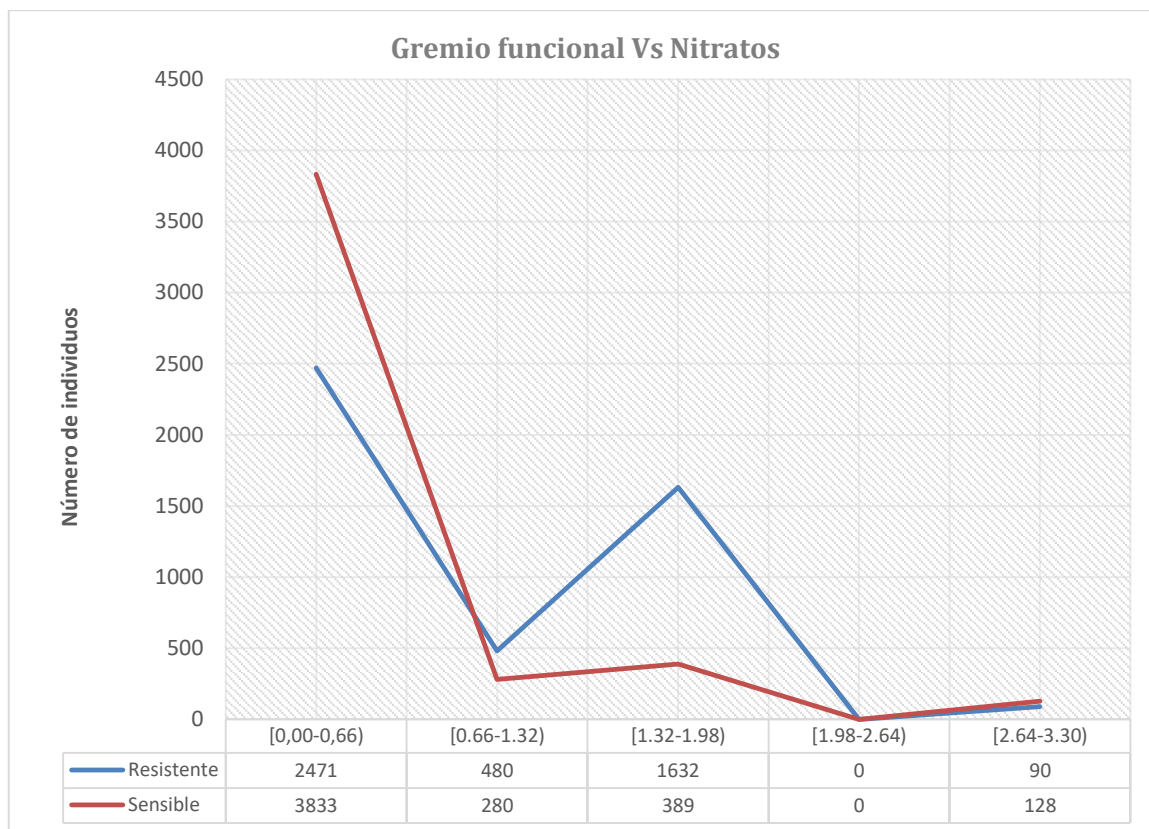
**Tabla 53:** Análisis de Variación: Gremio funcional según los nitratos

**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según los Nitratos**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. títp.	C.V
Resistente	4	2381	90	2471	1168.25	1087.59	93%
Sensible	4	3705	128	3833	1157.5	1786.88	154%



**Figura 30:** Comparativo de los Gremios funcionales según los nitratos



**Figura 31:** Variación del Gremio funcional según los nitratos

**Tabla 54:** Prueba Chi-Cuadrado: Nitratos vs gremio funcional

Valores observados			
Nitratos Vs Gremio funcional	Gremio funcional		Total
	Resistente	Sensible	
[0,00-0,66)	2471	3833	6304
[0,66-1,32)	480	280	760
[1,32-1,98)	1632	389	2021
[1,98-2,64)	0	0	0
[2,64-3,30)	90	128	218
Total	4673	4630	9303

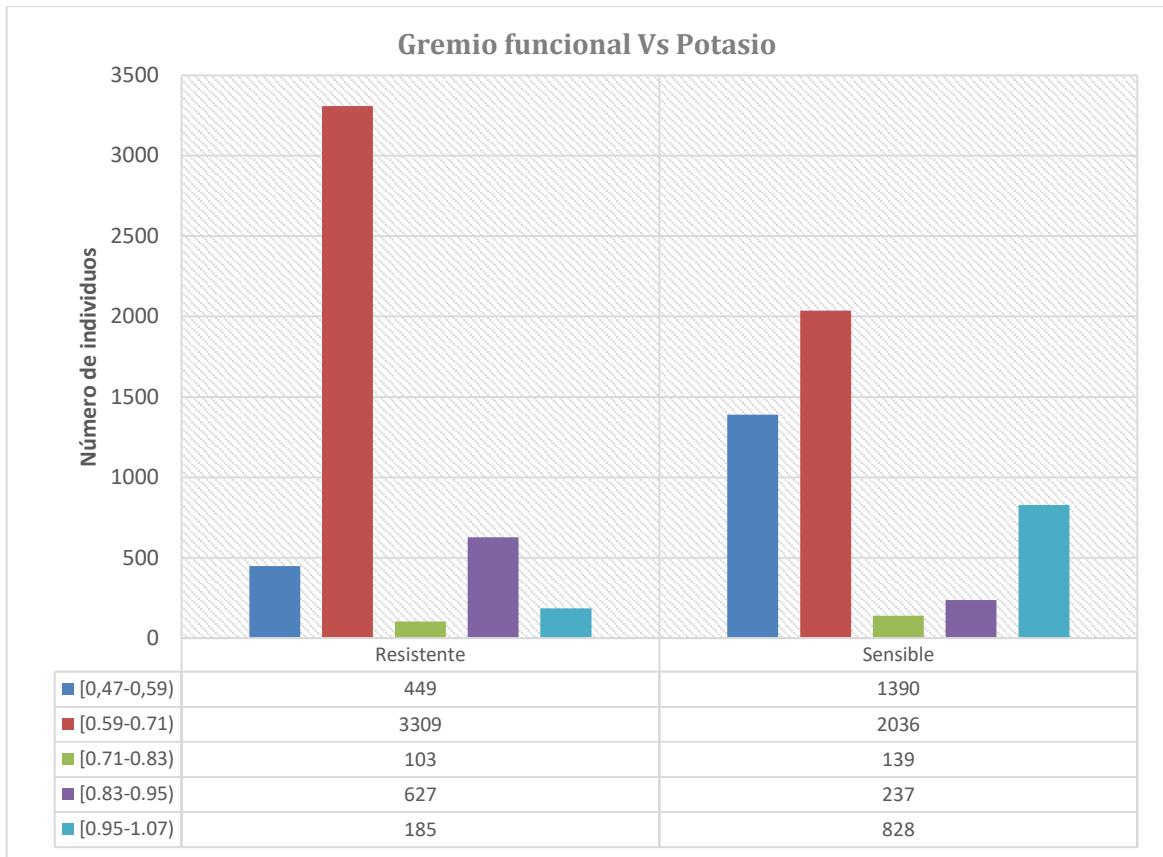
Donde	G.L=3		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 7,815$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 1117,842$		

<b>C pearson</b>	<b>V MAX</b>
0,328	0,707
<b>Cramer V</b>	
0,347	

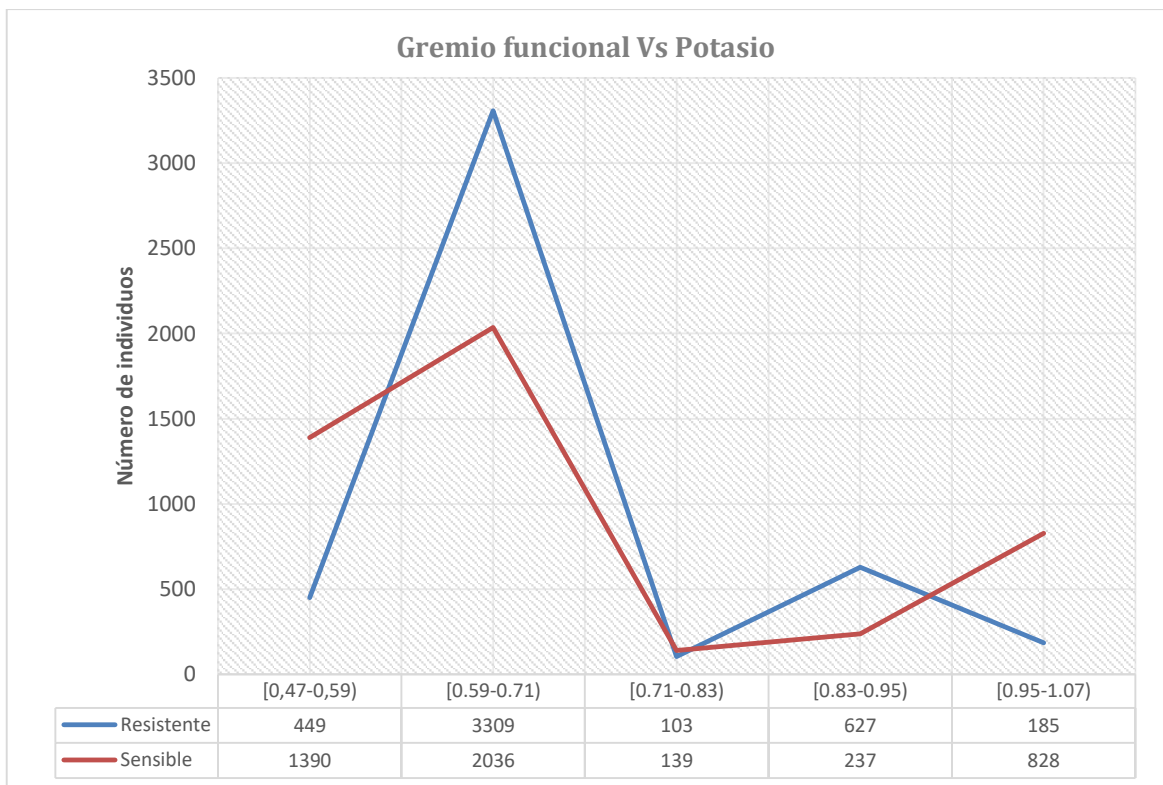
**Tabla 55:** Análisis de Variación: Gremio funcional según el potasio

**Variación de los invertebrados por Gremio funcional según el Potasio**

Gremio funcional	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Resistente	5	3206	103	3309	934.6	1343.7	144%
Sensible	5	1897	139	2036	926	798.6	86%



**Figura 32:** Comparativo de los Gremios funcionales según el potasio



**Figura 33:** Variación del Gremio funcional según el potasio

**Tabla 56:** Prueba Chi-Cuadrado: Potasio vs gremio funcional

Valores observados			
Potasio Vs Gremio funcional	Gremio funcional		
Potasio	Resistente	Sensible	Total
[0,47-0,59)	449	1390	1839
[0.59-0.71)	3309	2036	5345
[0.71-0.83)	103	139	242
[0.83-0.95)	627	237	864
[0.95-1.07)	185	828	1013
Total	4673	4630	9303

Donde	G.L=4		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 9,488$	H0 se rechaza	Variables Dependientes
Resultado	$X^2(0)= 1374,058$		

<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.359	0.707
<b>Cramer V</b>	
0,384	

**Tabla 57:** Frecuencia del Gremio Espacial o de Hábitat

FRECUENCIA (GREMIO ESPACIAL O DE HÁBITAT)					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bentónicos o Arrastradores CL 1 (Benthic)	37	63.8	63.8	63.8
	Agarradores o Fijadores temporales TA 1 (Clingers)	8	13.8	13.8	77.6
	Nadadores o nadadores en la superficie SwS (Swimmers)	2	3.4	3.4	81
	Buzos o Nadadores en toda la columna de agua SwW (Divers)	7	12.1	12.1	93.1
	Excavadores o Cavadores endobenticos EnB (Burrowers)	2	3.4	3.4	96.6
	Patinadores (Skaters)	2	3.4	3.4	100
	Total	58	100	100	

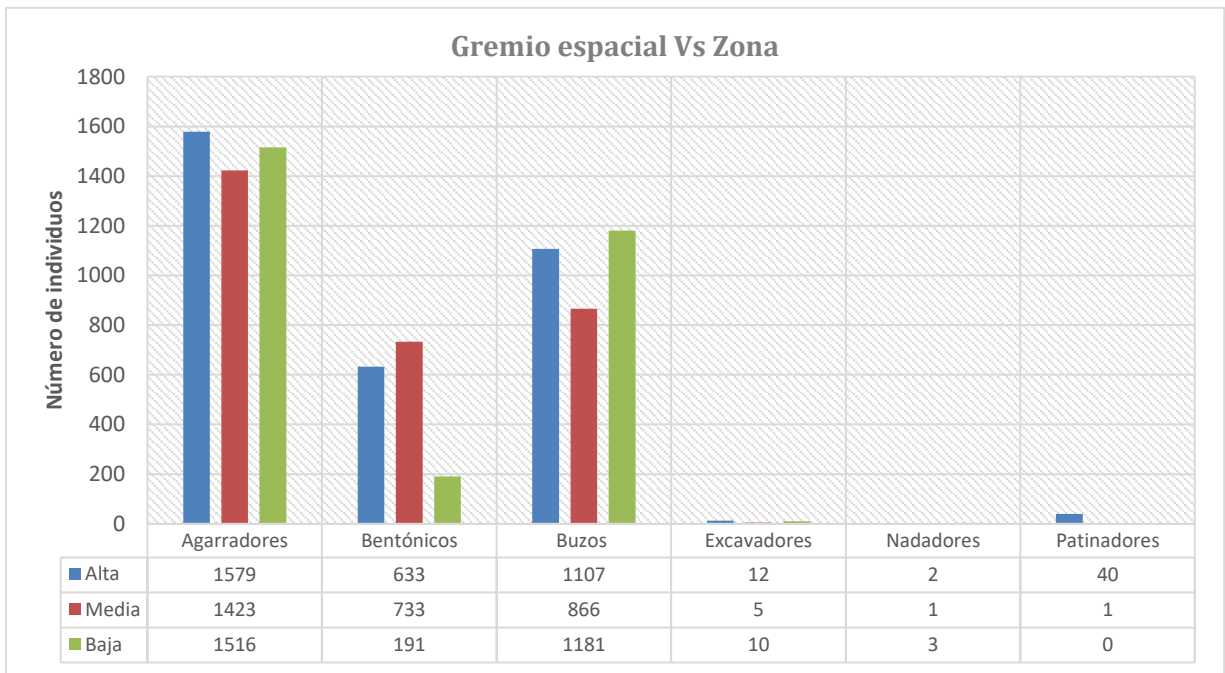
**Tabla 58:** Frecuencia del Gremio Trófico o Alimenticio

FRECUENCIA (GREMIO TRÓFICO O ALIMENTICIO)					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Ectoparásitos o Epa (Ectoparasites)	2	3.4	3.4	3.4
	Colectores o Detritívoros o Colectores acumuladores CG (Collectors)	11	19	19	22.4
	Depredadores (Predators)	18	31	31	53.4
	Trituradores (Shredders)	5	8.6	8.6	62.1
	Omnívoros (Omnivores)	7	12.1	12.1	74.1
	Carroñeros o raspador (Scavengers)	9	15.5	15.5	89.7
	Plantónicos (Plantonic)	1	1.7	1.7	91.4
	Filtradores (Filterers)	1	1.7	1.7	93.1
	Herbívoros (Herbivores)	4	6.9	6.9	100
	Total	58	100	100	

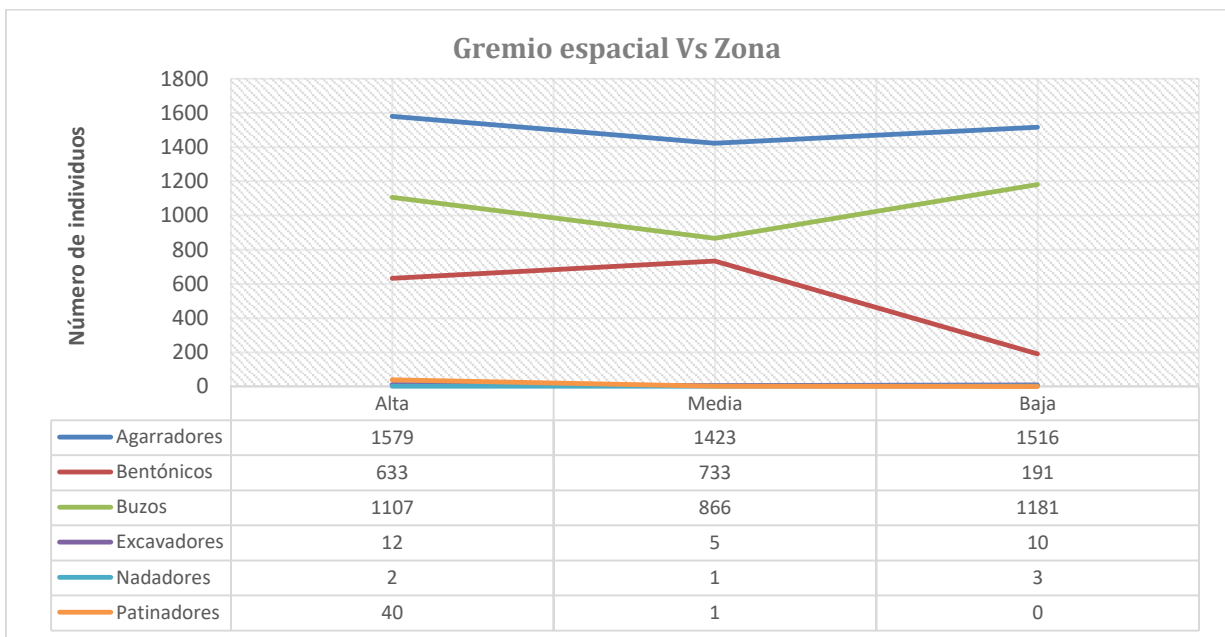
**Tabla 59:** Análisis de Variación: Gremio espacial (o de hábitat) según la zona de la cuenca

**Variación de los invertebrados por gremio espacial del individuo según la zona**

Gremio espacial	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Agarradores	3	156	1423	1579	1506	78	5%
Bentónicos	3	542	191	733	519	288	56%
Buzos	3	315	866	1181	1051.3	165	16%
Excavadores	3	7	5	12	9	4	40%
Nadadores	3	2	1	3	2	1	50%
Patinadores	3	40	0	40	13.7	23	167%



**Figura 34:** Comparativo del Gremio espacial (o de hábitat) según la zona de la cuenca



**Figura 35:** Variación del Gremio espacial (o de hábitat) según la zona de la cuenca

**Tabla 60:** Prueba Chi-Cuadrado: Zona de la cuenca vs Gremio espacial (o de hábitat)

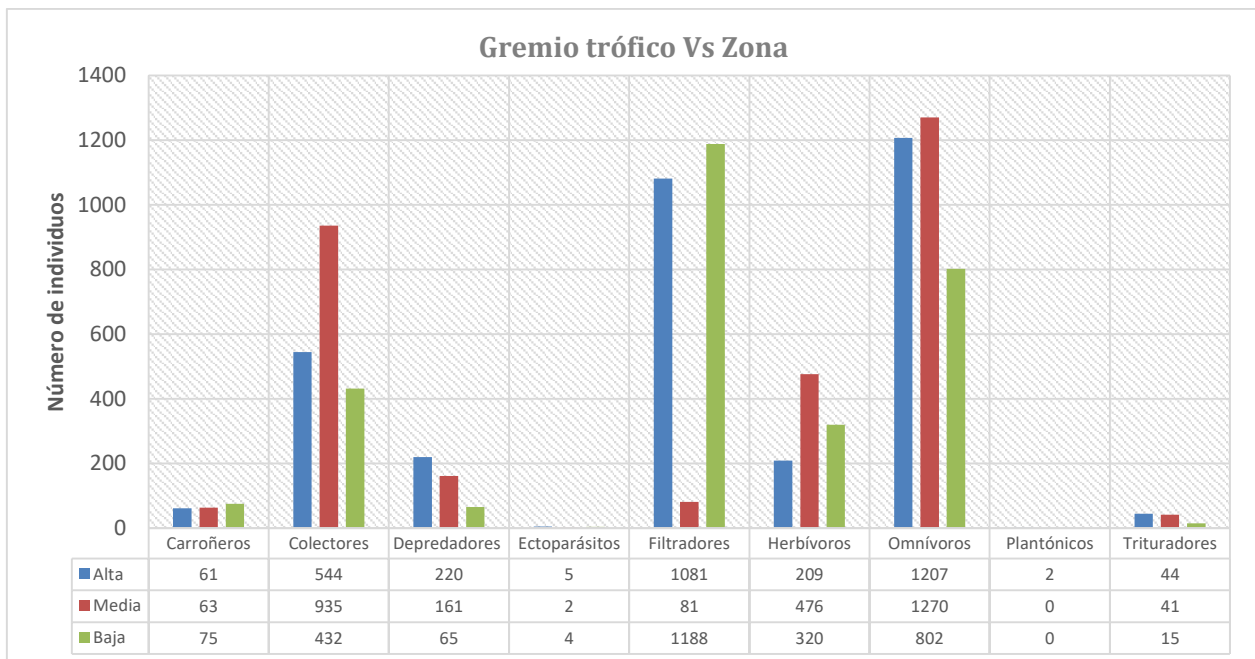
Valores observados							
Zona Vs Gremio espacial	Gremio espacial (o de hábitat)						Total
Zona	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores	Total
Alta	1579	633	1107	12	2	40	3373
Media	1423	733	866	5	1	1	3029
Baja	1516	191	1181	10	3	0	2901
Total	4518	1557	3154	27	6	41	9303

Donde	G.L=10	H0 se rechaza	Variables Dependientes
$\alpha=0.05$	$X^2(1)=18,307$		
Resultado	$X^2(0)=435,946$		

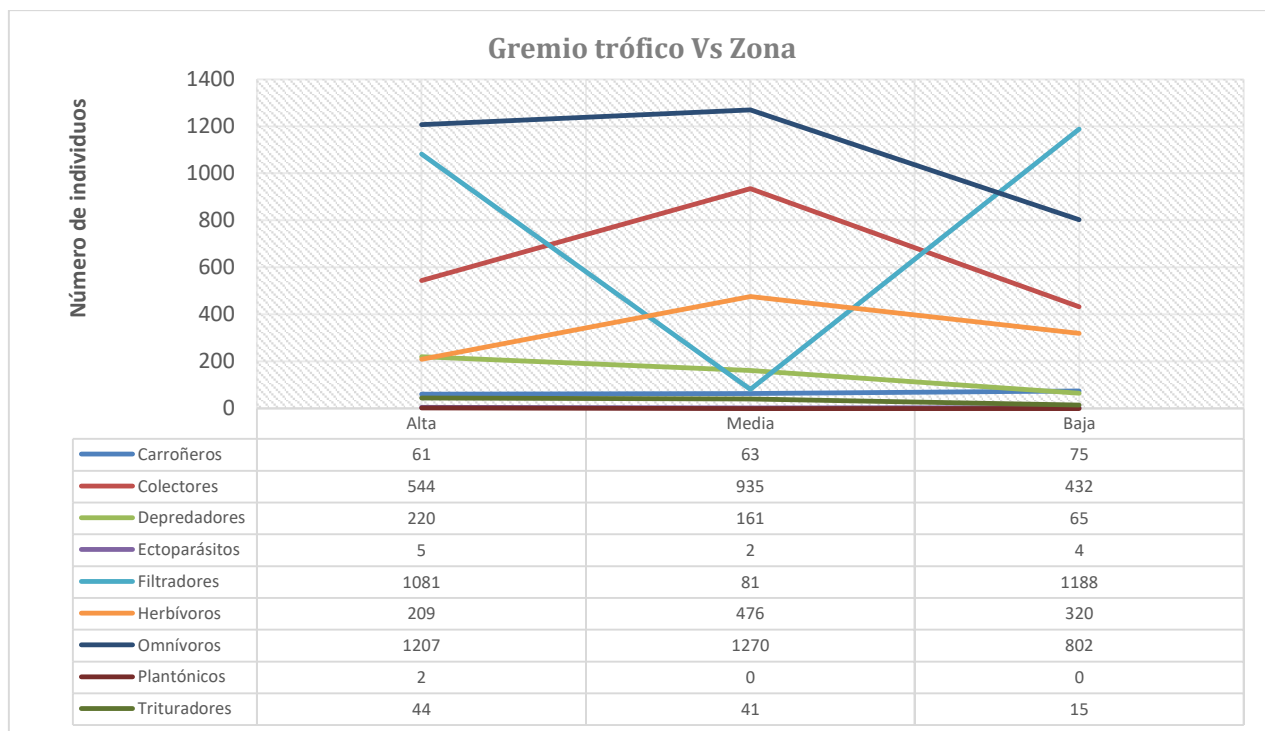
<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.212	0.816
<b>Cramer V</b>	
0.153	

**Tabla 61:** Análisis de Variación: Gremio trófico (o alimenticio) según la zona de la cuenca

Gremio trófico	Variación de los invertebrados por gremio trófico según la zona						
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Carroñeros	3	14	61	75	66	8	11%
Colectores	3	503	432	935	637	264	41%
Depredadores	3	155	65	220	149	78	53%
Ectoparásitos	3	3	2	5	4	2	42%
Filtradores	3	1107	81	1188	783	611	78%
Herbívoros	3	267	209	476	335	134	40%
Omnívoros	3	468	802	1270	1093	254	23%
Plantónicos	3	2	0	2	1	1	173%
Trituradores	3	29	15	44	33	16	48%



**Figura 36:** Comparativo del Gremio trófico (o alimenticio) según la zona de la cuenca



**Figura 37:** Variación del Gremio trófico (o alimenticio) según la zona de la cuenca

**Tabla 62:** Prueba Chi-Cuadrado: Zona de la cuenca vs Gremio trófico (o alimenticio)

Valores observados

Zona Vs Gremio trófico	Gremio trófico (o alimenticio)									
	Carroñeros	Colectores	Depredadores	Ectoparásitos	Filtradores	Herbívoros	Omnívoros	Plantónicos	Trituradores	Total
Alta	61	544	220	5	1081	209	1207	2	44	3373
Media	63	935	161	2	81	476	1270	0	41	3029
Baja	75	432	65	4	1188	320	802	0	15	2901
Total	199	1911	446	11	2350	1005	3279	2	100	9303

Donde	G.L.=18		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)=28,869$	$H_0$ se rechaza	Variables Dependientes
Resultados	$X^2(0)= 1494,007$		

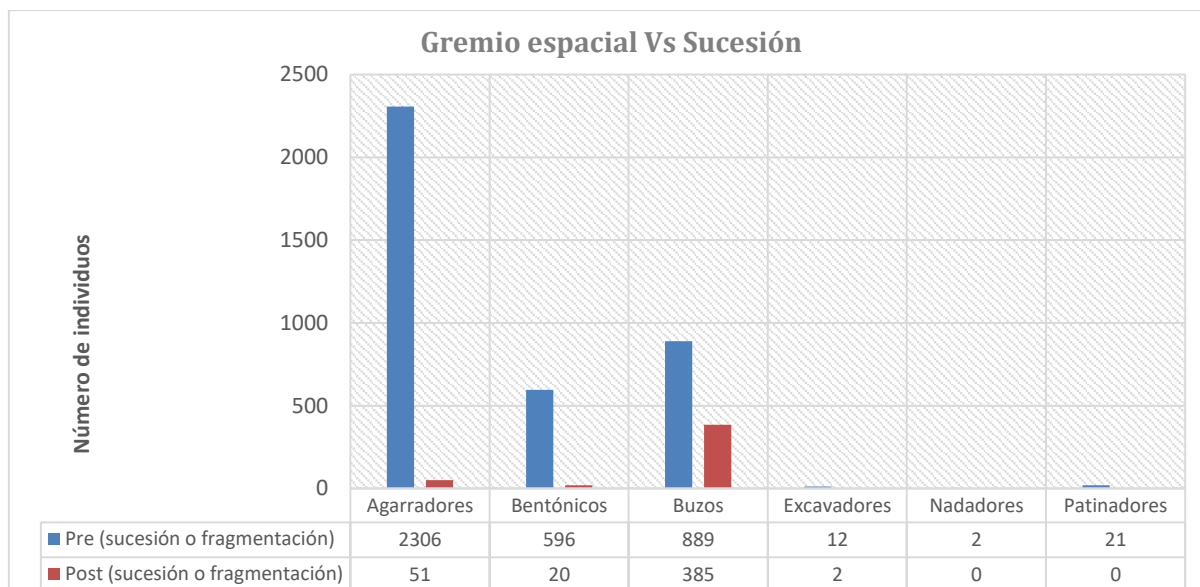
<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.372	0.816
<b>Cramer V</b>	
0.283	

**Tabla 63:** Análisis de Variación: Gremio espacial (o de hábitat) según el evento de sucesión (o fragmentación)

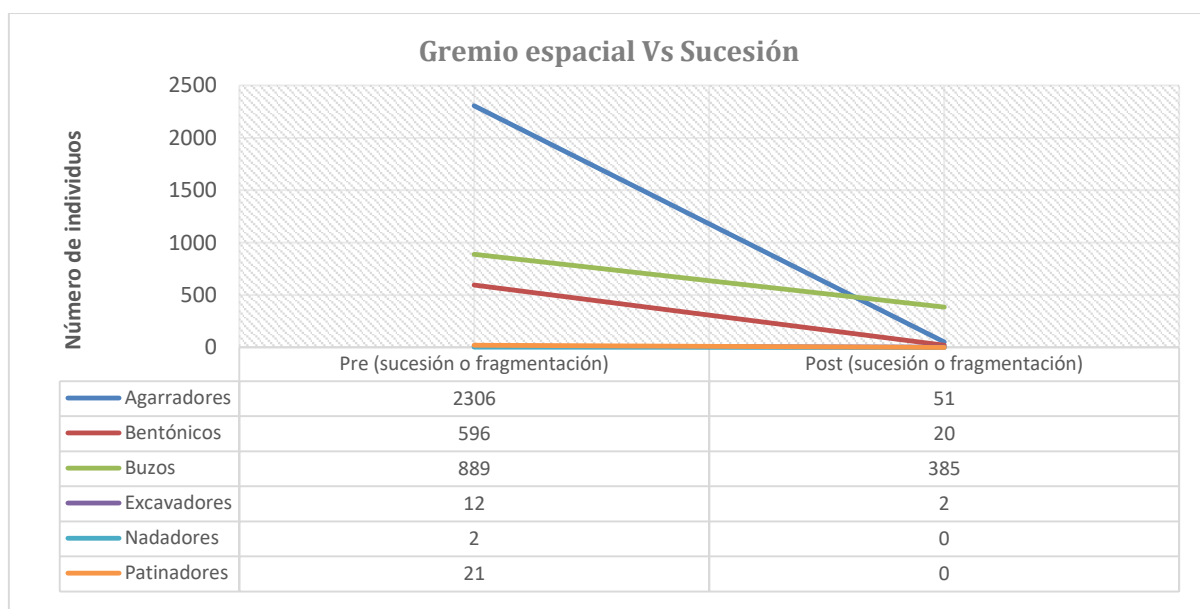
**Variación de los invertebrados por gremio espacial del individuo según la sucesión**

Gremio espacial	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Agarradores	2	2255	51	2306	1179	1595	135%
Bentónicos	2	576	20	596	308	407	132%
Buzos	2	504	385	889	637	356	56%
Excavadores	2	10	2	12	7	7	101%
Nadadores	2	2	0	2	1	1	141%
Patinadores	2	21	0	21	11	15	141%





**Figura 38:** Comparativo del Gremio espacial (o de hábitat) según el evento de sucesión (o fragmentación)



**Figura 39:** Variación del Gremio espacial (o de hábitat) según el evento de sucesión (o fragmentación)

**Tabla 64:** Prueba Chi-Cuadrado: Evento de sucesión (o fragmentación) vs Gremio espacial (o de hábitat)

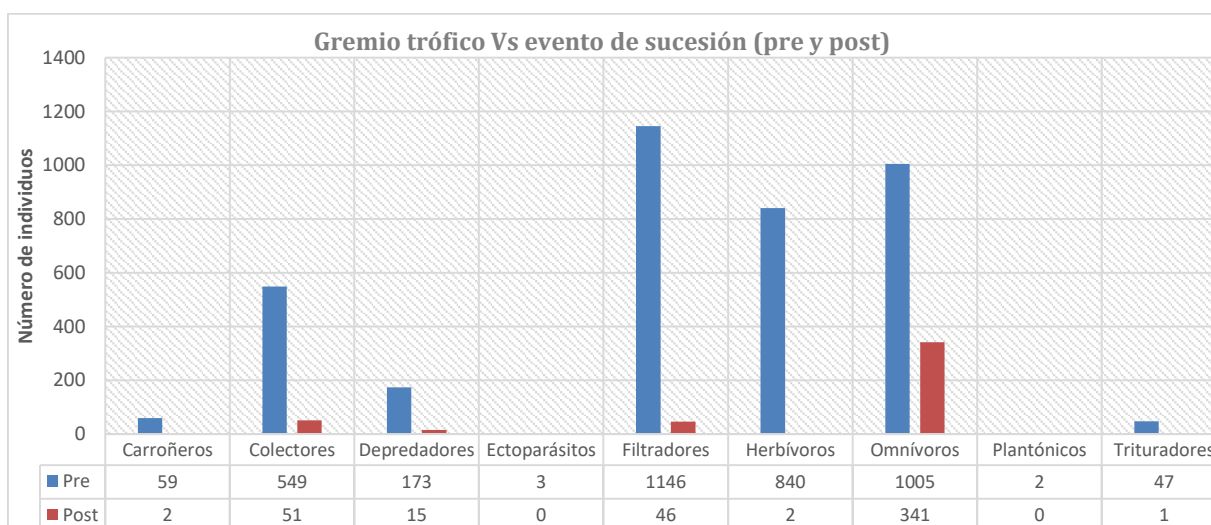
Valores observados							
Sucesión Vs Gremio espacial	Gremio espacial o de hábitat						Total
	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores	
Pre (sucesión o fragmentación)	2306	596	889	12	2	21	3826
Post (sucesión o fragmentación)	51	20	385	2	0	0	458
Total	2357	616	1274	14	2	21	4284

Donde	G.L= 5		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 11,070$	$H_0$ se rechaza	variables dependientes
Resultado	$X^2(0)= 727,067$		

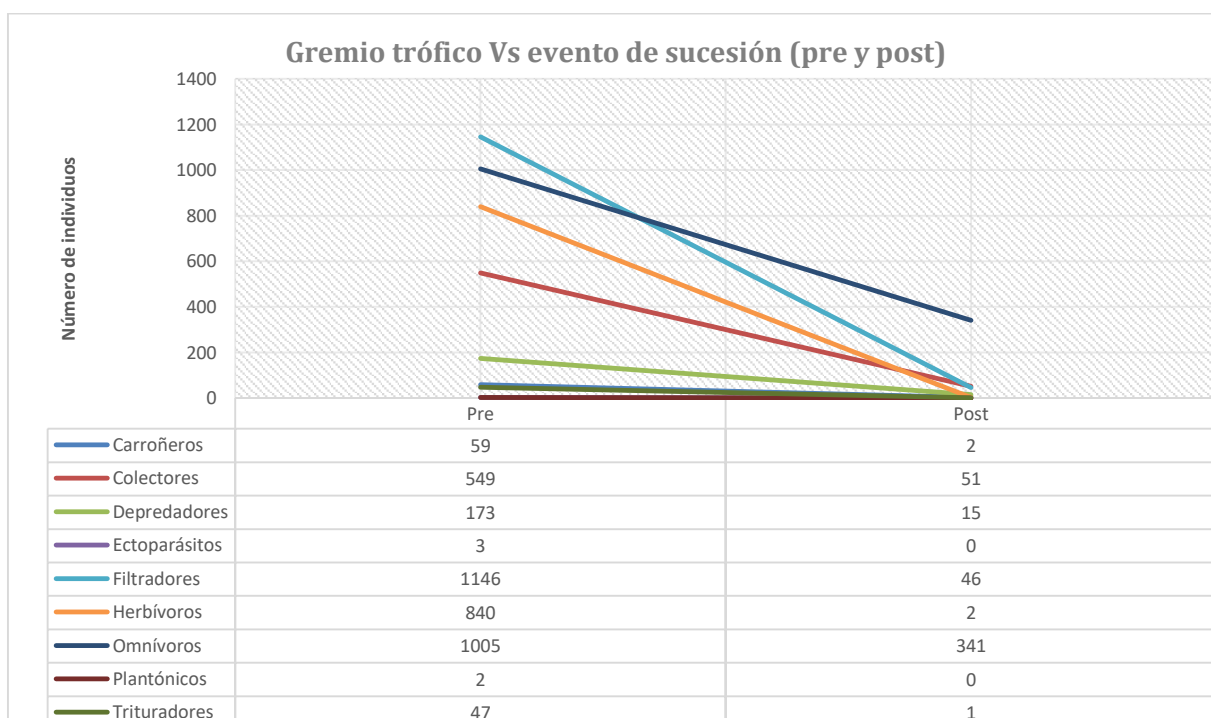
<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.381	0.707
<b>Cramer V</b>	
0.412	

**Tabla 65:** Análisis de Variación: Gremio trófico (o alimenticio) según el evento de sucesión (o fragmentación)

Gremio trófico	Variación de los invertebrados por gremio trófico según la sucesión						
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	C.V
Carroñeros	2	57	2	59	31	40	132%
Colectores	2	498	51	549	300	352	117%
Depredadores	2	158	15	173	94	112	119%
Ectoparásitos	2	3	0	3	2	2	141%
Filtradores	2	1100	46	1146	596	778	131%
Herbívoros	2	838	2	840	421	593	141%
Omnívoros	2	664	341	1005	673	470	70%
Plantónicos	2	2	0	2	1	1	141%
Trituradores	2	46	1	47	24	33	136%



**Figura 40:** Comparativo del Gremio trófico (o alimenticio) según el evento de sucesión (o fragmentación)



**Figura 41:** Variación del Gremio trófico (o alimenticio) según el evento de sucesión (o fragmentación)

**Tabla 66:** Prueba Chi-Cuadrado: Evento de sucesión (o fragmentación) vs Gremio trófico (o alimenticio)

Valores observados

Sucesión Vs Gremio trófico	Gremio trófico o alimenticio									
	Carroñeros	Colectores	Depredadores	Ectoparásitos	Filtradores	Herbívoros	Omnívoros	Plantónicos	Trituradores	Total
Pre (sucesión o fragmentación)	59	549	173	3	1146	840	1005	2	47	3824
Post (sucesión o fragmentación)	2	51	15	0	46	2	341	0	1	458
Total	61	600	188	3	1192	842	1346	2	48	4282

Donde	G.L = 8		
$\alpha=0.05$	$X^2(1)= 15,507$	H0 se rechaza	variables dependientes
Resultado	$X^2(0)= 469,025$		

<b>C pearson</b>	<b>C MAX</b>
0.314	0.707
<b>Cramer V</b>	
0.331	

## ANEXO 16: Resumen de análisis estadísticos: dispersión y grado de asociación de datos

**Tabla 67:** Resumen Análisis de Variación de los gremios funcionales

	Numero de clases		Mínimo de individuos		Máximo de individuos		Rango		Media		Desviación estándar (típica)		Coeficiente de variación %		Dispersión de datos	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
<b>Zona de muestreo</b>	3	3	529	800	2101	2500	1572	1700	1558	1543	891	870	57%	56%	BV: MHh	BV: MHh
<b>Periodo de muestreo</b>	4	4	256	60	1974	1972	1718	1912	1120	1091	919	897	82%	82%	BV: MHh	BV: MHh
<b>Sucesión ecología</b>	2	2	398	60	1852	1972	1452	1912	1125	1016	1028	1352	91%	133%	BV: MHh	AV: MHh
<b>Método de muestreo</b>	2	2	1273	1562	3207	2801	1934	1239	2240	2182	1368	876	61%	40%	BV: MHh	BV: MHh
<b>Temperatura</b>	5	5	182	253	2054	1745	1872	1492	935	926	957	621	102%	67%	AV: MHh	BV: MHh
<b>pH</b>	7	7	101	60	1640	2688	1539	2628	668	661	659	920	99%	139%	BV: MHh	AV: MHh
<b>Oxígeno disuelto</b>	5	5	105	85	1767	2837	1662	2752	935	926	731	1108	78%	120%	BV: MHh	AV: MHh
<b>Salinidad</b>	6	6	126	4	1956	2399	1830	2395	779	772	892	903	115%	117%	AV: MHh	AV: MHh
<b>Sólidos totales disueltos</b>	6	6	93	27	1680	1654	1587	1627	778.8	771.7	747.7	676.8	96%	88%	BV: MHh	BV: MHh
<b>Nitratos</b>	4	4	90	128	2471	3833	2381	3705	1168	1158	1088	1787	93%	154%	BV: MHh	AV: MHh
<b>Potasio</b>	5	5	103	139	3309	2036	3206	1897	935	926	1344	790	144%	86%	AV: MHh	BV: MHh

Grupos funcionales (R= Resistente; S= Sensible)

Dispersión de datos (AV= Distribución hipere exponencial "alta varianza"; BV= Distribución de Erlang "baja varianza")

Dispersión de datos (HH= homogénea 0-10% poca dispersión; mHH= medianamente homogénea 10-33% dispersión aceptable; Hh= heterogénea 33-50% alta dispersión; MHh= muy heterogénea, >50% dispersión muy alta)

**Tabla 68:** Resumen Prueba Chi-Cuadrado en función de los gremios funcionales

	<b>Chi-cuadrado (calculado) X<sup>2</sup>(0)</b>	<b>G.L</b>	<b>Chi- Cuadrado (teorico) X<sup>2</sup>(1)</b>	<b>Hipótesis (Ho)</b>	<b>Conclusión de (in) dependencia</b>	<b>Coefficiente de contingencia (Pearson)</b>	<b>Coef. de contingencia corregido Ckorr</b>	<b>V Max</b>	<b>Coefficiente V Cramer</b>	<b>Grado de asociación de variables</b>
<b>Zona de muestreo</b>	2016.565	2	5.991	Se rechaza	Variables dependientes	0.422	0.597	0.707	0.466	Relación moderada
<b>Periodo de muestreo</b>	2001.51	3	7.815	Se rechaza	Variables dependientes	0.43	0.608	0.707	0.476	Relación moderada
<b>Sucesión ecología</b>	242.737	1	3.841	Se rechaza	Variables dependientes	0.232	0.328	0.707	0.238	Relación muy mínima o poco existente
<b>Método de muestreo</b>	55.358	1	3.841	Se rechaza	Variables dependientes	0.079	0.112	0.707	0.079	Relación muy mínima o poco existente
<b>Temperatura</b>	1937.418	4	9.488	Se rechaza	Variables dependientes	0.415	0.587	0.707	0.456	Relación moderada
<b>pH</b>	3441.795	6	12.592	Se rechaza	Variables dependientes	0.52	0.735	0.707	0.608	Relación moderada fuerte
<b>Oxígeno disuelto</b>	3097.443	4	9.488	Se rechaza	Variables dependientes	0.5	0.707	0.707	0.577	Relación moderada
<b>Salinidad</b>	1933.896	5	11.07	Se rechaza	Variables dependientes	0.415	0.587	0.707	0.456	Relación moderada
<b>Sólidos totales disueltos</b>	1504.757	5	11.07	Se rechaza	Variables dependientes	0.373	0.528	0.707	0.402	Relación casi moderada
<b>Nitratos</b>	1117.842	3	7.815	Se rechaza	Variables dependientes	0.328	0.464	0.707	0.347	Relación mínima moderada
<b>Potasio</b>	1374.058	4	9.488	Se rechaza	Variables dependientes	0.359	0.508	0.707	0.384	Relación mínima moderada

**Tabla 69:** Resumen Análisis de Variación de los Gremios espaciales (o de hábitat)

	Numero de clases						Mínimo de individuos						Máximo de individuos					
	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores
Zona de muestreo - gremio espacial	3	3	3	3	3	3	1423	191	866	5	1	0	1579	733	1181	12	3	40
Sucesión ecología - gremio espacial	2	2	2	2	2	2	51	20	385	2	0	0	2306	596	889	12	2	21

	Rango						Media					
	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores
Zona de muestreo - gremio espacial	156	542	315	7	2	40	1506	519	1051	9	2	14
Sucesión ecología - gremio espacial	2255	576	504	10	2	21	1179	308	637	7	1	11

	Desviación estándar (típica)						Coeficiente de variación %					
	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores
Zona de muestreo - gremio espacial	78	288	165	4	1	23	5%	56%	16%	40%	50%	167%
Sucesión ecología - gremio espacial	1595	407	356	7	1	15	135%	132%	56%	101%	141%	141%

	Dispersión de datos					
	Agarradores	Bentónicos	Buzos	Excavadores	Nadadores	Patinadores
Zona de muestreo - gremio espacial (o de hábitat)	BV: HH	BV: MHh	BV: mHH	BV: Hh	BV: Hh	AV: MHh
Sucesión ecología - gremio espacial (o de hábitat)	AV: MHh	AV: MHh	BV: MHh	AV: MHh	AV: MHh	AV: MHh

Dispersión de datos (AV= Distribución hiperexponencial "alta varianza"; BV= Distribución de Erlang "baja varianza")

Dispersión de datos (HH= homogénea 0-10% poca dispersión; mHH= medianamente homogénea 10-33% dispersión aceptable; Hh= heterogénea 33-50% alta dispersión; MHh= muy heterogénea, >50% dispersión muy alta)

**Tabla 70:** Resumen Análisis de Variación de los Gremios tróficos (o alimenticios)

	Número de clases									Mínimo de individuos								
	Carro ñeros	Colect ores	Depreda dores	Ectopar ásitos	Filtrad ores	Herbí voros	Omní voros	Plantó nicos	Tritura dores	Carro ñeros	Colect ores	Depreda dores	Ectopa rásitos	Filtrad ores	Herbí voros	Omní voros	Plantó nicos	Tritura dores
Zona de muestreo - gremio trófico o alimenticio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	61	432	65	2	81	209	802	0	15
Sucesión ecología - gremio trófico o alimenticio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	51	15	0	46	2	341	0	1
	Máximo de individuos									Rango								
	Carro ñeros	Colect ores	Depreda dores	Ectopar ásitos	Filtrad ores	Herbí voros	Omní voros	Plantó nicos	Tritur adores	Carro ñeros	Colect ores	Depreda dores	Ectopa rásitos	Filtrad ores	Herbí voros	Omní voros	Plantó nicos	Tritur adores
Zona de muestreo - gremio trófico o alimenticio	75	935	220	5	1188	476	1270	2	44	14	503	155	3	1107	267	468	2	29
Sucesión ecología - gremio trófico o alimenticio	59	549	173	3	1146	840	1005	2	47	57	498	158	3	1100	838	664	2	46
	Media									Desviación estándar (típica)								
	Carro ñeros	Colect ores	Depreda dores	Ectopar ásitos	Filtra dores	Herbí voros	Omní voros	Plantó nicos	Tritur adores	Carro ñeros	Colect ores	Depred adores	Ectopar ásitos	Filtra dores	Herbí voros	Omní voros	Plantó nicos	Triturad ores
Zona de muestreo - gremio trófico o alimenticio	66	637	149	4	783	335	1093	1	33	8	264	78	2	611	134	254	1	16
Sucesión ecológica - gremio trófico o alimenticio	31	300	94	2	596	421	673	1	24	40	352	112	2	778	593	470	1	33

«Continuación»

<b>Coefficiente de variación %</b>									
	Carroñeros	Colectores	Depredadores	Ectoparásitos	Filtradores	Herbívoros	Omnívoros	Plantónicos	Trituradores
Zona de muestreo - gremio trófico o alimenticio	11%	41%	53%	42%	78%	40%	23%	173%	48%
Sucesión ecológica - gremio trófico o alimenticio	132%	117%	119%	141%	131%	141%	70%	141%	136%

<b>Dispersión de datos</b>									
	Carroñeros	Colectores	Depredadores	Ectoparásitos	Filtradores	Herbívoros	Omnívoros	Plantónicos	Trituradores
Zona de muestreo - gremio trófico o alimenticio	BV: mHH	BV: Hh	BV: MHh	BV: Hh	BV: MHh	BV: Hh	BV: mHH	AV: MHh	BV: Hh
Sucesión ecología - gremio trófico o alimenticio	AV: MHh	AV: MHh	AV: MHh	AV: MHh	AV: MHh	AV: MHh	BV: MHh	AV: MHh	AV: MHh

Dispersión de datos (AV= Distribución hiperexponencial "alta varianza"; BV= Distribución de Erlang "baja varianza")

Dispersión de datos (HH= homogénea 0-10% poca dispersión; mHH= medianamente homogénea 10-33% dispersión aceptable; Hh= heterogénea 33-50% alta dispersión; MHh= muy heterogénea, >50% dispersión muy alta)

**Tabla 71:** Resumen Prueba Chi-Cuadrado en función de los Gremios Espaciales (o de hábitat) y Tróficos (o alimenticios)

	Chi-cuadrado (calculado) X <sup>2</sup> (0)	G.L	Chi-Cuadrado (teórico) X <sup>2</sup> (1)	Hipótesis (Ho)	Conclusión de (in) dependencia	Coefficiente de contingencia (Pearson)	Coef. de contingencia corregido Ckorr	V Max	Coefficiente V Cramer	Grado de asociación de variables
Zona de muestreo - gremio espacial	435.946	10	18.307	Se rechaza	Variables dependientes	0.212	0.260	0.816	0.153	Relación muy mínima o poco existente
Zona de muestreo - gremio trófico o alimenticio	1494.007	18	28.869	Se rechaza	Variables dependientes	0.372	0.456	0.816	0.283	Relación mínima y muy pobre relación entre variables
Sucesión ecología - gremio espacial	727.067	5	11.07	Se rechaza	Variables dependientes	0.381	0.539	0.707	0.412	Relación casi moderada
Sucesión ecología - gremio trófico o alimenticio	469.025	8	15.507	Se rechaza	Variables dependientes	0.314	0.444	0.707	0.331	Relación mínima y muy pobre relación entre variables



## ANEXO 17: Análisis de los índices de Biodiversidad alfa y beta

**Tabla 72:** Biodiversidad alfa por zona

ZONA	N°. Taxa	N°. individuos	ALFA ESPECÍFICO
			Shannon Weaver (H')
Alta	48	3373	3.37
Media	42	3029	3.35
Baja	40	2901	2.51

**Tabla 73:** Biodiversidad beta cualitativa por zona

ZONA	N°. Taxa	INDICES BETA CUALITATIVOS								
		Betasisimilitud-cualitativa (A/M)			Betasisimilitud-cualitativa (M/B)			Betasisimilitud-cualitativa (B/A)		
		(c)	Sorensen (Ss %)	Disimilitud (Ds %)	(c)	Sorensen (Ss %)	Disimilitud (Ds %)	(c)	Sorensen (Ss %)	Disimilitud (Ds %)
Alta	48	36	80	20						
Media	42				34	83	17			
Baja	40							32	73	27

**Tabla 74:** Biodiversidad beta cuantitativa por zona

ZONA	N°. individuos	INDICES BETA CUANTITATIVOS								
		Betasisimilitud-cuantitativa (A/M)			Betasisimilitud-cuantitativa (M/B)			Betasisimilitud-cuantitativa (B/A)		
		(w)	Bray-Curtis (Ss %)	Bray-Curtis (Ds %)	(w)	Bray-Curtis (Ss %)	Bray-Curtis (Ds %)	(w)	Bray-Curtis (Ss %)	Bray-Curtis (Ds %)
Alta	3373	1633	51	49						
Media	3029				1232	42	58			
Baja	2901							2460	78	22

**Tabla 75:** Biodiversidad alfa, beta (cualitativo y cuantitativo) por evento de sucesión ecológica

SUCESSION	N°. Taxa	N°. individuos	ALFA ESPECÍFICO	BETASIMILITUD-CUALITATIVA (Pr/Pt)			BETASIMILITUD-CUANTITATIVA (Pr/Pt)		
			Shannon Weaver (H')	(c)	Sorensen (Ss %)	Disimilitud (Ds %)	(w)	Bray-Curtis (Ss %)	Bray-Curtis (Ds %)
Pre	43	3824	3.24						
Post	23	458	1.59	20	61	39	3454	21	79