



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS Y AMBIENTALES**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**“MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES”**

**TEMA**

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL IMPACTO DE  
ACTIVIDADES DE SENDERISMO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE RÍOS  
Y ARROYOS EN EL BOSQUE PROTECTOR CHILLANES-BUCAY”**

**Autor:**

**BYRON LENIN FLORES RODRÍGUEZ**

**Dirigida por:**

**LUIS DOMÍNGUEZ GRANDA**

**Guayaquil - Ecuador**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A Lucila Rodríguez, por su apoyo incondicional,  
por ser mi pilar fundamental y quien dio luz a mi  
existencia.

## **AGRADECIMIENTO**

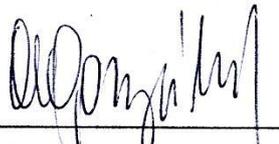
A Dios por darnos fortaleza e integridad para continuar cada día en nuestras vidas.

A mi Director por su incondicional apoyo a lo largo de todo el desarrollo del proyecto de graduación.

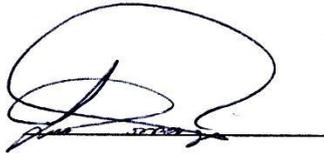
A la Familia Miguez Basurto, de la Finca Turística El Cadeal, por su apoyo y hospitalidad en aquellos momentos de recolección de datos en la fase de campo.

Agradecimiento especial a Ernesto Flores, Geraldine López y Miguel Miguez por su oportuna colaboración y tiempo que compartieron conmigo para la realización de este proyecto.

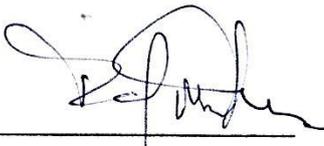
**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**



Olga González Sánchez, P.hD.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Luis Domínguez Granda, P.hD.  
DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADUACIÓN



David Matamoros Camposano, P.hD.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

**“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual de la misma, a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.**



---

**Byron Flores Rodríguez**

## RESUMEN

Las actividades de senderismo son capaces de perturbar hábitats, y ocasionar estrés a especies de fauna silvestre. En nuestro país hay varios destinos turísticos en los cuales se practica actividades de senderismo. Este estudio se lleva a cabo en las estribaciones de la cordillera de los Andes occidentales en Ecuador, entre las provincias de Guayas y Bolívar, en el Bosque Protector Chillanes-Bucay.

La localidad de Bucay se ha caracterizado por atraer turistas motivados por deportes extremos realizados en varios de sus cauces de aguas rápidas, como son el río Chimbo y Chanchan, pero en los últimos años las actividades de senderismo han incrementado en la zona de La Miran Baja, debido a que esta área cuenta con varias cascadas y caídas de agua, como la cascada Piedra Blanca, ubicada a 45 minutos desde Bucay donde se realiza cayoning (descenso de cascada), y la caída de agua El Deseo ubicada a 25 minutos desde la cabecera cantonal.

Desde el centro de Bucay, inician los traslados hacia las diferentes cascadas en diversos transportes como autos, buses de turismo y chivas. El tiempo de traslado oscila entre 25 y 45 minutos dependiendo el clima, y como es propio de aquella estribación de cordillera, hay ocasiones en la cual durante horas del día, las vías de acceso hacia los senderos y cascadas presentan una visibilidad reducida debido a la nubosidad. La mayoría de senderos se encuentran habilitados junto a pequeños riachuelos que bajan de las montañas, donde se registran pisadas humanas de grupos que oscilan desde 2 hasta 30 personas, por momentos, con mayores afluencias durante los fines de semana y feriados.

Los macroinvertebrados acuáticos representan una oportunidad para diagnosticar el estado y la calidad del agua de estos ambientes, y serán parte importante de este tema, donde se procederá a identificar los órdenes y familias presentes, su riqueza y abundancia, y a la vez se identificará que factores específicos estarían afectando la población de dichas comunidades de macro invertebrados, considerando no solo factores naturales sino además factores antropogénicos. De igual forma se diagnosticará la calidad del agua mediante la toma y análisis de parámetros físico-químicos.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ABREVIATURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
JUSTIFICACIÓN .....	xviii
HIPÓTESIS.....	xix
OBJETIVOS .....	xix
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO Y ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>21</b>
<b>1. Marco teórico.....</b>	<b>21</b>
<b>1.1 Impacto ambiental del senderismo.....</b>	<b>24</b>
<b>1.2 BOSQUE PROTECTOR CHILLANES – BUCAY.....</b>	<b>26</b>
<b>1.3 Uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de afectación ambiental en actividades de senderismo.....</b>	<b>29</b>
CAPÍTULO II .....	21
METODOLOGÍA .....	21
<b>2 Área de estudio.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Ubicación Puntos de muestreo .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Monitoreo ambiental.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.1 Toma de parámetros físico – químicos.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.2 Toma de muestras biológicas .....</b>	<b>25</b>

2.3	Índices Bióticos .....	30
2.3.1	Índice NEPBIOS. [Sharma, et al, 2006] .....	30
2.3.2	Índice BMWP. [Roldán, 2001] [Sánchez Arguello, 2008].....	32
2.4	Índices de diversidad.....	36
2.4.1	Índice Margalef .....	37
2.4.2	Shannon- Wiener.....	37
2.4.3	Índice Evenness .....	38
2.5	Análisis estadístico .....	39
CAPÍTULO III.....		21
RESULTADOS.....		21
3.1	Parámetros físico – químicos.....	21
3.1.1	Parámetros físico - químicos, época seca. ....	21
3.1.2	Parámetros físico - químicos, época lluviosa.....	24
3.2	Estadística básica descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones. Datos de época seca y lluviosa unificados. ....	27
3.2.1	Estadística básica descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones de <i>senderismo</i> . Datos de época seca y lluviosa unificados.....	27
3.2.2	Estadística básica descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones <i>de no senderismo</i> . Datos de época seca y lluviosa unificados.....	28
3.2.3	Comparaciones de parámetros químicos de las estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. ....	28
3.3	Resultados muestras biológicas.....	38
3.3.1	Muestras biológicas recolectadas en época seca.....	38
3.3.1.1	Comparación de número de individuos y taxa colectados con metodología red mano y sustrato artificial, época seca. ....	39
3.3.1.2	Medidas de riqueza, metodología red mano y sustrato artificial, época seca. ....	40
3.3.2	Muestras biológicas recolectadas en época lluviosa. ....	42
3.3.2.1	Comparación de número de individuos y taxa colectados con metodología red mano y sustrato artificial, época lluviosa. ....	43
3.3.2.2	Medidas de riqueza, metodología red mano y sustrato artificial, época lluviosa. ....	45
3.3.3	Abundancia de los principales ordenes de macroinvertebrados presentes en las estaciones muestreadas. ....	46

<b>3.4</b>	<b>Abundancia relativa de macroinvertebrados por estación y según método de recolección.....</b>	<b>49</b>
<b>3.5</b>	<b>Comparaciones de abundancia de ordenes entre estaciones de senderismo y de no senderismo. ....</b>	<b>52</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época seca.....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología sustrato artificial, época seca.....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época lluviosa.....</b>	<b>54</b>
<b>3.5.4</b>	<b>Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red sustrato artificial, época lluviosa.....</b>	<b>55</b>
<b>3.6</b>	<b>Relaciones entre las variables físico químicas y taxa. Según metodología de recolección y época de muestreo. ....</b>	<b>56</b>
<b>3.7</b>	<b>Resultados índices NEPBIOS y BMWP.....</b>	<b>63</b>
<b>3.7.1</b>	<b>NEPBIOS /ASPT - ÉPOCA SECA.....</b>	<b>63</b>
<b>3.7.2</b>	<b>NEPBIOS/ASPT – EPOCA LLUVIOSA.....</b>	<b>64</b>
<b>3.7.3</b>	<b>BMWP/ASPT – EPOCA SECA.....</b>	<b>65</b>
<b>3.7.4</b>	<b>BMWP/ASPT - EPOCA LLUVIOSA.....</b>	<b>66</b>
<b>3.8</b>	<b>Resultados Índices de diversidad.....</b>	<b>66</b>
<b>3.8.1</b>	<b>Índices de diversidad. Época seca - sustrato artificial.....</b>	<b>67</b>
<b>3.8.2</b>	<b>Índices de diversidad. Época seca – red de mano.....</b>	<b>67</b>
<b>3.8.3</b>	<b>Índices de diversidad. Época lluviosa - sustrato artificial.....</b>	<b>68</b>
<b>3.8.4</b>	<b>Índices de diversidad. Época lluviosa - red de mano. ....</b>	<b>69</b>
<b>3.9</b>	<b>Relaciones entre índices bióticos, diversidad y parámetros físico- químicos. Época seca. ....</b>	<b>70</b>
<b>3.10</b>	<b>Relaciones entre índices bióticos, diversidad y parámetros físico -químicos. Época lluviosa.....</b>	<b>72</b>
<b>3.11</b>	<b>Evaluación de intensidad turística en las estaciones monitoreadas.....</b>	<b>73</b>
<b>3.11.1</b>	<b>Comparación entre el número de taxa recolectado con red de mano y la intensidad de uso de sendero en época seca.....</b>	<b>75</b>
<b>3.11.2</b>	<b>Comparación entre el número de taxa recolectado con sustrato artificial y la intensidad de uso de sendero en época seca.....</b>	<b>76</b>

<b>3.11.3 Comparación entre el número de taxa recolectado con red de mano y la intensidad de uso de sendero en época lluviosa. ....</b>	<b>77</b>
<b>3.11.4 Comparación entre el número de taxa recolectado con sustrato artificial y la intensidad de uso de sendero en época lluviosa. ....</b>	<b>78</b>
<b>3.11.5 Comparaciones de abundancia del orden Amphipoda recolectado con red de mano y sustrato artificial, agrupados según intensidad de uso de sendero. Datos de época seca y lluviosa unificadas. ....</b>	<b>79</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>81</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA: .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>

## ABREVIATURAS

OMT	Organización Mundial del Turismo
pH	Potencial hidrógeno
OD	Oxígeno Disuelto
S	Estación donde se practica senderismo
NS	Estación donde no se practica senderismo
NEPBIOS	Nepalese Biotic Score
ASPT	Average Score per Taxon
BMWP	Biological Monitoring Working Party
BMWP/COL	Biological Monitoring Working Party para Colombia
BMWP/CR	Biological Monitoring Working Party para Costa Rica
ETP	Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Thichopera

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de deportes de turismo en Latino América.....	23
Tabla 2.-Impactos del senderismo en el medio Abiótico y Biótico. ....	25
Tabla 3.- Aspectos Físicos del Bosque Chillanes-Bucay.....	27
Tabla 4.- Uso del suelo en el Bosque Chillanes-Bucay. ....	27
Tabla 5.- Calidad del agua en el Bosque Chillanes - Bucay. ....	28
Tabla 6.- Codificación de las estaciones, coordenadas geográficas, y orden de río según Strahler. .....	21
Tabla 7.- NEPBIOS score, puntuación promedio según taxa y familia. (Sharma, et al, 2006). .	31
Tabla 8.- Rango de valores posibles NEPBIOS/ASPT y su interpretación. ....	32
Tabla 9.- BMWP/CR (Sánchez Arguello, 2008) y BMWP/COL (Roldán, 2001). Puntuación promedio según taxa y familia. ....	33
Tabla 10.- Clasificación de aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/ASPT (modificado Álvarez y Arango 2004) .....	36
Tabla 11.- Valores promedio, mínimos, máximos, y desviación estándar de los parámetros físico-químicos de las estaciones muestreadas. Época Seca. ....	22
Tabla 12.- Correlaciones Spearman entre las variables físico-químicas en época seca. ....	23
Tabla 13.- Valores promedio, mínimo y máximo de los parámetros físico-químicos de las estaciones muestreadas. Época lluviosa. ....	24
Tabla 14.- Correlaciones Spearman entre las variables físico-químicas en época lluviosa. ....	25
Tabla 15.- Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Parámetros considerados en el bosque Chillanes – Bucay. .....	26
Tabla 16.- Estadística descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones de senderismo. Datos de época seca y lluviosa unificados. ....	27
Tabla 17.- Estadística descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones de no senderismo, Datos de época seca y lluviosa unificados. ....	28
Tabla 18.- Número de individuos total y por orden presentes en las muestras colectadas con red de mano en cada una de las estaciones muestreadas en época seca. ....	38
Tabla 19.- Número de individuos total y por orden presentes en las muestras colectadas con sustrato artificial en cada una de las estaciones muestreadas en época seca.....	39
Tabla 20.- Medidas de abundancia, metodología red mano y sustrato artificial, época seca.....	39
Tabla 21.- EPT Taxa. Red de mano y sustrato artificial. Época seca. ....	41
Tabla 22.- Número de individuos total y por orden presentes en las muestras colectadas con red de mano en cada una de las estaciones muestreadas en época lluviosa. ....	42
Tabla 23.- Número de individuos total y por orden presentes en las muestras colectadas con sustrato artificial en cada una de las estaciones muestreadas en época lluviosa. ....	43
Tabla 24.- Medidas de abundancia, metodología red mano y sustrato artificial, época lluviosa.	44
Tabla 25.- EPT Taxa. Red de mano y sustrato artificial. Época lluviosa.....	45
Tabla 26.- Correlaciones Spearman, variables físico-químicas vs ordenes de macroinvertebrados recolectados con metodología de red de mano. Época seca.....	56
Tabla 27.- Correlaciones Spearman, variables físico-químicas vs ordenes de macroinvertebrados recolectados con metodología de sustrato artificial. Época seca. ....	58

Tabla 28.- Correlaciones Spearman, variables físico- químicas vs ordenes de macroinvertebrados recolectados con metodología de red de mano. Época lluviosa. ....	60
Tabla 29.- Correlaciones Spearman, variables físico- químicas vs ordenes de macroinvertebrados recolectados con metodología de sustrato artificial. Época lluviosa. ....	62
Tabla 30.- Valores NEPBIOS/ASPT metodología sustrato artificial y red de mano. Época seca. ....	63
Tabla 31.- Valores NEPBIOS/ASPT metodología sustrato artificial y red de mano. Época lluviosa. ....	64
Tabla 32.- Valores BMWP/ASPT metodología sustrato artificial y red de mano. Época seca. .	65
Tabla 33.- Valores BMWP/ASPT metodología sustrato artificial y red de mano. Época lluviosa. ....	66
Tabla 34.- Índice Margalef, Shannon-Wiener, Evenness. Época seca – sustrato artificial. ....	67
Tabla 35.- . Índice Margalef, Shannon-Wiener, Evenness. Época seca – red de mano. ....	67
Tabla 36.- Índice Margalef, Shannon-Wiener, Evenness. Época lluviosa – sustrato artificial. ..	68
Tabla 37.- Índice Margalef, Shannon-Wiener, Evenness. Época lluviosa - red de mano. ....	69
Tabla 38.- Correlaciones Spearman entre índices bióticos, diversidad y parámetros físico - químicos. Época seca. ....	71
Tabla 39.- Correlaciones Spearman. Índices bióticos, diversidad y parámetros químicos. Época lluviosa. ....	72
Tabla 40.- Promedio semanal de visitantes a las estaciones de senderismo. ....	74
Tabla 41.- Valores de los parámetros Físico Químicos. Época Seca. ....	97
Tabla 42.- Valores de los parámetros Físico - Químicos. Época lluviosa. ....	98
Tabla 43.- Macroinvertebrados clasificados por familia, recolectados con red de mano en época seca. ....	99
Tabla 44.- Macroinvertebrados clasificados por familia, recolectados con sustrato artificial en época seca. ....	100
Tabla 45.- Macroinvertebrados clasificados por familia, recolectados con red de mano en época lluviosa. ....	102
Tabla 46.- Macroinvertebrados clasificados por familia, recolectados con sustrato artificial en época lluviosa. ....	103

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Estaciones de muestreo. Bosque Chillanes - Bucay.....	23
Gráfico 2.- Red de mano para recolección de macroinvertebrados.....	26
Gráfico 3.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Fosfato en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas. ....	29
Gráfico 4.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Nitrito en estaciones de sendero versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.....	30
Gráfico 5.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Nitrato en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas. ....	31
Gráfico 6.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Turbidez en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas. ....	32
Gráfico 7.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Temperatura en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.	33
Gráfico 8.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Potencial de Hidrógeno (pH) en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas. ....	34
Gráfico 9.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Oxígeno Disuelto (OD) en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.....	35
Gráfico 10.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto (OD%) en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.....	36
Gráfico 11.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.....	37
Gráfico 12.- Abundancia de macroinvertebrados. Metodología de red de mano y sustrato artificial. Época seca.....	40
Gráfico 13.- Abundancia de macroinvertebrados. Metodología de red de mano y sustrato artificial. Época lluviosa.....	44
Gráfico 14.- Abundancia de Ephemeroptera en las estaciones muestreadas.....	46
Gráfico 15.- Abundancia de Trichoptera en las estaciones muestreadas.....	47

Gráfico 16.- Abundancia de Díptera en las estaciones muestreadas. ....	47
Gráfico 17.- Abundancia de Plecóptera en las estaciones muestreadas. ....	48
Gráfico 18.- Abundancia de Amphipoda en las estaciones muestreadas. ....	48
Gráfico 19.- Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación seca – sustrato artificial.....	49
Gráfico 20.- Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación seca – red de mano. ....	50
Gráfico 21.- Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación lluviosa – sustrato artificial.....	51
Gráfico 22.- Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación lluviosa – red de mano.....	52
Gráfico 23.- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época seca.....	53
Gráfico 24.- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología sustrato artificial, época seca.....	54
Gráfico 25.- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época lluviosa. ....	55
Gráfico 26.- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología sustrato artificial, época lluviosa. ....	55
Gráfico 27.- Correlación entre la variable física Profundidad y el número de individuos del orden Plecóptera, capturados con la metodología red de mano, época seca.....	57
Gráfico 28.- Correlación entre Fosfato y el número de individuos del orden Díptera, capturados con la metodología red de mano, época seca. ....	57
Gráfico 29.- Correlación entre el número de individuos del orden Onodata, capturados con la metodología red de mano y las variables Nitrato, Profundidad aproximada y DBO <sub>5</sub> , época seca. ....	59
Gráfico 30.- Correlación entre Nitrato y el número de individuos del orden Amphipoda (No insectos), capturados con la metodología red de mano, época lluviosa. ....	61
Gráfico 31.- Correlación entre Velocidad y el número de individuos del orden Plecóptera, capturados con la metodología de sustrato artificial, época lluviosa.....	62
Gráfico 32.- Correlación entre la variable Fosfato y el número de individuos del orden Coleóptera, capturados con la metodología de sustrato artificial, época lluviosa. ....	63
Gráfico 33.- Índices de diversidad. Época seca - sustrato artificial.....	67

Gráfico 34.- Índices de diversidad. Época seca - red de mano.....	68
Gráfico 35.- Índices de diversidad. Época lluviosa - sustrato artificial.....	69
Gráfico 36.- Índices de diversidad. Época lluviosa - red de mano. ....	70
Gráfico 37.- Relaciones entre el parámetro DBO <sub>5</sub> y el índice BMWP ASPT COL - Sustrato artificial. Época seca.....	71
Gráfico 38.- Relaciones entre el parámetro Turbidez y el índice BMWP ASPT COL – Sustrato artificial. Época lluviosa. ....	73
Gráfico 39.- Diagrama de cajas del número de taxa recolectado con red de mano agrupados según intensidad de uso de sendero. Época seca.....	75
Gráfico 40.- Diagrama de cajas del número de taxa recolectado con sustrato artificial agrupados según intensidad de uso de sendero. Época seca.....	76
Gráfico 41.- Diagrama de cajas del número de taxa recolectado con red de mano agrupados según intensidad de uso de sendero. Época lluviosa. ....	77
Gráfico 42.- Diagrama de cajas del número de taxa recolectado con sustrato artificial agrupados según intensidad de uso de sendero. Época lluviosa. ....	78
Gráfico 43.- Comparación de abundancia del orden Amphipoda recolectado con red de mano, agrupados según intensidad de uso de sendero. Épocas secas y lluviosas unificadas. ....	79
Gráfico 44.- Comparación de abundancia del orden Amphipoda recolectado con sustrato artificial, agrupados según intensidad de uso de sendero. Épocas secas y lluviosas unificadas. ....	80

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- Red de mano empleada en toma de muestras biológicas .....	26
Imagen 2.- Sustrato artificial sumergido en uno de los puntos muestreados en el Bosque Chillanes- Bucay.....	29
Imagen 3.- Mecanismo de captación de agua para consumo humano, en el bosque Chillanes-Bucay.....	82
Imagen 4.- Acumulación de rocas en la cascada Piedra Blanca, para fines de balneario. .....	84
Imagen 5.- Sendero el Progreso, visitantes del Tren de la Dulzura.....	87

## INTRODUCCIÓN

El Bosque Protector Chillanes-Bucay ubicado en las cercanías del cantón general Antonio Elizalde Bucay, entre las provincias de Guayas y Bolívar, durante el transcurso de los últimos años ha experimentado un incremento en la afluencia de visitantes debido a actividades de ecoturismo, motivados por senderismo, avistamiento de cascadas, observación de aves, campamentos y deportes extremos como el cayoning. Esto, sumado a la presencia de cultivos de banano, caña de azúcar, pasto para actividad ganadera y descargas domésticas provenientes de viviendas, estarían contribuyendo a una posible degradación de la calidad del agua de los ríos y arroyos locales.

Mediante un análisis de un conjunto de parámetros básicos de calidad de agua, indicadores de intensidad de actividad turística, determinación de especies de macroinvertebrados y su respectiva comparación con ambientes similares sin influencia humana, se establecerá el estado actual de estos hábitats y los factores que ocasionarían los posibles cambios.

Se establecieron 14 puntos de muestreo ubicados en el área de mayor actividad de ecoturismo, que serían los emprendimientos que muestran las cascadas y en los cuales se realizan actividades de senderismo, ubicados en la vía “La Esperanza” que parte desde Bucay con dirección a la Miran Alta. De los 14 puntos propuestos, 7 representan lugares donde se realiza senderismo (caminatas hacia balnearios de caídas de agua, río o cascada); y 7 representan lugares donde no se realizan visitas de turismo ni actividades de senderismo, este diseño pretende comparar en ambos casos los resultados de parámetros físico-químicos básicos de calidad de agua y abundancia de macroinvertebrados acuáticos. Los muestreos para este estudio se los realizó en las estaciones seca y lluviosa, para ampliar el área de análisis de espacial a temporal.

### ***Turismo, industria de servicios y su afectación ambiental***

*En turismo, los impactos son provocados por el uso recreativo, que son funciones del número de personas y más aún, de su comportamiento. ( Azizi Jalilian, Danehkar b, Shaban Ali Fami, 2011)*

## JUSTIFICACIÓN

Tomando en cuenta que la afluencia de turistas incrementa año a año, es importante realizar este tipo de estudios, que cuantifiquen, y registren el estado actual del recurso, esto ayudará a mejorar la planificación territorial y turística de las localidades ubicadas en el área de influencia.

El aumento de visitantes a esta área de Ecuador, se ha potencializado y maximizado por el Tren de la Dulzura, tramo férreo disponible desde el año 2013. Este recorrido turístico disponible de jueves a domingo traslada a Bucay, un promedio de 90 personas al día, estadística directamente relacionada con meses de temporada alta de turismo. En adición se conoce que dichos visitantes se desplazan en chiva varios kilómetros arriba del lado de Bucay, por la vía La Esperanza, donde realizan actividades de visita a comunidades, senderismo, observación de cascadas, canopy y cayoning.

Registrar el estado actual de los recursos hídricos y hábitat en el bosque seleccionado, facilitará a futuros estudios, el establecimiento de relaciones de causa-efecto de posibles afectaciones ambientales.

Con este tema se identificará la posible afectación ocasionada por agricultura y actividades recreacionales, evaluando la calidad del agua y diversidad de especies de macroinvertebrados béticos presentes en los manantiales y ríos superficiales del Bosque Protector Chillanes-Bucay, la observación de estos ambientes oscilará entre los 550 y 1440 m.s.n.m.

Según Escarpinati, Siqueira, Barroso y Oliveira Roque (2014), las actividades de baño, y pisoteo en balnearios, que se llevan a cabo por los numerosos visitantes en los recursos de agua, podrían alterar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados. Si se adiciona a esto visitas diarias, no hay tiempo suficiente para que exista la regeneración de estas comunidades.

*La biodiversidad, incluyendo la riqueza de especies, uniformidad, y la diversidad, es una característica importante de la vegetación, paisaje y es atractivo para los turistas (Xiang 2010)*

Para la recolección de macroinvertebrados se emplearán dos métodos: red de mano y bolsas de sustrato artificial (*rocas de río*) a ser colonizadas a 16 días de sumergimiento.

Según Paul Elser (1999), la colonización de estratos artificiales para coleccionar macroinvertebrados, en estudios realizados en Alemania presentaron diferencias significativas de muestras tomadas en invierno y en verano. Estas tasas de colonización que variaron estacionalmente indican que las respuestas a perturbaciones de las especies en el bentos, varían a lo largo del año y durante el ciclo de vida de las mismas.

## **HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS PRINCIPAL**

Las actividades antropogénicas vinculadas al senderismo estarían degradando la calidad del agua y la diversidad de la fauna acuática en el Bosque Protector Chillanes - Bucay.

### **HIPÓTESIS SECUNDARIA**

Las actividades relacionadas al turismo en balnearios de río, afectan la abundancia de las comunidades de macro invertebrados acuáticos presentes.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la efectividad de la metodología propuesta como herramienta de evaluación del potencial impacto de las actividades de senderismo en el Bosque Chillanes - Bucay.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Levantar muestras de agua en 14 estaciones o sitios elegidos, en estación seca y lluviosa para determinar posibles afectaciones, como resultado del análisis y comparación de los parámetros evaluados.

Establecer la eficiencia de uso de bolsas rellenas de roca de río, llamadas sustrato artificial, para la recolección de especies de macroinvertebrados acuáticos, comparando su efectividad, con el uso de redes de mano para la misma finalidad.

Determinar las especies de macroinvertebrados acuáticos presentes en estos ecosistemas.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO Y ASPECTOS GENERALES

#### 1. Marco teórico

##### **Calidad del agua**

Los criterios de evaluación de calidad del agua están relacionados con el uso de la misma, por ejemplo si es para uso humano, o si es para hábitat de especies acuáticas, los parámetros y sus niveles serán variables. Actualmente hay indicadores físicos químicos y bioindicadores que proyectan la calidad del agua. Los ecosistemas tienen la capacidad de regenerarse por sí mismos, pero dependiendo de la intensidad de la fuente de contaminación, esto puede afectar la calidad del agua y las especies que dependen de ella.

Por lo general, la calidad de recursos hídricos se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

##### **Ecoturismo**

También conocido como turismo ecológico, se trata de una forma de turismo alternativo, que consiste en un desplazamiento a lugares no convencionales donde se pueda apreciar ambientes naturales y manifestaciones culturales.

El ecoturismo representa una opción viable de conservación del patrimonio natural y cultural de los pueblos, y trata de fomentar al mismo tiempo la noción de desarrollo económico sustentable. La Sociedad Internacional de Ecoturismo (TIES) define ecoturismo como *"un viaje responsable a áreas naturales que conservan el ambiente y mejoran el bienestar de la población local"*

Consiste en viajar por áreas naturales sin perturbarlas, con el fin de disfrutar, apreciar y estudiar tanto sus atractivos naturales (paisajes, flora y fauna silvestres), como las manifestaciones culturales que allí puedan encontrarse.

Por lo general el turismo ecológico se promueve como un turismo ético, el cual tiene entre sus objetivos el bienestar de las poblaciones locales, por lo cual el funcionamiento de las empresas y cooperativas que se dedican a ofrecer tal servicio buscan crear fuentes de empleo para las comunidades.

El ecoturismo se basa en siete principios que son:

1. Minimizar los impactos negativos, para el ambiente y para la comunidad, que genera la actividad.
2. Construir respeto, conciencia ambiental y cultural.
3. Proporcionar experiencias positivas tanto para los visitantes como para los anfitriones.
4. Proporcionar beneficios financieros directos para la conservación.
5. Proporcionar beneficios financieros y fortalecer la participación en la toma de decisiones de la comunidad local.
6. Crear sensibilidad hacia el clima político, ambiental y social de los países anfitriones.
7. Apoyar los derechos humanos universales y las leyes laborales.

### **Senderismo**

Se define como caminatas realizadas en sitios de montaña, que buscan el acercamiento de las personas para con el ambiente natural, patrimonio, elementos etnográficos, y culturales.

El senderismo se realiza sobre caminos balizados, preferentemente tradicionales, que se encuentran ubicados en el medio natural y el principal propósito es acercar a las personas al medio natural y adquirir conocimientos acerca del país a través de los elementos patrimoniales y etnográficos que caracterizan las sociedades preindustriales, recuperando el sistema de vías de comunicación.

Según la revista Deporte y Turismo, en latino América, destacan los deportes de turismo activo como el senderismo, la equitación y el rafting, juntos suman el 36% del total de la oferta, estos datos hacen referencia sobre las ofertas de los tour operadores.

**Tabla 1. Distribución de deportes de turismo en Latino América.**

<b>Distribución del deporte ofertado en circuitos</b>	
Senderismo	20,4%
Snorkel	18,3%
Equitación	9,5%
Rafting	6,4
Pesca	3,9
Deportes acuáticos	3,6
Catamarán	3,4
Trekking	3,0
4x4	2,8
Deportes náuticos	2,8
Submarinismo	2,6
Mountainbike	2,4
Resto	20,9

Fuente: OMT, deporte y turismo: destino América Latina, productos comercializados por tour operadores europeos.

*Cabe recalcar que en Ecuador aún no se realiza turismo de aventura, a gran escala, solo se evidencia una demanda interna en crecimiento.*

### **Lugares de Ecuador donde se practica senderismo:**

En Ecuador existen varias rutas de senderismo, entre las cuales se encuentran:

- Guagua - Rucu Pichincha - Cruz Loma (30 km.)
- Trek Achupallas – Ingapirca (39,52 km.)
- Ascensión Cotacachi (23,18 km.)
- El Cajas - Rutas 1 y 2 (9,54 km.)
- Mitad del Mundo - Pululahua – Pondoña (10,12 km.)
- Laguna Cuicocha (12,79 km.)
- Islas Galápagos: Sendero a Las Grietas (1,18 km.)
- Sendero de Shiwaloma (10,21 km.)
- Parque Nacional Yasuní (6,61 km.)
- Laguna Cuicocha (12,79 km.)

### **1.1 Impacto ambiental del senderismo.**

De entre las afectaciones visibles que produce el senderismo, o actividades de caminata, se tiene la presencia de los desechos que dejan los visitantes en los ecosistemas, así como también la compactación del suelo y la modificación del paisaje debido a la construcción del sendero( Randy Smith, 2002). La siguiente tabla muestra los impactos del senderismo en el medio Abiótico y Biótico de entre los cuales podemos mencionar la compactación del suelo, pérdida de cobertura vegetal, y perturbación a las especies de fauna.

**Tabla 2.-Impactos del senderismo en el medio Abiótico y Biótico.**

<b>Medio Abiótico</b>	Suelo	Relieve y topografía	Compactación
			Erosión
			Pérdida de materia orgánica
<b>Medio Biótico</b>	Vegetación	Herbácea y arbustiva	Perdida de cobertura vegetal
			Alteración de composición de especies
	Fauna	Invertebrados y peces	Mínima perturbación del hábitat
		Anfibios y reptiles	Modificación de conducta
		Aves y mamíferos	Modificación de conducta

Fuente: Manual de Ecología, Randy Smith (2002)

### **Impactos de la ganadería hacia la calidad del agua**

El agua es contaminada por excretas ganaderas directamente a través de escurrimientos, infiltraciones y percolación profunda en las granjas, e indirectamente por escorrentías y flujos superficiales desde zonas de pastoreo y tierras de cultivo (EPA, 2006). El nitrógeno es abundante en el estiércol, y está relacionado con la contaminación de aguas subterráneas por la lixiviación de nitrato a través del suelo, mientras que el fósforo del estiércol está relacionado con la contaminación de aguas superficiales (Miller, 2001; Reddy *et al.*, 1999).

Debido a que el fósforo en el agua no se considera directamente tóxico, no se han establecido niveles estándares en el agua potable. Sin embargo, el fósforo tiene un impacto ambiental importante en los recursos hídricos porque vertido directamente en las corrientes o aplicado en dosis excesivas en el suelo, estimula el proceso de

eutrofización el cual aumenta las plantas acuáticas, disminuye el oxígeno disuelto y varía el pH, afectando así la calidad del agua (EPA, 2000). Aunque no se ha reportado la concentración de nitrógeno y fósforo en los distintos cuerpos de agua, la cantidad de ellos lixiviados o arrastrados a mantos acuíferos depende de la precipitación (duración), la percolación (los suelos arenosos presentan altas tasas de percolación) y la pendiente del suelo por donde se desplazan las escorrentías (Nelson, 1999).

## 1.2 BOSQUE PROTECTOR CHILLANES – BUCAY

Fue declarado como Bosque Protector “Chillanes – Bucay” mediante el Acuerdo Ministerial No.27 del 10 de enero de 1989 y publicado en el Registro Oficial No. 112 del 19 de enero de 1989.

Está localizado en las estribaciones de la cordillera de los Andes en Ecuador, entre las Provincias de Guayas y Bolívar, cuenta con una superficie de 1918,27 has. Se encuentra entre el cantón General Antonio Elizalde (Bucay) de la provincia del Guayas y el cantón Chillanes de la Provincia de Bolívar.

Se accede al bosque citado por la vía la esperanza que inicia desde la cabecera cantonal de Bucay, a 6,5km de distancia desde la localidad. A continuación se detallan las coordenadas de los límites del Bosque Protector:

Vértices	CoordenadaX	CoordenadaY
Norte	705916.5533 W	9764965.9010 S
Sur	712124.3642 W	9761425.4681 S
Este	715239.9123 W	9763692.6402 S
Oeste	705419.8451 W	9763123.3182 S

## ASPECTOS FÍSICOS

El ministerio de ambiente, mediante un estudio llevado a cabo en el año 2014 denominado “modelos de funciones hidrológicas para Ecuador” con la asesoría de Manuel Peralvo y Javier Coello, presentaron la siguiente información referente a los aspectos físicos del Bosque Protector Chillanes – Bucay.

**Tabla 3.- Aspectos Físicos del Bosque Chillanes-Bucay.**

<b>ASPECTOS FÍSICOS DEL BOSQUE CHILLANES BUCAY</b>			
<b>Temperatura °C</b>			
Mínimo	Máximo	Rango	Media
17,28	23,15	5,87	20,41
<b>Topografía, Pendiente (%)</b>			
Mínimo	Máximo	Rango	Media
2,83	39,41	36,58	20,62
<b>Rangos de Altura (m.s.n.m.)</b>			
Mínimo	Máximo	Rango	Media
396,111	1665,780	1269,670	1037,840
<b>Precipitación (mm/año)</b>			
Mínimo	Máximo	Rango	Media
1030	2265	1235	1531.02

Fuente: WorldClim de 90 mts. Publicación realizada por MAE.

### Uso actual del suelo:

La siguiente tabla muestra que gran parte del suelo del bosque en estudio cuenta con cobertura vegetal propia de las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes de Ecuador. Según el MAE en dicho Bosque hay uso del suelo por actividad ganadera en bajo porcentaje.

**Tabla 4.- Uso del suelo en el Bosque Chillanes-Bucay.**

USO DEL SUELO	Has.	%
Ganadería	124,19	6,47
Cobertura Vegetal Natural	1794,11	93,53

Fuente: PROMSA 1:250000. Publicación realizada por MAE.

## SERVICIOS AMBIENTALES

La tabla a continuación muestra que gran parte de la superficie del Bosque Chillanes - Bucay cuenta con agua superficial de buena calidad, contribución ambiental importante debido a que de sus cauces ubicados a los 1500 m.s.n.m. se obtiene agua que se distribuye a las localidades cercanas, agua que no es sometida a procesos de potabilización.

**Tabla 5.- Calidad del agua en el Bosque Chillanes - Bucay.**

CALIDAD DE AGUA		
% De superficie con Calidad de agua Alta	% De superficie con Calidad de agua Medio	% De superficie con Calidad de agua Baja
99,24	0,76	0,00

Fuente: Implementación de Modelos de Funciones Hidrológicas para Ecuador y Colombia.- Peralvo Manuel, Coello Javier. 2014.

### Flora y Fauna del Bosque Protector Chillanes - Bucay.

Es posible encontrar las siguientes especies de flora: Anturio, Arrayán, Balsa, Bejuco de montaña, Caimito, Cauchillo Chilca, Chonta, Colca blanca, Copal, Duco, Figueroa, Frutipan, Guabo, Guarum, Helecho árbol, Huicundo, Jigua, Limoncillo, Matapalo, Piñán, Tagua, Manglillo, Moral, Naranjo de monte, Olivo, Palma, Palmito, Suro.

La fauna presente en el bosque de estudio está conformada en su mayoría de las siguientes especies:

#### Mamíferos:

Ardilla, Armadillo, Cervicabra, Chucurillo, Conejo, Guanta, Guatusa, Mono ardilla, Mono mico, Oso, Puma, Raposa, Rata, Ratón, Sajino, Tigrillo, Tuta mono, Venado, Zorro.

**Aves:**

Búho, Dios de té, Lechuza, Loro, Halcón, Gavilán, Pájaro carpintero, Pacharoco, Pascual, Pava de monte, Pava real, Perdíz, Predicador; Quinde, Tórtola.

### **1.3 Uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de afectación ambiental en actividades de senderismo.**

En un estudio realizado en un río de Alemania a finales de los 90, se recolectaron muestras de macroinvertebrados mediante el uso de canastas de sustrato artificial, rellenas de grava de río, simulando de esta forma los materiales presentes en el lugar, la colonización de dichas especies presentó variaciones de forma estacional entre invierno y verano, respondiendo a perturbaciones físicas en el bentos (Paul Elser 1999).

En adición las perturbaciones naturales que alteran al bentos, que incrementan con el tiempo, serían factores que se consideran estarían afectando la estructura y dinámica de muchas comunidades ecológicas (Sousa 1984; Strong et al. 1984; Pickett & White 1985; Wiens 1984).

La presencia de las especies de macroinvertebrados acuáticos está ligada a condiciones de temperatura y estabilidad de los ecosistemas en las cuales habitan, este estudio considera especies que viven entre los 550 y los 1440 m.s.n.m., donde la temperatura de las aguas que habitan oscila entre los 17 °C y los 20 °C.

Pero se conoce también que hay factores no naturales, representados por estresores de índole antropogénicos, que pueden afectar la abundancia de dichas especies acuáticas en el bentos, como por ejemplo residuos de hidrocarburos, resultantes de actividades de extracción. (Lafuente Wilson, 2013)

La alteración en los nutrientes del agua, proveniente de descargas de viviendas, y de basura que depositan los visitantes a estos ecosistemas, así como también la alteración de la vegetación ripariana adjunta a los cauces, que en varios casos proveen alimento a ciertas especies de macroinvertebrados en sus estados larvarios

que se alimentan de vegetación en descomposición, son varias premisas que ocasionarían afectaciones a las comunidades acuáticas.

“La observación de comunidades de macroinvertebrados en el Bosque Chillanes – Bucay, permitirá aclarar la premisa de que las actividades de senderismo, a la escala que se realiza actualmente, estarían afectado la dinámica y estructura de aquellas comunidades acuáticas.”

### **Principales grupos taxonómicos de los macroinvertebrados bentónicos presentes en ríos:**

#### **Ephemeroptera**

Los efemerópteros son un orden de insectos pterigotos, conocidos vulgarmente como efímeras, efémeras o cachipollas debido a que su tiempo de vida es muy corto cuando son adultos. Se conocen más de 3.000 especies que habitan todas las regiones biogeográficas excepto la Antártida.

Las ninfas o larvas, denominadas náyades, al nacer miden menos de 1 milímetro y son enteramente acuáticas, habitando especialmente los cursos de agua, pero también lagos, lagunas, balsas tanto de agua dulce como salobre, pueden crecer hasta 3 o 4 mm. El desarrollo ninfal es mucho más largo que la vida del adulto. Suele durar un año, aunque en algún caso (*Ephemera danica*) dura dos años, y en otros, especialmente en zonas tropicales, se tienen dos puestas en un año, registrándose en algunos casos 27 mudas a lo largo de sus estado larvario.

Son básicamente herbívoras y se alimentan de restos vegetales y algas. Respiran mediante branquias traqueales en forma de láminas situadas en los lados del abdomen. Las ninfas de especies que viven en cursos de agua son arrastradas por la corriente río abajo, fenómeno que se compensa por parte de los adultos, que vuelan río arriba para aparearse.

Los efemerópteros viven en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas y sólo algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación, por esta razón las náyades son "indicadores ecológicos" de la buena calidad del agua y son una fuente importante de alimento para peces y otros animales acuáticos.

## **Plecóptera**

El nombre Plecóptera, derivado de la palabra griega "pleco" que significa plegado y "ptera" que significa alas, hace referencia a las alas traseras plisadas que se pliegan bajo las alas delanteras cuando el insecto está en reposo.

Los plecópteros son insectos poco comunes y se encuentran cerca de lagos o vertientes. Poseen una hemi-metamorfosis donde los estados ninfales son acuáticos y los adultos voladores. Las ninfas son aplanadas, con aparato bucal masticador y tienen largos cercos y antenas. Los adultos son relativamente grandes, con cuatro alas membranosas que en reposo se pliegan sobre el abdomen. Los adultos también poseen cercos y antenas largas. Este orden no tiene importancia agrícola, pero a veces se usan como indicadores de contaminación de aguas.

Los plecópteros son generalmente considerados como el primer grupo de Neoptera. Los plecópteros inmaduros son ninfas acuáticas (náyades). Por lo general viven debajo de las piedras en agua bien aireada. El oxígeno se difunde a través del exoesqueleto o en branquias traqueales situados en el tórax, detrás de la cabeza, o alrededor del ano. La mayoría de las especies se alimentan de algas y otra vegetación sumergida, pero dos familias (*Perlidae* y *Chloroperlidae*) son depredadores de ninfas de Ephemeroptera y otros pequeños insectos acuáticos. Los adultos se encuentran generalmente en las márgenes de los arroyos y ríos de la que han surgido. Ellos son voladores no activos y por lo general permanecen cerca del suelo donde se alimentan de algas o líquenes. En muchas especies, los adultos son de corta duración y no tienen piezas bucales funcionales. Algunos son llamados moscas de las piedras, mismas que son más abundantes en climas fríos y templados.

## **Odonata**

Los odonatos son un orden de insectos con unas 6.000 especies actuales, que incluye formas tan conocidas como las libélulas y los caballitos del diablo. El nombre Odonata, se deriva de la palabra griega "odonto", que significa diente, y se

refiere a los dientes fuertes que se encuentran en las mandíbulas de la mayoría de los adultos.

Las libélulas y caballitos del diablo son predadores tanto en su etapa de náyades como en la de adultos. Los adultos son voladores rápidos y ágiles que generalmente se alimentan de un gran número de pequeños insectos voladores como mosquitos. Las piernas se utilizan ya sea como una cesta para la captura de presas o como garfios para aferrarse a la vegetación emergente. Los huevos son depositados individualmente en agua dulce; las hembras a menudo se ciernen sobre aguas abiertas y sumergen su abdomen, al momento de poner los huevos.

Los huevos eclosionan en los náyades que se alimentan de otras formas de vida acuática incluyendo náyades efímera, pequeños crustáceos, anélidos y moluscos. Los náyades más grandes pueden incluso atacar pequeños peces y renacuajos. Todos los odonatas inmaduros tienen un labio especial para la captura de presas; que se encuentra doblado bajo la cabeza y el tórax cuando no está en uso, el labio puede extenderse rápidamente hacia la presa.

Los náyades de los caballitos del diablo suelen ser más delgados que los náyades libélula y tienen tres branquias en forma de hoja al final del abdomen. Las branquias de la libélula se encuentran internamente, dentro del recto, donde las contracciones de fuelle de los músculos rectales causan que el agua oxigenada circule dentro y fuera. Viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas.

### **Amphipoda**

Los anfípodos son un orden de pequeños crustáceos malacostráceos que incluyen a más de 7.000 especies descritas, aunque el más grande, *Alicella gigantea*, puede llegar a medir 34 cm.

### **Hemíptera**

Los hemípteros son hemimetabolous, lo que significa que no experimentan una metamorfosis entre una fase larvaria y una fase adulta. Sus jóvenes se llaman ninfas, y se parecen a los adultos, en gran medida, la transformación final implica poco más que el desarrollo de alas funcionales y el funcionamiento los órganos sexuales.

La mayoría de los hemípteros fitófagos se alimentan de savia de planta, tales como pulgones, cochinillas y las cigarras. La mayor parte del resto son depredadores, se alimentan de otros insectos, o incluso pequeños vertebrados. Unos pocos, sin embargo, son parásitos que se alimentan de la sangre de animales más grandes. Estos incluyen las chinches y las vinchucas de la familia *Reduviidae*, que pueden transmitir infecciones potencialmente mortales *Trypanosoma*.

Varias familias de hemípteros son insectos de agua, adaptados a un estilo de vida acuática, como los barqueros de agua y escorpiones acuáticos. En su mayoría son depredadores, y se han adaptado las piernas como remos para ayudar su movimiento a través del agua. Los "pondskaters" o "zapateros" de la familia *Gerridae* también están asociados con el agua, pero usan la tensión superficial del agua estancada para mantenerse en la superficie; en este grupo se encuentra el género *Halobates*.

### **Trichoptera**

El nombre Trichoptera, derivado de las palabras griegas "trichos", que significa pelos y "ptera", que significa alas, se refiere a los pelos largos y sedosos que cubren la mayor parte del cuerpo y las alas.

Los adultos son principalmente insectos nocturnos, débiles para volar que a menudo se sienten atraídos por las luces. Durante el día, se esconden en ambientes frescos y húmedos, como la vegetación a lo largo de los ríos. El cuerpo y las alas están vestidos con largos pelos sedosos una característica distintiva del orden. En vuelo, las alas traseras se acoplan a las aletas delanteras por pelos especialmente curvados. En reposo las alas se llevan como una tienda de campaña sobre el abdomen. La mayoría de los adultos tiene un corto tiempo de vida.

Todas las larvas tricópteras viven en ambientes acuáticos; pueden ser herbívoros, carroñeros o depredadores. En la mayoría de los casos, las especies depredadoras son de vida libre o crean estructuras de seda en el agua como redes o túneles para atrapar a sus presas. Los carroñeros y herbívoros viven dentro de las "cajas" de protección que se construyen a partir de su propia seda y piedras, ramas, fragmentos de hojas u otros materiales naturales. Diseño del caso y la construcción es característico para cada familia o género de frigáneas. Todo el crecimiento de las

larvas y el desarrollo, incluyendo la fase de pupa, se produce dentro de sus cajas o casas.

Las larvas pueden servir de alimento para peces y otros vertebrados acuáticos. Los pescadores a menudo los recogen para su uso como cebo para truchas y otros peces.

## **Coleóptera**

Los coleópteros son un orden de insectos con unas 375.000 especies descritas, contienen más especies que cualquier otro orden en todo el reino animal, seguido por los lepidópteros (mariposas y polillas), himenópteros (abejas, avispas y hormigas) y dípteros (moscas, mosquitos).

Como adultos, la mayoría de los escarabajos tienen un duro exoesqueleto que cubre y protege la mayor parte de su superficie corporal. Las aletas delanteras, conocidas como los élitros, son duras como el resto del exoesqueleto. Se pliegan hacia abajo sobre el abdomen y sirven como cubiertas protectoras para las grandes alas posteriores membranosas. En reposo, ambos élitros se reúnen a lo largo de la mitad de la espalda, formando una línea recta que es probablemente la característica más distintiva del orden. Durante el vuelo, los élitros se extienden a los lados del cuerpo proporcionando una cierta estabilidad aerodinámica.

Tanto las larvas como los adultos tienen fuertes mandíbulas. Como grupo, se alimentan de una amplia variedad de dietas, habitan en todos los ambientes de agua dulce y terrestre, y exhiben una serie de diferentes estilos de vida. Muchas especies son herbívoros diversamente adaptados para alimentarse de las raíces, tallos y hojas. Algunas especies viven en hongos, otros penetran en los tejidos vegetales, otros excavan túneles en la madera o debajo de la corteza. Muchos escarabajos son depredadores. Ellos viven en el suelo o en la vegetación y atacan a una amplia variedad de huéspedes invertebrados. Algunos se alimentan principalmente de carroña, materia fecal, madera en descomposición, u otra materia orgánica muerta. Hay incluso algunos escarabajos parásitos, algunos son parásitos internos de otros insectos, algunas invaden los nidos de hormigas o termitas, y algunos son parásitos externos de los mamíferos.

## **Díptera**

El nombre Díptera proviene de las palabras griegas "di", que significa dos y "ptera", que significa alas, se refiere al hecho de que las moscas tienen un solo par de alas.

Las larvas de dípteros no tienen patas. Viven en agua dulce o ambientes terrestres húmedos. Se encuentran comúnmente en el suelo, en los tejidos vegetales o animales, y en carroña o estiércol, casi siempre donde hay poco peligro de desecación. Algunas especies son herbívoros, pero la mayoría se alimentan de materia orgánica muerta o parasitan otros animales, especialmente los vertebrados, moluscos y otros artrópodos. En las familias más primitivas (suborden *Nematóceras*), larvas de mosca tienen cápsulas cefálicas bien desarrolladas con piezas bucales. Estas estructuras son reducidas o ausentes en los subórdenes más avanzados (*Brachycera* y *Cyclorhapha*) donde las larvas tienen cuerpos similares a gusanos y sólo un par de ganchos de la boca para alimentarse.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2 Área de estudio

Se establecieron 14 sitios de muestreo ubicados al sur del Bosque Chillanes-Bucay, al sur de la Provincia de Bolívar, de las cuales 7 son lugares donde se realizan actividades de senderismo, que según lo observado implica al mismo tiempo actividades de balneario de río y observación de cascadas. Los otros 7 puntos muestreados son lugares en los cuales no hay presencia humana y por tanto son considerados como sitios de referencia.

##### 2.1 Ubicación Puntos de muestreo

Subiendo por la localidad de Bucay, tomando la vía La Esperanza, desde el kilómetro 7 hacia adelante, se encuentran ubicadas las 14 estaciones monitoreadas.

La tabla a continuación muestra la codificación de los puntos de muestreo, las coordenadas geográficas obtenidas en cada sitio mediante uso de un GPS, y la escala del río o arroyo según Strahler.

**Tabla 6.- Codificación de las estaciones, coordenadas geográficas, y orden de río según Strahler.**

<b>Codificación Estación</b>	<b>Posición Geográfica UTM</b>		<b>Orden de río según escala de Strahler</b>
E1 S	708768 W	9767443 S	2
E2 S	708812 W	9767366 S	2
E3 NS	709490 W	9767080 S	1

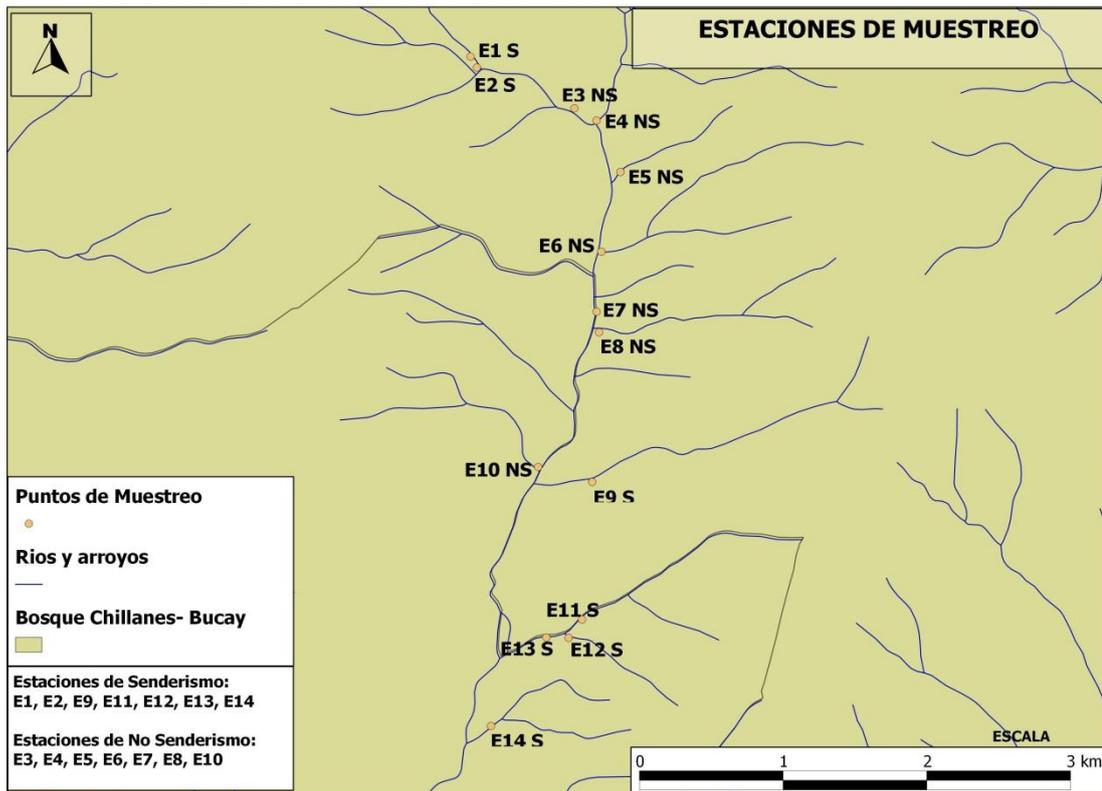
E4 NS	709645 W	9766995 S	3
E5 NS	709811 W	9766634 S	1
E6 NS	709678 W	9766075 S	2
E7 NS	709645 W	9765654 S	3
E8 NS	709662 W	9765510 S	2
E9 S	709614 W	9764460 S	2
E10 NS	709238 W	9764565 S	2
E11 S	709295 W	9763369 S	2
E12 S	709450 W	9763367 S	1
E13 S	709544 W	9763495 S	2
E14 S	708910 W	9762749 S	2

*S = estaciones relacionadas con senderismo; NS = estaciones donde no se realiza senderismo.*

Los cauces revisados in situ según la escala de Strahler abarcan los tres niveles, el orden 3 representa para este caso de estudio al río La Miran, donde los sitios muestreados se encuentran distribuidos lo largo de 7 kilómetros siguiendo la trayectoria del río, en los arroyos adjuntos que nacen en las montañas y que se unen a dicho río.

El gráfico a continuación muestra la distribución de las estaciones consideradas en este estudio:

**Gráfico 1.- Estaciones de muestreo. Bosque Chillanes - Bucay.**



## 2.2 Monitoreo ambiental

Para determinar la posible o no afectación presente en el río La Miran y sus arroyos adjuntos, se diseñó una metodología de análisis de agua, cálculo de índices biológicos y de diversidad en las 14 estaciones de muestreo, posteriormente se procedió a la exploración de los datos mediante el uso de metodologías estadísticas.

El análisis de agua comprende la toma de **parámetros químicos**, pero a la vez se realizó una **caracterización física del caudal**.

Para obtener los **índices biológicos y de diversidad**, se realizó la toma de muestras biológicas mediante dos métodos: **red de mano y sustrato artificial**.

### **Equipos y materiales a usar en la toma de muestras.**

El siguiente listado muestra los equipos usados en campo para la recolección de parámetros y datos físico químicos, así como también los materiales para la recolección de las muestras biológicas:

- 1 Equipo YSI Oxígeno metro Pro 2030
- 1 pH metro.
- 28 botellas de 1 litro para recolección de muestras de agua
- 42 bolsas con ancho de malla de 1 cm
- 1 saco de roca de río, diámetro de 3 cm
- 1 saco de roca de río, diámetro de 1.5cm
- Tamiz circular 500 micrómetros
- 56 baldes de 3 litros, con tapa para transportación de muestras
- Alcohol industrial
- 3 Bandejas de loza fondo blanco
- 4 Pinzas finas
- Cinta – etiquetas adhesivas
- Esferos – rotuladores
- Pequeños recipientes, o botecitos, para albergar especies.
- Microscopio estereoscópico
- Claves taxonómicas
- Dos hieleras
- Hielo

#### **2.2.1 Toma de parámetros físico – químicos**

Con el equipo *Oxígeno metro Pro 2030* y *pH metro* que procedió en cada una de los sitios de muestreo a obtener los valores de: temperatura, pH, oxígeno disuelto. En adición se procedió a tomar muestras de agua en botellas de 1 litro para trasladarlas a laboratorio y obtener los siguientes parámetros: fosfato, nitrito, nitrato, turbidez y DBO<sub>5</sub>.

Para la caracterización física del caudal se consideró lo siguiente: ancho estimado de caudal, velocidad de caudal y profundidad aproximada.

La toma de *muestras de aguas* se la realizó de forma manual in situ con metodología de toma de muestras simples, dos botellas por estación. Se emplearon botellas plásticas de 1 litro, mismas que fueron enjuagadas con el agua del arroyo, luego fueron sumergidas y llenadas al 100% y fueron selladas o tapadas aun estando sumergidas. De cada estación se destinó una botella de agua para calcular el valor de DBO<sub>5</sub>, misma botella que fue envuelta en su totalidad con papel aluminio.

Una vez envasada la muestra fue etiquetada, para prevenir confusiones en la identificación de las mismas, se registró en dicha etiqueta el número de muestra o estación y lugar del sitio de muestreo.

Las técnicas de *preservación de las muestras de agua*, que fueron consideradas incluyeron protección contra la incidencia de la luz solar, y disminución de la temperatura para retardar las reacciones, para lo cual se colocó las botellas al interior de una hielera.

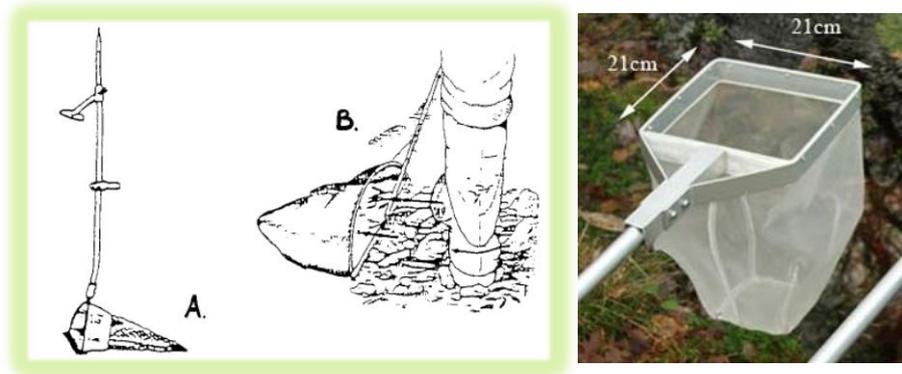
## 2.2.2 Toma de muestras biológicas

El cálculo de índices biológicos para determinar calidad de agua, está basado en la recolección de las diferentes especies de macro invertebrados acuáticos presentes en los cauces, mismos que fueron capturados con *red de mano* y con bolsas de *sustrato artificial*.

### **RECOLECCIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS CON RED DE MANO.**

El siguiente gráfico muestra el diseño de red que se empleó para este ejercicio de campo. Red de mano cuyo armazón está elaborado con tubos cuadrangulares de aluminio, con una malla de 500 micrómetros, los marcos fueron propuestos con medidas de 21 cm x 21 cm, debido a que ciertos caudales en los cuales se usaría dicha red tienen profundidades pequeñas en algunos casos de 10 cm de tabla de agua en época seca.

**Gráfico 2.- Red de mano para recolección de macroinvertebrados.**



**Imagen 1.- Red de mano empleada en toma de muestras biológicas**



**Procedimiento para recolección de macroinvertebrados con red de mano.**

- Se sumergirá la red a contracorriente, luego como muestra el gráfico anterior, se procede a remover el sedimento, que pondrá en suspensión a las especies ubicadas en el área, luego por acción de corriente ingresarán

a la red, este procedimiento deberá realizarse en un tiempo prolongado de 3 minutos en cada punto de muestreo.

- Luego debe depositarse en un balde el sedimento e individuos recolectados.
- Los baldes con dichas muestras deben ser preservados con alcohol potable al 98 %, para su respectiva transportación al laboratorio.
- Se usará el tamiz de 500 micrómetros para separar los individuos presentes.
- Lo contenido en el tamiz se vierte en una bandeja de loza blanca, añadiendo algo de agua.
- Se recoge los individuos con pinza, para depositarlos en un botecito con alcohol potable.
- Posteriormente en el laboratorio se procede a identificarlos con un estereoscópico, y con claves taxonómicas.
- Se debe clasificar número de individuos por familia y por estación de muestreo.

### **RECOLECCIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS CON BOLSAS DE SUSTRATO ARTIFICIAL.**

Varios autores sostienen que la naturaleza o tipo de sustrato no influencia de mayor forma la colonización de las especies de macro invertebrados, (e.g. Mason et al., 1973; Ghetti & Bonazi, 1980), en todos estos años de investigaciones se han conformado sustratos con madera, ladrillos, y rocas, en los cuales se han observado algunas diferencias de afinidad por parte de algunos ordenes de macroinvertebrados.

Para este caso de estudio se emplearon *rocas de río*, referente a las mismas. Estudios realizados por Erman & Erman (1984), encontraron que las rocas con una superficie altamente heterogénea fueron colonizadas por un mayor número de individuos y menor número de taxa, que las rocas con una superficie más homogénea. Sin embargo aún se conoce poco sobre la afinidad que tienen las especies, referente a la forma de la superficie de las rocas o sustratos que se emplean para su recolección.

### ***Tiempo de exposición o sumergimiento del sustrato artificial***

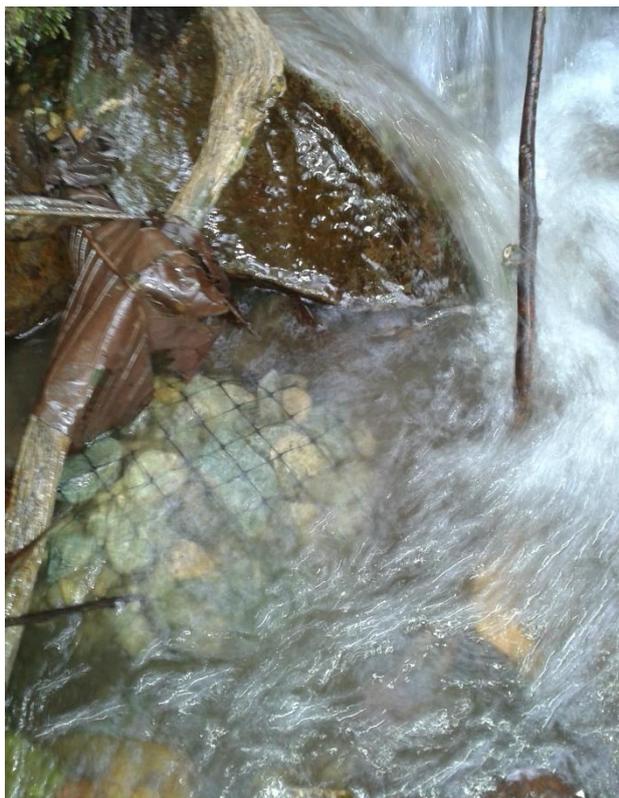
Investigaciones llevadas a cabo por Niels de Pauw, Dirk Roels & A Paulo Fontoura (1986), demostraron que a pesar de que la literatura sugiere que una completa colonización se obtiene con el pasar de varios meses, luego de las dos primeras semanas de sumergimiento ya se cuenta con suficiente taxa para realizar un correcto análisis de calidad de agua, notando que en algunos casos de exposición de una semana ya se observó un valor estable de índice biótico.

Es oportuno considerar que el tiempo de sumergimiento siempre estará sujeto al clima local, para el caso de Ecuador cada 6 meses cambia la cantidad de caudal en los ríos y arroyos debido a la presencia de la estación lluviosa, lo cual podría alterar la estabilidad y patrones de colonización de los sustratos.

Para este caso se contempló, un sumergimiento de 42 bolsas de rocas de río, distribuidas 3 en cada uno de los 14 puntos de muestreo, a finales de noviembre (época seca) y de igual forma a finales de febrero (época lluviosa).

El siguiente cuadro muestra el diseño que fue empleado para las bolsas de sustrato artificial:

Bolsa de sustrato artificial $4 \pm 0.1$ kg	Rocas de 3 cm de diámetro	60 %
	Rocas de 1.5 cm de diámetro	40 %



**Imagen 2.- Sustrato artificial sumergido en uno de los puntos muestreados en el Bosque Chillanes- Bucay.**

**Procedimiento para recolección de macroinvertebrados con sustrato artificial.**

- Se rellenan las bolsas de mallas de 1 cm, con un 40% de una roca de menor diámetro y un 60% de rocas de mayor diámetro, con un peso total de  $4 \pm 0.1$  kilogramos.
- Se sumergieron tres bolsas en cada estación de muestreo, con distancias entre sí de 1 a 3 metros.
- Luego de 16 días se recogieron las bolsas de sustrato y fueron depositadas en baldes de 3 litros cada una con tapa, para su posterior traslado.
- Durante el proceso de traslado y hasta que llegue el momento de procesar los baldes se debe mantener la misma temperatura del agua de las muestras, (temperatura que debe oscilar entre los 15 grados y los 20 grados centígrados).
- El contenido de cada balde con el sustrato artificial será vaciado en un balde más grande para proceder a lavar las rocas y desecharlas,

asegurando que los individuos se mantengan en el agua contenida en el recipiente.

- El anterior contenido deberá ser vertido en tamices de 500 micrómetros para captar únicamente los individuos presentes.
- Lo contenido en el tamiz se verterá en una bandeja de loza blanca, añadiendo algo de agua.
- Se recogerá los individuos con pinza, para depositarlos en un botecito con alcohol.
- En el laboratorio se procederá a identificarlos con un estereoscópico, y con las claves taxonómicas.
- Se deberá clasificar número de individuos por familia.

## 2.3 Índices Bióticos

Para evaluar la composición de la comunidad de macroinvertebrados se emplearon los índices Bióticos: NEPBIOS Y BMWP.

Los índices bióticos se han desarrollado para determinar calidad del agua mediante la observación de las especies y su grado de tolerancia a la contaminación.

Sharma, et al. (2006), en un estudio en el río Behta, identificaron en varias estaciones de muestreo, macroinvertebrados a nivel de familia, que fueron analizados mediante el sistema NEPBIOS, con el cual se pudo concluir de manera eficaz el estado de calidad de aquel recurso de agua.

Sánchez Arguello (2008), en un estudio realizado en conjunto con la Universidad de Panamá, mediante el uso del índice BMWP, confirmó la premisa de que a medida que los ríos descienden en altitud sobre el nivel de mar, tienden a disminuir su calidad de agua.

### 2.3.1 Índice NEPBIOS. [Sharma, et al, 2006]

Sigla que significa, Nepalese Biotic Score, llamada puntuación biótica nepalí, a continuación se detalla la puntuación promedio según taxa y familia, que se ha considerado para los cálculos de este índice.

**Tabla 7.- NEPBIOS score, puntuación promedio según taxa y familia. (Sharma, et al, 2006).**

<b>Insecta</b>	<b>NEPBIOS score</b>
<b>Coleóptera</b>	
<i>Elmidae larva</i>	8
<i>Hydrophilidae</i>	6
<i>Noteridae</i>	4
<i>hydrocanthus</i>	
<i>Psephenidae</i>	8
<b>Díptera</b>	
<i>Chironomidae</i>	1
<i>Culicidae</i>	2
<i>Tipulidae</i>	7
<i>Blepharoceridae</i>	
<i>Simuliidae</i>	7
<b>Ephemeroptera</b>	
<i>Baetidae</i>	7
<i>Leptophlebiidae</i>	7
<b>Hemíptera</b>	
<i>Corixidae</i>	4
<i>Gerridae</i>	4
<i>Naucoridae</i>	4
<i>pelocoris</i>	
<i>Notonectidae</i>	3
<b>Odonata</b>	
<i>Aeshnidae</i>	6
<i>Coenagrionidae</i>	5
<i>Libellulidae</i>	6
<b>Megaloptera</b>	
<i>Corydalidae</i>	7
<b>Plecóptera</b>	
<i>Perlidae</i>	10
<b>Trichoptera</b>	
<i>Hydropsychidae</i>	6
<i>Hydroptilidae</i>	6
<i>Odontoceridae</i>	5
<i>Hydrobiosidae</i>	8
<i>Helicopsychidae</i>	10
<b>Amphípoda</b>	7

Con los valores anteriores se realizó los cálculos de este índice, en una hoja de Excel, donde se clasificó previamente y se ingresó la información de las especies y número de individuos encontrados en cada una de las 14 estaciones.

Tomando como base el valor NEPBIOS obtenido, luego se procede a calcular el valor promedio por taxa (ASPT), la tabla 11, muestra los rangos posibles y su respectiva interpretación de calidad de agua.

**Tabla 8.- Rango de valores posibles NEPBIOS/ASPT y su interpretación.**

NEPBIOS/ASPT	CALIDAD DE AGUA	
> 8	<b>I</b>	<b>Excelente</b>
7,00 - 7,99	<b>I – II</b>	<b>Buena</b>
5,50 - 6,99	<b>II</b>	<b>Buena</b>
4,00 - 5,49	<b>II- III</b>	<b>Contaminación moderada</b>
2,50 - 3,99	<b>III</b>	<b>Contaminación moderada</b>
1,01 - 2,49	<b>III – IV</b>	<b>Contaminación Severa</b>

### 2.3.2 Índice BMWP. [Roldán, 2001] [Sánchez Arguello, 2008]

Sus siglas hacen referencia a *Biological monitoring working party*, partido o agrupación para monitoreo biológico, que se basa en que las características físico químicas de los cuerpos de agua y la presencia de las especies que habitan en los mismos ayudan a establecer la calidad del recurso.

Este índice de igual forma maneja una puntuación que se establece en función al grado de sensibilidad de los individuos hacia la contaminación.

El índice BMWP es establecido en Reino Unido en 1970, para establecer calidad de agua mediante el uso de macro invertebrados; las familias se ordenarán en grupos donde a cada una se le asigna un valor de 1 a 10 de acuerdo a la tolerancia a la contaminación. Se suman los totales de todas las familias para obtener el valor del índice BMWP.

En el estudio llevado a cabo en el Bosque Chillanes - Bucay, se empleó la variación BMWP/CR (Costa Rica) cuyos valores o rangos de interpretación son los mismos de BMWP/COL (Colombia).

A continuación se detalla los valores asignados para cada familia y a usarse en los cálculos de este índice:

**Tabla 9.- BMWP/CR (Sánchez Arguello, 2008) y BMWP/COL (Roldán, 2001). Puntuación promedio según taxa y familia.**

<b>Insecta</b>		<b>BMWP/CR</b>
<b>Coleóptera</b>	<i>Curculionidae</i>	4
	<i>Elmidae larva</i>	5
	<i>Haliplidae</i>	4
	<i>Hydrophilidae</i>	3
	<i>Lymnichidae</i>	5
	<i>Noteridae hydrocanthus</i>	4
	<i>Ptilodactylidae</i>	7
	<i>Staphylinidae</i>	4
	<i>Lutrochidae</i>	-
	<i>Psephenidae</i>	7
	<b>Díptera</b>	<i>Ceratopogonidae</i>
<i>Chironomidae</i>		2
<i>Culicidae</i>		2
<i>Dolichopidae (diptera sp 2)</i>		4
<i>Tabanidae</i>		4
<i>Empididae</i>		4
<i>Tipulidae</i>		4
<i>Blepharoceridae</i>		10
<i>Simuliidae</i>		4
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Baetidae</i>	5
	<i>Leptohyphidae</i>	5
	<i>Euthyplociidae</i>	-
	<i>Leptophlebiidae</i>	8
<b>Hemíptera</b>	<i>Belostomatidae</i>	4
	<i>Corixidae</i>	4
	<i>Naucoridae pelocoris</i>	4
	<i>Notonectidae</i>	4
	<i>Pleidae paraplea puella</i>	4
<b>Lepidoptera</b>	<i>Pyralidae</i>	5
<b>Odonata</b>	<i>Aeshnidae</i>	8

	<i>Coenagrionidae</i>	4
	<i>Lestidae</i>	7
	<i>Libellulidae</i>	6
<b>Megaloptera</b>	<i>Corydalidae</i>	6
<b>Plecóptera</b>	<i>Perlidae</i>	10
<b>Trichoptera</b>	<i>Hydropsychidae</i>	5
	<i>Hydroptilidae</i>	6
	<i>Odontoceridae</i>	10
	<i>Hydrobiosidae</i>	10
	<i>Xiphocentronidae</i>	6
	<i>Helicopsychidae</i>	5
	<i>Calamoceratidae</i>	
	<i>Leptoceridae</i>	8
	<i>Glossosomatidae</i>	8
	<b>Non Insects</b>	
<b>Amphipoda</b>		7
	<b>Oligochaeta</b>	1

Insecta		score BMWP/COL
<b>Coleóptera</b>		
	<i>Elmidae larva</i>	6
	<i>Haliplidae</i>	4
	<i>Hydrophilidae</i>	3
	<i>Lymnichidae</i>	6
	<i>Ptilodactylidae</i>	10
	<i>Staphylinidae</i>	6
	<i>Psephenidae</i>	10
<b>Díptera</b>		
	<i>Ceratopogonidae</i>	3
	<i>Chironomidae</i>	2
	<i>Culicidae</i>	2
	<i>Dolichopidae</i>	4
	<i>(diptera sp 2)</i>	
	<i>Tabanidae</i>	5
	<i>Empididae</i>	4
	<i>Tipulidae</i>	3
	<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Simuliidae</i>	8
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Baetidae</i>	7

	<i>Leptohyphidae</i>	7
	<i>Leptophlebiidae</i>	9
<b>Hemíptera</b>	<i>Belostomatidae</i>	5
	<i>Corixidae</i>	7
	<i>Gelastocoridae</i>	5
	<i>nerthra</i>	
	<i>Gerridae</i>	8
	<i>Hebridae</i>	8
	<i>Mesoveliidae</i>	5
	<i>Naucoridae</i>	7
	<i>pelocoris</i>	
	<i>Notonectidae</i>	7
	<i>Pleidae paraplea</i>	8
	<i>puella</i>	
	<i>Veliidae microvelia</i>	8
	<i>sp2</i>	
<b>Lepidoptera</b>	<i>Pyralidae</i>	5
<b>Odonata</b>	<i>Aeshnidae</i>	6
	<i>Coenagrionidae</i>	7
	<i>Lestidae</i>	8
	<i>Libellulidae</i>	6
<b>Megaloptera</b>	<i>Corydalidae</i>	6
<b>Plecóptera</b>	<i>Perlidae</i>	10
<b>Trichoptera</b>	<i>Hydropsychidae</i>	7
	<i>Hydroptilidae</i>	8
	<i>Odontoceridae</i>	10
	<i>Hydrobiosidae</i>	9
	<i>Xiphocentronidae</i>	9
	<i>Helicopsychidae</i>	8
	<i>Leptoceridae</i>	8
	<i>Glossosomatidae</i>	7

La siguiente tabla muestra los valores posibles del cálculo del índice BMWP, y sus rangos de interpretación, que presentan la clasificación de la calidad de agua válida para BMWP: CR (Costa Rica) y COL (Colombia).

**Tabla 10.- Clasificación de aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/ASPT (modificado Álvarez y Arango 2004)**

<b>Calidad</b>	<b>Valor del BMWP/ASPT</b>	<b>Significado</b>
<i>Buena</i>	> 9 – 10	Aguas muy limpias
	> 8 – 9	Aguas no contaminadas
<i>Aceptable</i>	>6,5 – 8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación
<i>Dudosa</i>	>4,5 – 6,5	Aguas moderadamente contaminadas
<i>Crítica</i>	>3 – 4,5	Aguas muy contaminadas
<i>Muy crítica</i>	1 – 3	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica

## 2.4 Índices de diversidad

En Ecología los índices de diversidad son una medida para estimar la biodiversidad de una comunidad, datos basados en la estimación numérica de los individuos presentes en muestras recolectadas, en función de las especies que habitan en general dichos hábitats.

Los índices de diversidad considerados son los siguientes:

- Índice Margalef
- Shannon- Wiener
- Evenness

### 2.4.1 Índice Margalef

El Índice de Margalef es un indicador de diversidad de especies que enfatiza la riqueza valorada en las especies presentes, mediante una metodología desarrollada por el ecólogo español Ramón Margalef. Es un método que intenta relacionar el número de especies recolectadas con un mayor número de organismos muestreados, dividiendo las especies contadas por el logaritmo natural del número de organismos muestreados.

Uno de los inconvenientes asociados con los indicadores de diversidad, está directamente relacionado con el esfuerzo realizado en la recolección o captura de los organismos, a mejor desempeño de la metodología de recolección, mejor valor se obtendrá en el resultado de este indicador.

Cálculo del índice de Margalef:

Índice =  $(s-1) / \ln N$ , donde  $s$  es el número de especies presentes, y  $N$  es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies).  $\ln$  es el logaritmo neperiano.

El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ( $s=1$ , por lo que  $s-1=0$ )

### 2.4.2 Shannon- Wiener

Los índices de diversidad desarrollados por las metodologías teóricas de información (Shannon & Weaver, 1949), que ya han sido usados en múltiples ocasiones apuntan a evaluar la estructura de las comunidades con respecto a la ocurrencia o presencia de las especies.

Estas metodologías hacen referencia al número de especies observadas (riqueza) relacionadas con el número de individuos (abundancia). Se dice que la perturbación ya sea por agentes contaminantes hacia el agua en el ecosistema,

provoca estrés hacia las comunidades lo que conlleva a una reducción en la diversidad. ( De Pauw, et al., 2006)

La ventaja de los índices de diversidad recae en que son fáciles de calcular y usar y a la vez son aplicables para todos los causes de agua de cualquier ecosistema.

### **Cálculo del índice Shannon-Weiner:**

El índice Shannon-Weiner refleja igualdad: mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad, mayor es el valor.

La fórmula para expresar la *diversidad* según aquel índice es:

$$H = -\text{SUM} [(pi) * \ln(pi)]$$

Donde,

H : índice Shannon-Weiner

SUM : suma

pi : número de individuos de especie / número total de individuos de todas las muestras

ln : logaritmo natural

### **2.4.3 Índice Evenness**

Es un indicador que presenta la medida de que tan cercanos son los números de individuos de las especies presentes en una comunidad. Por ejemplo si en una comunidad hay 40 individuos de una especie y 1000 individuos de otra especie, este caso obtendrá un valor bajo de Evenness, lo cual significa que la comunidad no es equitativa numéricamente. Por el contrario si en una comunidad hay 40 individuos de una especie y 45 individuos de otra especie, se obtendrá un valor máximo de Evenness y se dice que la comunidad es equitativa numéricamente.

Cálculo del índice Evenness, está basado en el índice Shannon (H):

Índice E = H actual / H máx.

*Los valores Evenness varían 0 y 1*

## **2.5 Análisis estadístico**

Mediante el uso del programa *Statistica 12*, se procedió a realizar la exploración de los datos recolectados de taxa, parámetros físico-químicos, índices bióticos y de diversidad. Adicionalmente se determinaron los valores más significativos de correlaciones entre ellos, siendo el método empleado el coeficiente de Spearman. También se empleó el uso de gráficos de barras y gráficos de diagramas de cajas para representar los índices bióticos y parámetros físico-químicos.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

La siguiente sección muestra los resultados de los análisis físico-químicos, y resultados de los índices biológicos y de diversidad, que se han agrupado por metodología de recolección y estación seca o lluviosa.

#### 3.1 Parámetros físico – químicos.

Con el equipo Oxígeno metro Pro 2030 y el agua recolectada en cada sitio monitoreado, se procedió a obtener los valores respectivos de los parámetros químicos considerados; los valores de los parámetros físicos, fueron medidos in situ.

Las actividades de campo según la metodología establecida se las realizó en dos fases *época seca* y *época lluviosa*, ambos escenarios serán comparados y explorados estadísticamente.

##### 3.1.1 Parámetros físico - químicos, época seca.

La siguiente tabla muestra valores máximos y mínimos de los parámetros establecidos, valores obtenidos en la salida de campo de verano. Para observar el detalle de cada parámetro en cada estación **véase tabla 47** en los anexos.

La siguiente tabla muestra los valores promedio, mínimo y máximo de los parámetros físico - químicos de las estaciones muestreadas en época seca, los parámetros físicos considerados son: ancho estimado, velocidad y profundidad mientras que los parámetros químicos considerados son: fosfato, nitrito, nitrato, turbidez, temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD%), demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

**Tabla 11.- Valores promedio, mínimos, máximos, y desviación estándar de los parámetros físico-químicos de las estaciones muestreadas. Época Seca.**

Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Ancho estimado m	14	2,45	0,90	7,7	1,77
Velocidad m.s <sup>-1</sup>	14	0,429	0,230	0,73	0,176
Profundidad m.	14	0,170	0,050	0,39	0,103
Fosfato mg. L <sup>-1</sup>	14	0,13	0,04	0,6	0,17
Nitrito mg. L <sup>-1</sup>	14	0,006	0,002	0,05	0,013
Nitrato mg. L <sup>-1</sup>	14	0,4	0,1	1	0,2
Turbidez NTU	14	1,59	0,54	2,7	0,83
temperatura °C	14	18,7	17,4	21	1,0
pH	14	7,29	6,95	7,6	0,22
OD mg. L <sup>-1</sup>	14	7,82	7,01	8,4	0,60
OD %	14	94,06	88,10	100,1	4,56
DBO 5 mg. L <sup>-1</sup>	14	0,82	0,58	1,6	0,25

En general los valores de los parámetros tomados en cuenta, fueron menores en época seca, mientras que en época lluviosa tendieron a aumentar, como es el caso del nitrato, turbidez, profundidad y velocidad, como podrá compararse en las tablas 47 y 48 del anexo adjunto.

### Correlaciones entre variables físico- químicas en época seca.

La siguiente tabla muestra los valores de correlaciones calculados según Spearman, cuyos valores son significativos para  $p < 0,05$

**Tabla 12.- Correlaciones Spearman entre las variables físico-químicas en época seca.**

	Ancho m	Velocidad m. s <sup>-1</sup>	Profundidad m	Fosfato mg.L <sup>-1</sup>	Nitrito mg.L <sup>-1</sup>	Nitrato mg.L <sup>-1</sup>	Turbidez NTU	Temperatura °C	pH	OD mg.L <sup>-1</sup>	OD %	DBO 5 mg.L <sup>-1</sup>
Ancho m	-											
Velocidad m. s <sup>-1</sup>		-										
Profundidad m			-									
Fosfato mg.L <sup>-1</sup>			<b>-0,63</b>	-								
Nitrito mg.L <sup>-1</sup>	<b>-0,69</b>				-							
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>		<b>-0,54</b>				-						
Turbidez NTU	<b>-0,61</b>						-					
Temperatura °C		<b>-0,59</b>						-				
pH			<b>0,62</b>						-			
OD mg.L <sup>-1</sup>		<b>0,53</b>				<b>-0,56</b>		<b>-0,95</b>		-		
OD %		<b>0,60</b>						<b>-0,95</b>		<b>0,92</b>	-	
DBO 5 mg.L <sup>-1</sup>												-

### 3.1.2 Parámetros físico - químicos, época lluviosa.

La tabla siguiente muestra valores máximos y mínimos de los parámetros establecidos, valores obtenidos en la salida de campo de invierno. Para observar el detalle de cada parámetro en cada estación véase **tabla 48** en los anexos.

**Tabla 13.- Valores promedio, mínimo y máximo de los parámetros físico-químicos de las estaciones muestreadas. Época lluviosa.**

Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Ancho estimado m	14	2,8	0,6	5,1	1,23
Velocidad m. s <sup>-1</sup>	14	0,9	0,5	2,1	0,40
Profundidad aprox m	14	0,3	0,1	1,2	0,27
Fosfato mg. L <sup>-1</sup>	14	0,20	0,07	1,12	0,272
Nitrito mg. L <sup>-1</sup>	14	0,024	0,016	0,053	0,0093
Nitrato mg. L <sup>-1</sup>	14	1,5	0,2	2,4	0,83
Turbidez NTU	14	6,08	0,63	29,30	8,367
temperatura °C	14	19,0	16,7	20,8	1,19
pH	14	7,66	6,71	8,01	0,304
OD mg. L <sup>-1</sup>	14	5,42	4,71	6,05	0,416
OD %	14	64,99	56,90	73,10	5,137
DBO 5 mg. L <sup>-1</sup>	14	0,66	0,42	1,00	0,168

El parámetro que mayormente cambio de verano a invierno fue la turbidez que en época lluviosa presentó un valor mínimo de 0,63 NTU y un valor máximo de 29,3 NTU.

### Correlaciones entre variables físico- químicas en época lluviosa.

La siguiente tabla muestra los valores de correlaciones calculados según Spearman, cuyos valores son significativos para  $p < 0,05$

**Tabla 14.- Correlaciones Spearman entre las variables físico-químicas en época lluviosa.**

	Ancho m	Velocidad m. s <sup>-1</sup>	Profundidad m	Fosfato mg.L <sup>-1</sup>	Nitrito mg.L <sup>-1</sup>	Nitrato mg.L <sup>-1</sup>	Turbidez NTU	Temperatura °C	pH	OD mg.L <sup>-1</sup>	OD %	DBO 5 mg.L <sup>-1</sup>
Ancho m	-											
Velocidad m. s <sup>-1</sup>	0,63	-										
Profundidad m	0,68		-									
Fosfato mg.L <sup>-1</sup>				-								
Nitrito mg.L <sup>-1</sup>				0,72	-							
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>				-0,67	-0,80	-						
Turbidez NTU					0,56		-					
Temperatura °C				-0,54	-0,75	0,86		-				
pH					-0,53			0,71	-			
OD mg.L <sup>-1</sup>				0,57	0,56	-0,61		-0,71		-		
OD %				0,55		-0,60		-0,73		0,99	-	
DBO 5 mg.L <sup>-1</sup>	0,55											-

**Valores máximos permisibles de los parámetros evaluados, para preservar la vida acuática y silvestre en aguas dulces, según TULAS libro VI anexo 1.**

La tabla a continuación muestra los valores actualizados en febrero del presente año, del anexo TULAS, en la cual se resume los parámetros químicos evaluados en los sitios muestreados en el bosque Chillanes - Bucay.

**Tabla 15.- Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Parámetros considerados en el bosque Chillanes – Bucay.**

PARAMETRO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD AGUA DULCE Limite permisible
Oxígeno disuelto	mg.L <sup>-1</sup>	> 80 % (saturación) y no menor a 6 mg.L <sup>-1</sup>
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	6,5 – 9
Temperatura	°C	Condiciones naturales + 3 Máximo 20°C
Turbidez	NTU	Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 NTU (unidad de turbidez nefelométrica)
Nitrito NO <sub>2</sub>	mg.L <sup>-1</sup>	0,2
Nitrato NO <sub>3</sub> -	mg.L <sup>-1</sup>	13
DBO <sub>5</sub>	mg.L <sup>-1</sup>	2

Es válido destacar que todos los valores de los parámetros evaluados en el agua de las 14 estaciones de muestreo están dentro de los límites permisibles del texto unificado de legislación ambiental del Ecuador, a excepción del **oxígeno disuelto** para el caso del muestreo de agua realizado en invierno que no cumple con la normativa que dice que el porcentaje de saturación, debe ser mayor a 80, siendo los valores encontrados un poco menores a lo debido.

Referente al **fósforo**, este parámetro para el caso de agua dulce, no está regulado.

### 3.2 Estadística básica descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones. Datos de época seca y lluviosa unificados.

Esta sección presenta los análisis estadísticos realizados, cálculos de promedio, valores mínimos y máximos, desviación estándar, así como también *comparaciones de los parámetros de las estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo*, mediante el uso de gráficos de cajas.

*Esta sección considera datos de época seca y lluviosa unificados.*

#### 3.2.1 Estadística básica descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones de senderismo. Datos de época seca y lluviosa unificados.

La siguiente tabla muestra la estadística básica de los valores de fosfato, nitrito, nitrato, turbidez, temperatura, pH, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno (5 días) de las estaciones de senderismo, valores unificados de ambos muestreos de verano e invierno.

**Tabla 16.- Estadística descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones de senderismo. Datos de época seca y lluviosa unificados.**

Variable	Estadística Descriptiva			
	Mean	mínimum	Máximum	Std. Dev.
Fosfato mg.L <sup>-1</sup>	0,11	0,06	0,37	0,08
Nitrito mg.L <sup>-1</sup>	0,0111	0,002	0,025	0,009
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>	1,1	0,1	2,4	0,9
Turbidez NTU	1,06	0,54	1,68	0,43
Temperatura °C	19,2	16,7	20,8	1,3
pH	7,47	6,71	8,01	0,39
OD mg.L <sup>-1</sup>	6,41	4,81	8,42	1,29
OD %	77,70	57,70	99,80	15,99
DBO5 mg.L <sup>-1</sup>	0,71	0,51	0,96	0,13

### 3.2.2 Estadística básica descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones *de no senderismo*. Datos de época seca y lluviosa unificados.

La siguiente tabla muestra la estadística básica de los valores de Fosfato, nitrito, nitrato, turbidez, temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD%) y demanda bioquímica de oxígeno (5 días) de las estaciones de senderismo.

**Tabla 17.- Estadística descriptiva. Parámetros químicos de las estaciones de no senderismo, Datos de época seca y lluviosa unificados.**

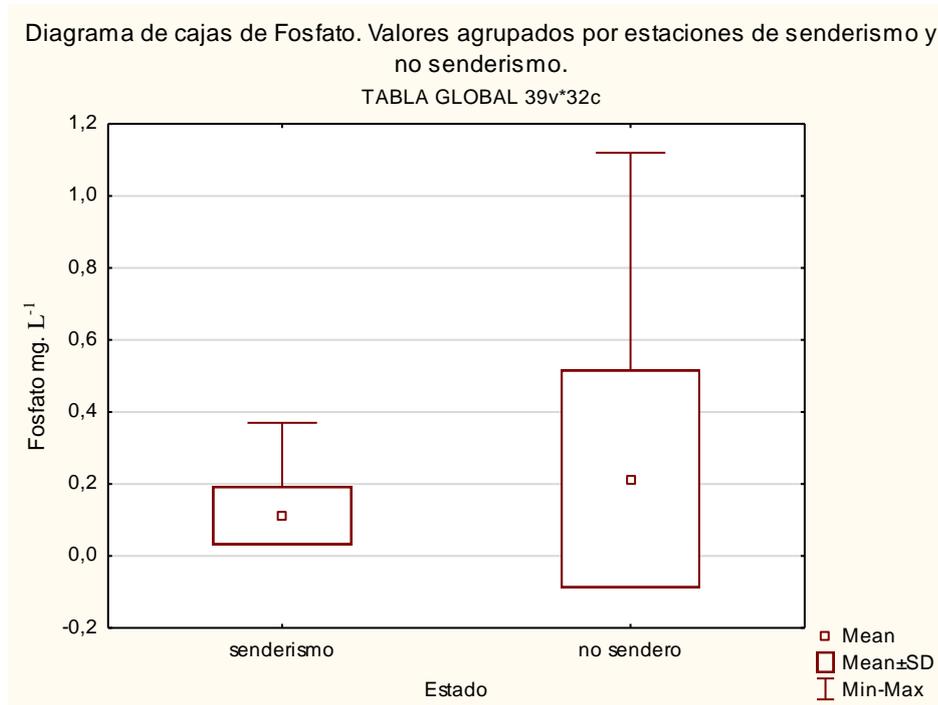
Variable	Estadística Descriptiva			
	Mean	mínimum	Máximum	Std. Dev.
Fosfato mg.L <sup>-1</sup>	0,21	0,04	1,1	0,30
Nitrito mg.L <sup>-1</sup>	0,019	0,003	0,05	0,017
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>	0,7	0,2	2	0,7
Turbidez NTU	6,60	1,37	29,3	8,05
Temperatura °C	18,5	17,1	20	0,7
pH	7,48	6,96	7,8	0,25
OD mg.L <sup>-1</sup>	6,82	4,71	8,4	1,37
OD %	81,35	56,90	100,1	15,47
DBO5 mg.L <sup>-1</sup>	0,77	0,42	1,6	0,30

### 3.2.3 Comparaciones de parámetros químicos de las estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo.

Los valores de los parámetros considerados en estos análisis son el compendio de época seca y lluviosa; donde se procede a hacer una comparación de datos recopilados entre las estaciones de senderismo y las de no senderismo, mediante el uso de gráficos de diagramas de cajas.

**ES: estaciones de senderismo      ENS: estaciones de no senderismo**

**Gráfico 3.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Fosfato en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**

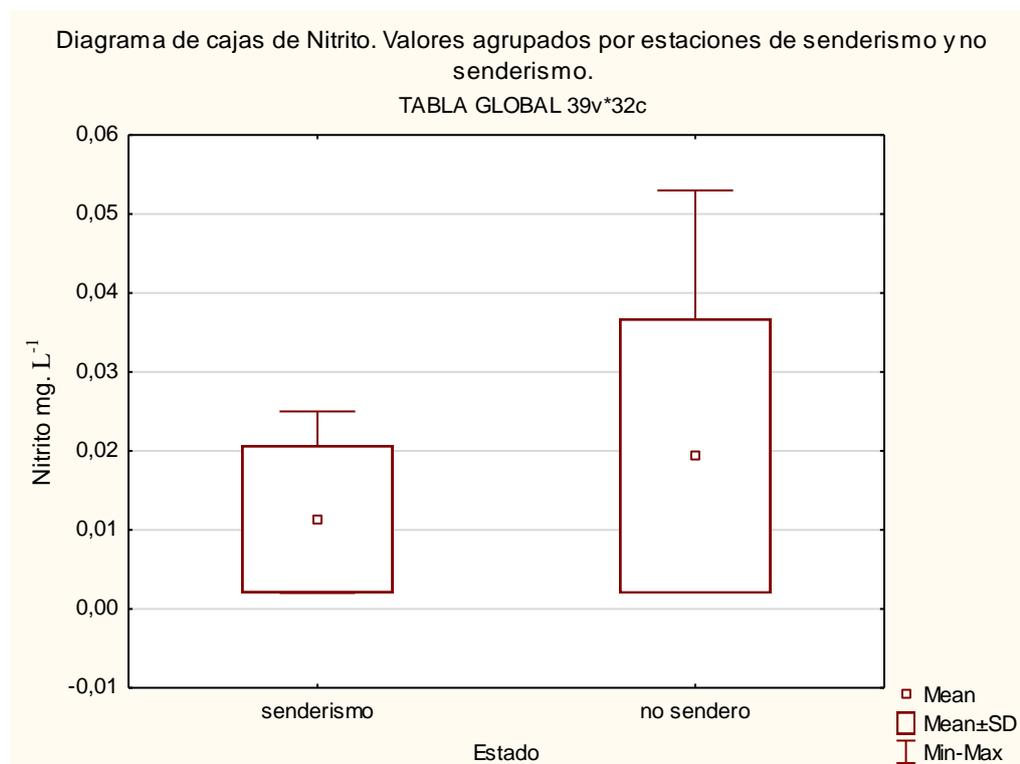


El **fosfato** presente en las aguas dulces, no está regulado por la legislación ecuatoriana. En el estudio llevado a cabo, la mayoría de estaciones presenta valores cercanos a cero, a excepción de E6NS que presentó un valor de 1,12 mg.L<sup>-1</sup> en época lluviosa.

Como puede observarse los niveles de fosfato en las estaciones de *no senderismo*, son mayores a las estaciones en las cuales se realiza *senderismo*, según lo conversado con moradores de la localidad, esta contribución se daría porque son áreas ganaderas en las cuales se cultiva pasto, al cual se agrega abonos ricos en fosfato.

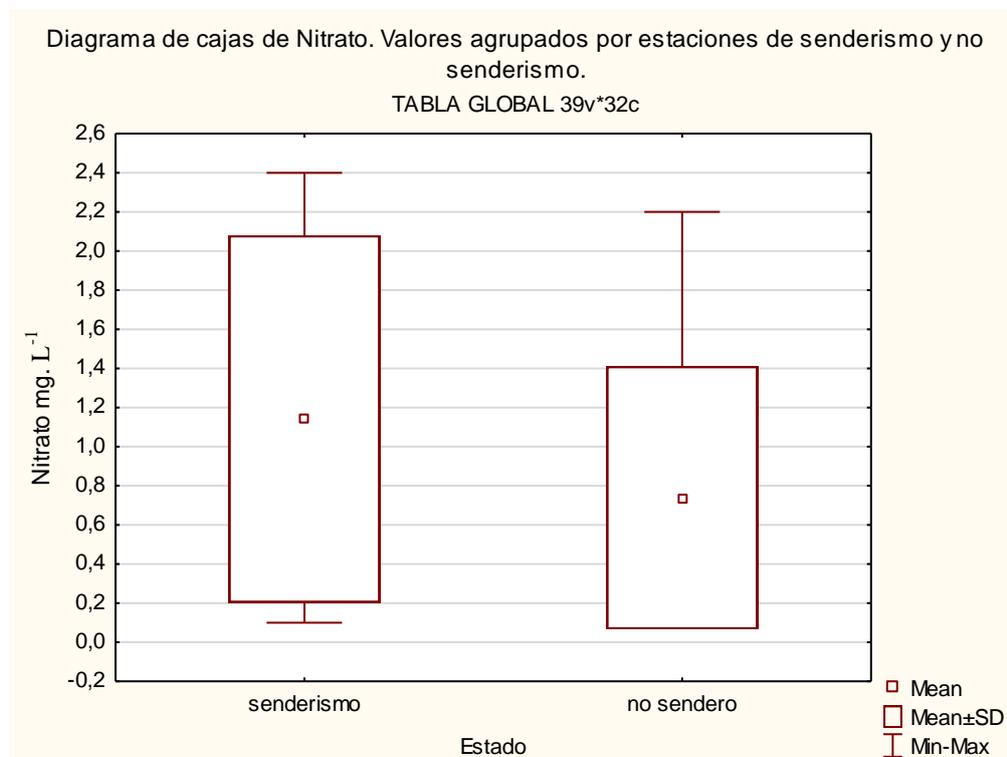
En adición a lo anterior, según estudios realizados por la Universidad de Colorado, otra importante fuente de la contaminación por fosfato proviene de la erosión que causa el agua o el viento. Cuando la escorrentía desplaza tierra y sedimento, arrastra los fosfatos contenidos.

**Gráfico 4.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Nitrito en estaciones de sendero versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**



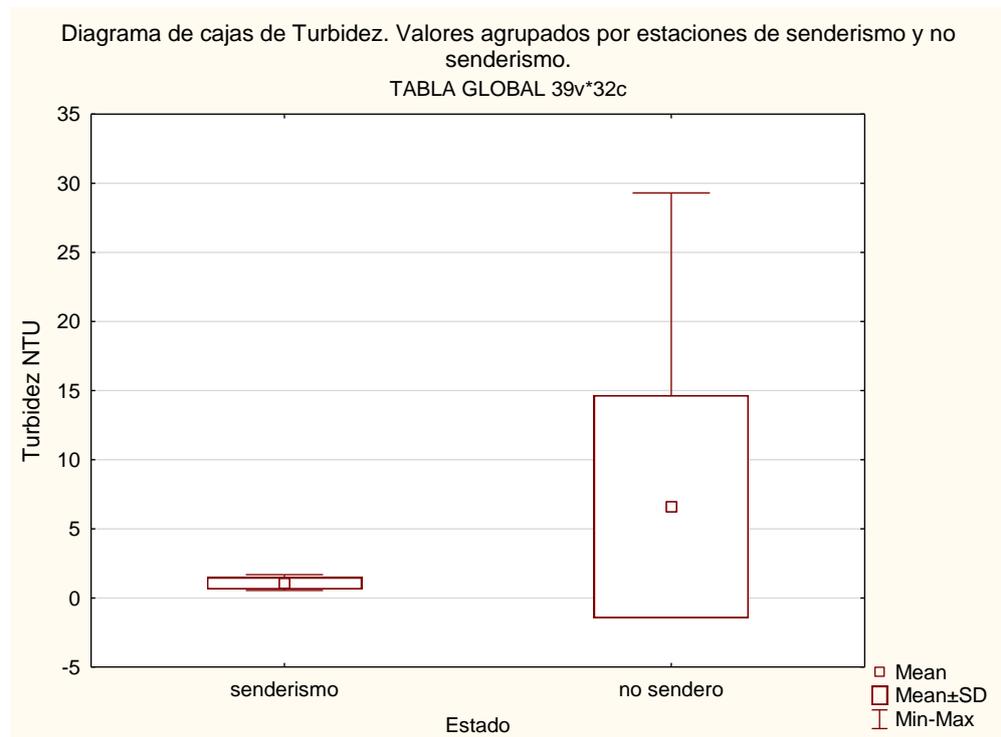
Para el Nitrito, la legislación ambiental local establece un límite máximo permisible de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> para agua dulce, lo cual se cumple para ambos casos estaciones de senderismo y de no senderismo, pero a pesar de eso el gráfico anterior muestra valores mayores en estaciones de no senderismo, lo cual se ve influenciado por el valor obtenido en la estación E3NS, que en época seca fue de 0,05 mg.L<sup>-1</sup> y en época lluviosa fue de 0,053 mg.L<sup>-1</sup>; dicha estación en ambos casos, época seca y lluviosa siempre presentó mayor presencia de sedimentos en sus aguas. A pesar de esto, el nitrito presente en los sitios muestreados, en todos los casos está dentro de la normativa.

**Gráfico 5.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Nitrato en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**



Para Nitrato, la legislación ambiental local establece un límite máximo permisible de 13 mg.L<sup>-1</sup> para preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces. La estación más alta E01S ubicada a los 1440 m.s.n.m. presentó 0,1 mg.L<sup>-1</sup> en época seca y 0,2 en época lluviosa, mientras que la estación más bajas ubicada a los 550 m.s.n.m., E14S presentó un valor de 0,43 mg.L<sup>-1</sup> en época seca y 2,2 mg.L<sup>-1</sup> en época lluviosa. Al revisar los valores para cada estación en época lluviosa en los anexos **tabla 48**, se observa que indistintamente de ser estación de sendero o no, existe un incremento de estos valores en las últimas estaciones, que están ubicadas en la zona más baja del área de estudio, finalmente debe mencionarse que todos los valores están dentro de los límites permisibles mencionados.

**Gráfico 6.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Turbidez en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**

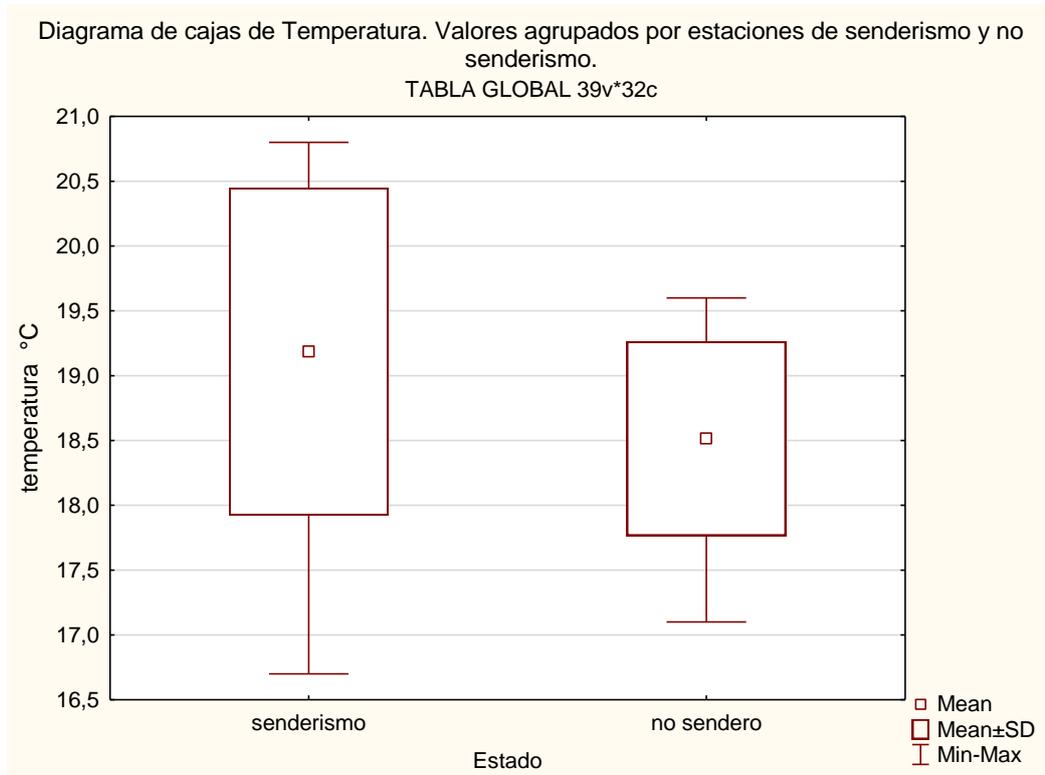


La **turbidez** para el caso de E3NS en época lluviosa presentó un 29,3 NTU como valor más alto del grupo de estaciones para este parámetro.

La turbidez presento variaciones significativas con la llegada las lluvias, ejemplos visibles se dieron en la estación E3NS que presentó 1,45 NTU en verano y 29,3 NTU en invierno. La estación E4NS que presentó 2,57 NTU en verano y 13,7 NTU en invierno. Y la estación E7NS que presentó 2,4 NTU en verano y 16,3 NTU en invierno.

Debido a que los valores que aumentaron significativamente pertenecen al grupo de estaciones NS, el gráfico muestra una diferencia bastante visual.

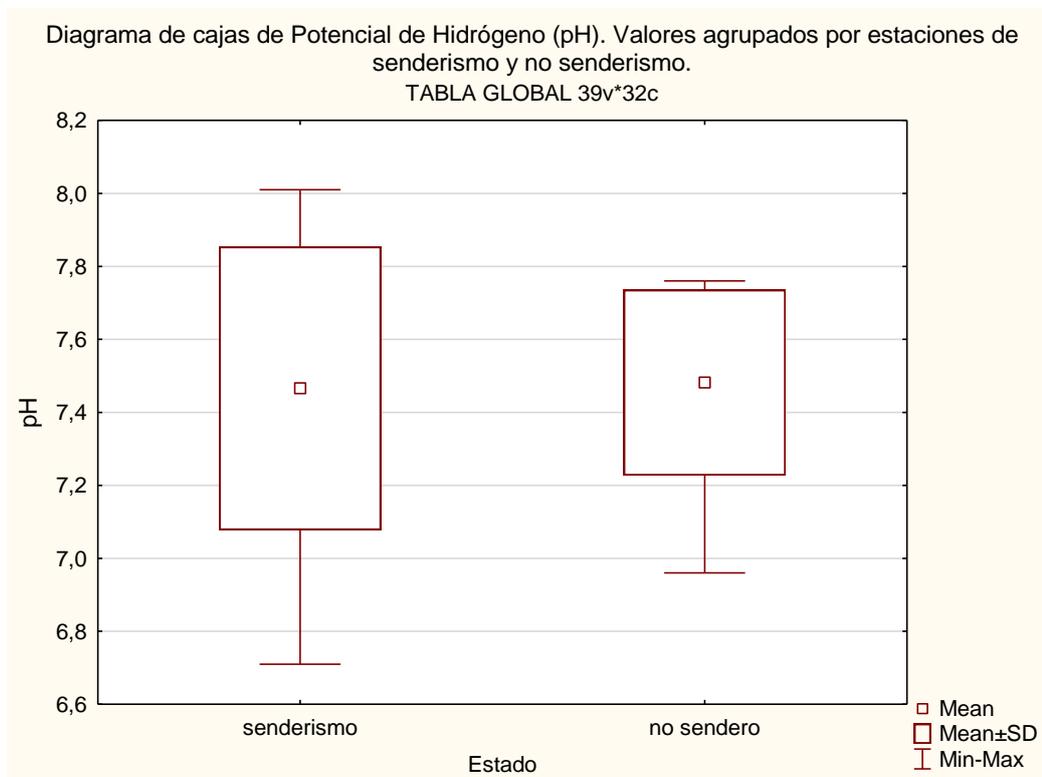
**Gráfico 7.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Temperatura en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**



La **temperatura**, según la legislación está dentro de los límites permisibles para agua dulce, cuando la temperatura natural del cauce varía máximo hasta 3 grados. Para el caso de los ríos y arroyos estudiados, no existen fuentes que atenten o alteren la temperatura natural de los mismos, y efectivamente se encuentran dentro de los estándares de la normativa ecuatoriana.

Referente a estaciones de sendero 4 de 7 de ellas están ubicadas entre los 800 y 550 m.s.n.m. caudales que en los momentos de muestreo siempre presentaron uno o dos grados más de temperatura que los puntos de muestreo ubicados en las zonas más altas de estudio, esta tendencia de temperatura de agua más fría en las estaciones altas y de agua más cálida en las estaciones bajas, se observó en época seca y también en época lluviosa.

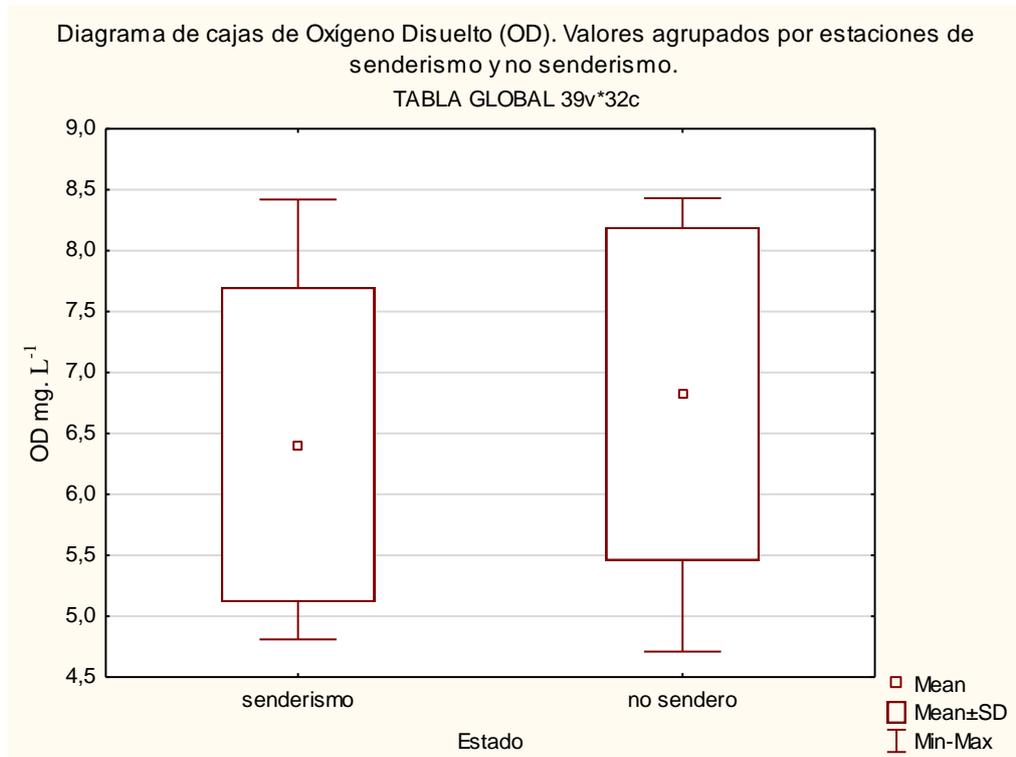
**Gráfico 8.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Potencial de Hidrógeno (pH) en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**



El **Potencial Hidrógeno** (pH) según la normativa ecuatoriana debe estar entre 6,5 y 9. Lo cual se cumple en todas las estaciones muestreadas tanto en época seca como lluviosa.

Pero se evidencia un pequeño aumento de pH a medida que cambió el clima de verano a invierno.

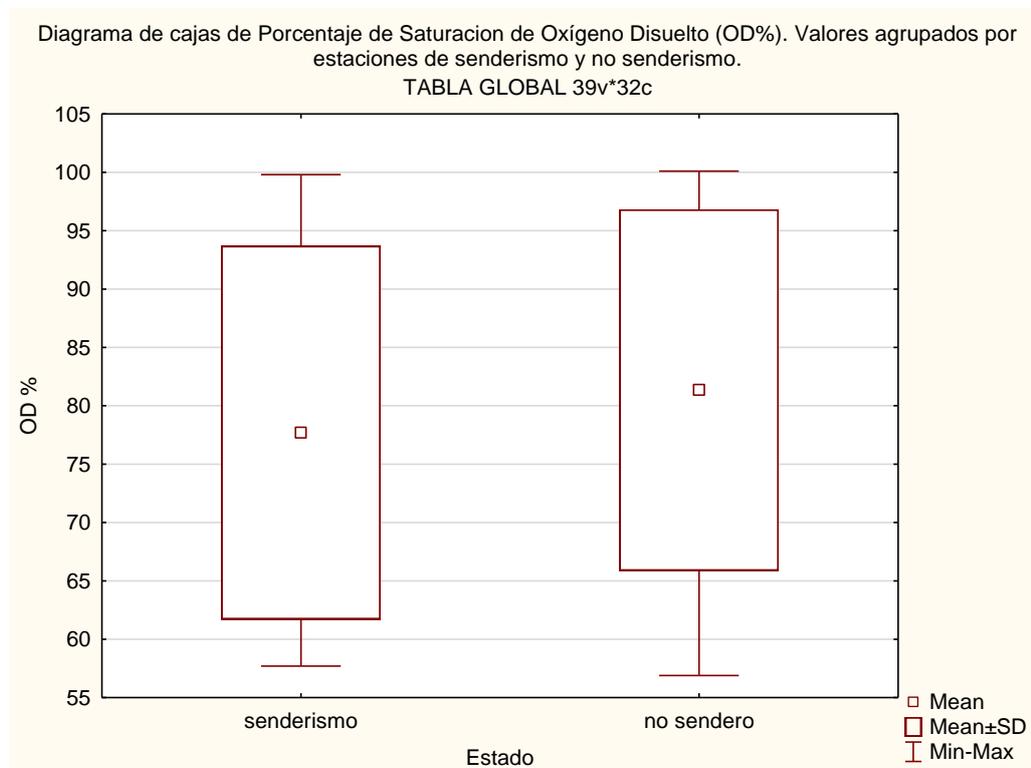
**Gráfico 9.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Oxígeno Disuelto (OD) en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**



El **Oxígeno Disuelto** según el texto de legislación ambiental del Ecuador, para aguas dulces, no debe ser menor a  $6 \text{ mg.L}^{-1}$ ; lo cual solo se cumple en los sitios estudiados en época seca que presentaron valores mayores a  $6 \text{ mg.L}^{-1}$  en las 14 estaciones.

En la época lluviosa, todas las estaciones presentaron valores por debajo de la normativa, siendo los valores más bajos en casos específicos: E10NS que presentó un valor de OD  $4,71$  y E11S un valor de OD  $4,81 \text{ mg.L}^{-1}$

**Gráfico 10.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto (OD%) en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**

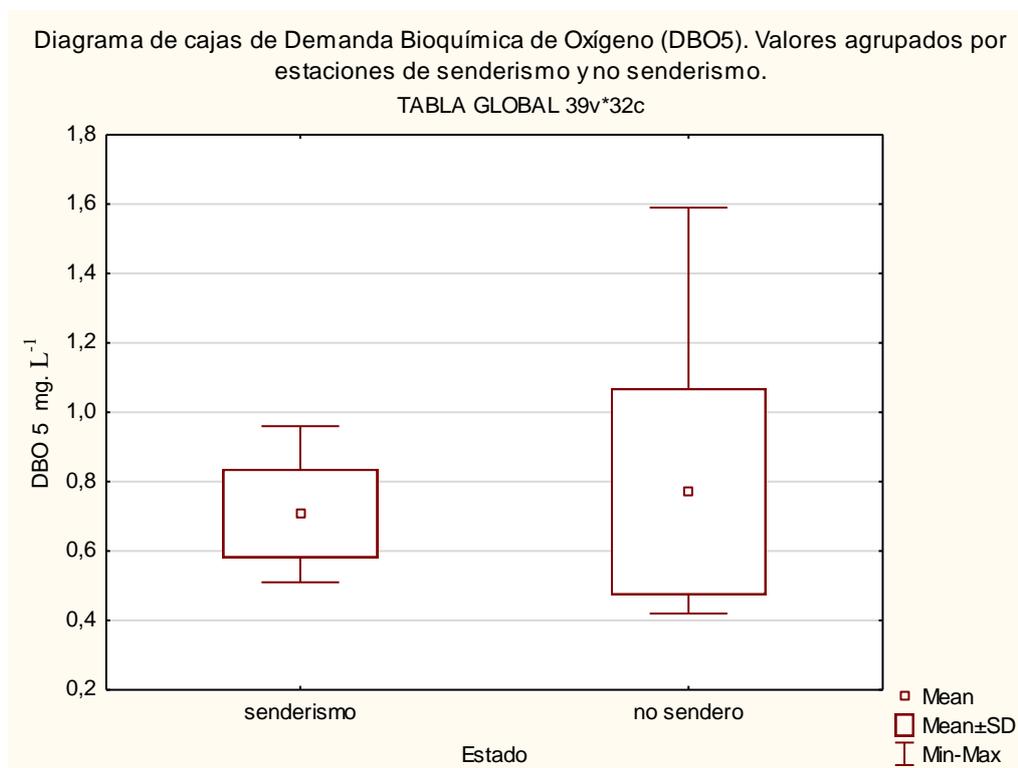


El **porcentaje de oxígeno disuelto** según la normativa ambiental local, para preservar la vida acuática en aguas dulces no debe ser menor al 80%. Lo cual para el caso de estudio se cumple en las 14 estaciones en época seca.

En época lluviosa todos los valores no cumplen con la normativa y están por debajo del 80%, presentando los valores más bajos: E10NS 56,9 % y E11S 57,7%

En la **tabla 48** de los anexos, se evidencia que de forma general la tendencia de valores más bajos se encuentra en las estaciones ubicadas en la zona más baja del estudio cerca de los 550 m.s.n.m.

**Gráfico 11.- Diagrama de cajas, comparaciones de valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en estaciones de senderismo versus estaciones de no senderismo. Épocas seca y lluviosa unificadas.**



En lo que respecta a la **Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) DBO<sub>5</sub>** tomando como referencia la tabla de límites máximos permisibles para preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, de TULAS libro VI anexo 1, se menciona que el valor para este parámetro debe ser máximo de 2 mg.L<sup>-1</sup>; en los valores obtenidos en todo el muestreo de época seca y lluviosa, en todas las estaciones se obtuvieron resultados que están dentro de los límites permisibles.

Según lo observado en varios casos de aquellas vertientes se obtiene y se canaliza agua para consumo doméstico, sin darle tratamiento de potabilización.

El gráfico anterior muestra que las estaciones de no senderismo tienen mayores valores de DBO 5, lo cual se ve influenciado por E3NS que presenta un valor de 1,59 mg.L<sup>-1</sup> en época seca, los demás valores todos están por debajo de 1 mg.L<sup>-1</sup>

### 3.3 Resultados muestras biológicas

Luego de la respectiva recolección de especies de macroinvertebrados para los fines pertinentes han sido agrupados por taxa, familia, estación muestreada, método de recolección empleado, estación seca y lluviosa. Cuyas tablas con el detalle de datos se pueden observar en los anexos de este proyecto.

#### 3.3.1 Muestras biológicas recolectadas en época seca

En época seca se recolectó un total de **1445 individuos** de los cuales 660 fueron capturados con red de mano y 785 con sustrato artificial.

La siguiente tabla muestra el número de individuos capturados con red de mano en lapsos de 3 minutos, en cada una de las estaciones en época seca.

**Tabla 18.- Número de individuos total y por orden presentes en las muestras colectadas con red de mano en cada una de las estaciones muestreadas en época seca.**

Número según orden	RED DE MANO													
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
<b>Coleóptera</b>	1	3	2	5	10	7	3	3	8	1	0	20	2	18
<b>Díptera</b>	2	1	1	16	1	3	15	0	0	31	2	3	0	1
<b>Ephemeroptera</b>	3	15	1	3	6	6	23	30	7	3	10	2	11	6
<b>Hemíptera</b>	0	1	0	2	0	1	2	0	4	4	6	1	2	0
<b>Megaloptera</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Odonata</b>	0	0	0	2	1	0	5	1	0	0	3	3	1	0
<b>Plecóptera</b>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	2	6
<b>Trichoptera</b>	5	4	9	2	6	13	3	7	8	21	0	19	11	20
<b>total insectos</b>	11	24	13	30	27	30	51	41	27	60	22	49	29	51
<b>No insectos</b>	47	64	8	2	9	11	0	20	4	0	14	7	8	1
<b>Número total de individuos</b>	58	88	21	32	36	41	51	61	31	60	36	56	37	52

La siguiente tabla muestra el número de individuos capturados con sustrato artificial, sumergido a 16 días en cada una de las estaciones en época seca.

**Tabla 19.- Número de individuos total y por orden presentes en las muestras colectadas con sustrato artificial en cada una de las estaciones muestreadas en época seca.**

SUSTRATO ARTIFICIAL														
Número según orden	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
<b>Coleóptera</b>	5	1	3	8	4	13	6	7	1	7	16	4	8	4
<b>Díptera</b>	9	28	14	2	4	13	4	6	10	6	2	3	7	14
<b>Ephemeroptera</b>	1	1	0	17	15	11	9	4	4	11	3	1	6	6
<b>Hemíptera</b>	0	0	0	3	1	2	0	1	1	2	0	1	4	0
<b>Megaloptera</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Odonata</b>	0	2	0	1	0	2	0	1	0	0	0	3	0	0
<b>Plecóptera</b>	0	0	0	0	3	2	4	2	2	5	2	2	10	2
<b>Trichoptera</b>	7	24	11	5	61	35	5	2	3	31	22	18	5	91
<b>total insectos</b>	22	56	28	36	88	78	28	23	21	62	45	32	40	117
<b>No insectos</b>	48	7	5	8	8	0	11	7	1	6	4	1	2	1
<b>Número total de individuos</b>	70	63	33	44	96	78	39	30	22	68	49	33	42	118

### 3.3.1.1 Comparación de número de individuos y taxa colectados con metodología red mano y sustrato artificial, época seca.

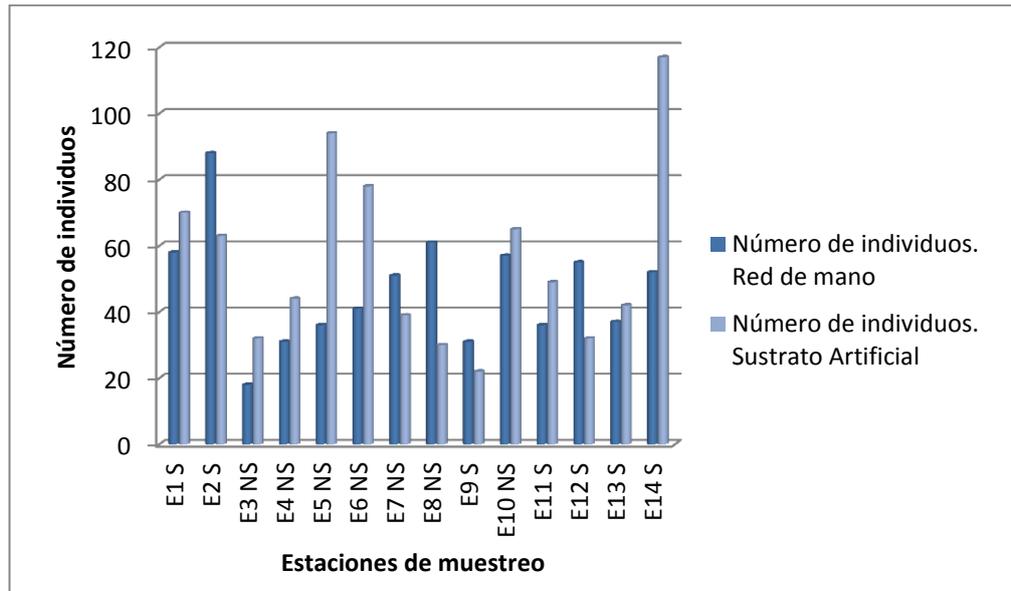
Para el caso de metodología de red de mano las estaciones con mayor número de órdenes o taxa encontrados fueron E4NS, E12S, E14S; Para el caso de metodología de sustrato artificial las estaciones con mayor número de órdenes o taxa encontrados fueron E4NS, E6NS, E7NS, E10NS, E12S, E13S. En época seca la metodología de sustrato artificial recolectó mayor número de individuos y mayor diversidad de familias y órdenes.

**Tabla 20.- Medidas de abundancia, metodología red mano y sustrato artificial, época seca.**

<b>RED DE MANO</b>	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
<b>Número de taxa</b>	5	7	5	10	9	7	9	6	8	7	9	12	8	10
<b>Número de individuos</b>	58	88	18	31	36	41	51	61	31	57	36	55	37	52
<b>SUSTRATO ARTIFICIAL</b>	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
<b>Número de taxa</b>	6	7	7	10	8	10	13	8	8	12	9	10	10	9
<b>Número de individuos</b>	70	63	32	44	94	78	39	30	22	65	49	32	42	117

El gráfico a continuación muestra en barras el número de individuos recolectados por metodología, por estación de muestreo, en época seca.

**Gráfico 12.- Abundancia de macroinvertebrados. Metodología de red de mano y sustrato artificial. Época seca.**



### 3.3.1.2 Medidas de riqueza, metodología red mano y sustrato artificial, época seca.

Referente a las medidas de riqueza podemos observar en la siguiente tabla el valor *EPT taxa* (acrónimo para *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*), referenciado para cada estación.

El cálculo del índice EPT, es la sumatoria del número de taxa representado por estos 3 órdenes de insectos. El índice EPT taxa, tiende a ser muy sensible a varias formas de contaminación.

#### Interpretación de los valores ETP Taxa

Si el índice EPT es 1 o menor a 1, entonces las condiciones son pobres.

Si el índice EPT está entre 2 y 5, las condiciones son moderadas.

Si el índice EPT es mayor a 5, las condiciones son buenas.

**Tabla 21.- EPT Taxa. Red de mano y sustrato artificial. Época seca.**

<b>MEDIDAS DE RIQUEZA - RED DE MANO – EPOCA SECA</b>														
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
<b>EPT taxa</b>	2	2	2	3	4	2	2	2	4	3	3	3	2	3
<b>E taxa</b>	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	0	1
<b>P taxa</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<b>T taxa</b>	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	0	1	1	1
<b>Díptera</b>	1	1	1	2	1	1	2	0	0	2	1	1	0	0
<b>MEDIDAS DE RIQUEZA – SUSTRATO ARTIFICIAL – EPOCA SECA</b>														
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
<b>EPT taxa</b>	2	2	2	4	3	6	7	3	4	6	4	3	4	3
<b>E taxa</b>	1	1	0	3	1	3	3	1	2	2	1	1	2	1
<b>P taxa</b>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>T taxa</b>	1	1	2	1	1	2	3	1	1	3	2	1	1	1
<b>Díptera</b>	2	2	2	1	2	1	3	1	1	2	2	1	1	1

Surge en esta sección una vez más, la premisa de que mientras mayor sea el esfuerzo de recolección mejor serán los resultados de los índices, los valores resultantes de este índice califican a las estaciones E6NS, E7NS y E10NS, **con las mejores condiciones** para la vida acuática.

### 3.3.2 Muestras biológicas recolectadas en época lluviosa.

Para el ejercicio realizado en época lluviosa se recolectó un total de **1770 individuos** de los cuales 668 fueron capturados con red de mano y 1102 con sustrato artificial.

La tabla a continuación muestra el número de individuos capturados con red de mano en lapsos de 3 minutos, en cada una de las estaciones en época lluviosa.

**Tabla 22.- Número de individuos total y por orden presentes en las muestras colectadas con red de mano en cada una de las estaciones muestreadas en época lluviosa.**

	RED DE MANO													
<i>número según orden</i>	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
<b>Coleóptera</b>	3	2	1	2	15	6	3	8	4	6	0	1	2	0
<b>Díptera</b>	1	5	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0	0	0
<b>Ephemeroptera</b>	2	1	5	1	8	1	2	17	7	2	6	8	8	0
<b>Hemíptera</b>	1	3	0	0	1	1	0	1	1	0	2	1	2	1
<b>Megaloptera</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<b>Odonata</b>	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0
<b>Plecóptera</b>	1	0	0	0	4	1	1	2	1	0	0	0	0	1
<b>Trichoptera</b>	12	35	16	2	50	81	2	49	23	21	58	11	28	5
<b>total insectos</b>	21	48	22	5	78	90	9	79	37	31	69	22	41	8
<i>No insectos</i>	15	69	6	0	10	2	0	4	0	0	0	0	2	0
<b>Número total de individuos</b>	36	117	28	5	88	92	9	83	37	31	69	22	43	8

La tabla siguiente muestra el número de individuos capturados con sustrato artificial, sumergido a 16 días en cada una de las estaciones en época lluviosa, referente a esto en las estaciones E09, E10 y E14, debido a crecientes de caudal y derrumbes no se localizaron las bolsas sumergidas.

**Tabla 23.- Número de individuos total y por orden presentes en las muestras colectadas con sustrato artificial en cada una de las estaciones muestreadas en época lluviosa.**

número según orden	SUSTRATO ARTIFICIAL													
	E1 ***	E2 ***	E3 ***	E4 *	E5 *	E6 *	E7 ***	E8 ***	E9	E10	E11 ***	E12 ***	E13 **	E14
<b>Coleóptera</b>	7	4	8	4	1	2	11	3	no	no	2	0	3	no
<b>Díptera</b>	21	21	7	1	0	2	11	6	no	no	6	14	74	no
<b>Ephemeroptera</b>	5	0	5	15	8	0	11	5	no	no	11	4	4	no
<b>Hemíptera</b>	1	1	10	3	0	0	0	0	no	no	0	9	0	no
<b>Megaloptera</b>	0	0	0	0	0	0	2	0	no	no	0	0	0	no
<b>Odonata</b>	4	2	2	0	1	0	0	0	no	no	2	0	0	no
<b>Plecóptera</b>	1	0	0	1	6	1	2	0	no	no	4	0	5	no
<b>Trichoptera</b>	97	29	31	8	12	3	22	24	no	no	18	38	18	no
<b>total insectos</b>	136	57	63	32	28	8	59	38	no	no	43	65	104	no
No insectos	175	239	18	2	7	2	3	23	no	no	0	0	0	no
<b>Número total de individuos</b>	311	296	81	34	35	10	62	61	no	no	43	65	104	no

Nota: Cada asterisco (\*) representa una bolsa de sustrato recolectada en cada estación de muestreo.

La tabla anterior muestra los órdenes encontrados en época lluviosa en los sitios muestreados, inicialmente el diseño consistió en el sumergimiento de 3 bolsas de sustrato artificial en cada estación, pero luego del transcurso de 16 días al momento de la recolección existieron escenarios de derrumbes sobre el caudal donde ciertas bolsas de sustrato se perdieron, en otros casos podría tratarse de vandalismo por parte de los visitantes a dichos recursos de agua.

### 3.3.2.1 Comparación de número de individuos y taxa colectados con metodología red mano y sustrato artificial, época lluviosa.

Para el caso de metodología de red de mano las estaciones con mayor número de órdenes o taxa encontrados fueron E5NS, E6NS; Para el caso de

metodología de sustrato artificial las estaciones con mayor número de órdenes o taxa encontrados fueron E1S, E3NS, E7NS.

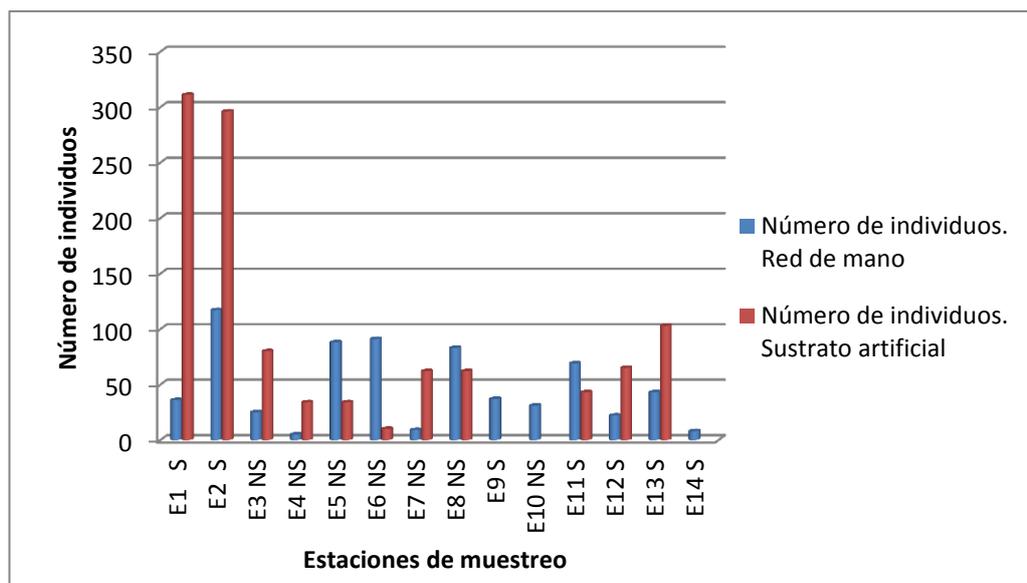
En época lluviosa la metodología de sustrato artificial de igual forma lideró la recolección de macroinvertebrados, en *abundancia*.

**Tabla 24.- Medidas de abundancia, metodología red mano y sustrato artificial, época lluviosa.**

RED DE MANO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	Número de taxa	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S
Número de individuos	9	9	5	3	10	10	6	8	7	8	9	5	9	4
SUSTRATO ARTIFICIAL	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
Número de taxa	11	9	11	8	7	6	10	7	N/D	N/D	8	4	5	N/D
Número de individuos	311	296	80	34	34	10	62	62	N/D	N/D	43	65	103	N/D

El gráfico a continuación muestra en barras el número de individuos recolectados por metodología y por estación de muestreo, en época lluviosa.

**Gráfico 13.- Abundancia de macroinvertebrados. Metodología de red de mano y sustrato artificial. Época lluviosa.**



### 3.3.2.2 Medidas de riqueza, metodología red mano y sustrato artificial, época lluviosa.

Referente a las medidas de riqueza podemos observar en la tabla 28 el valor *EPT taxa*, referenciado para cada estación, donde se puede observar que el método de red de mano fue más eficaz para capturar los tres órdenes: Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera.

El índice EPT calculado con la red de mano en época lluviosa revela que E5NS es la estación con mejor condición para la vida acuática

El índice ETP calculado con la información del sustrato artificial, sugiere que E4NS, E5NS, E7NS, E11S tienen las mejores condiciones para la vida, siendo sus valores de 4, los más altos de su grupo.

**Tabla 25.- EPT Taxa. Red de mano y sustrato artificial. Época lluviosa.**

<b>MEDIDAS DE RIQUEZA - RED DE MANO – EPOCA LLUVIOSA</b>															
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S	
<b>EPT taxa</b>	3	2	3	2	6	4	3	3	3	4	4	1	2	2	
<b>E taxa</b>	1	1	2	1	3	1	1	1	1	2	3	0	1	0	
<b>P taxa</b>	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	
<b>T taxa</b>	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	
<b>Díptera</b>	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	
<b>MEDIDAS DE RIQUEZA – SUSTRATO ARTIFICIAL – EPOCA LLUVIOSA</b>															
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S	
<b>EPT taxa</b>	3	1	3	4	4	2	4	3	N/D	N/D	4	1	2	N/D	
<b>E taxa</b>	1	0	2	2	2	0	2	2	N/D	N/D	2	0	0	N/D	
<b>P taxa</b>	1	0	0	1	1	1	1	0	N/D	N/D	1	0	1	N/D	
<b>T taxa</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	N/D	N/D	1	1	1	N/D	
<b>Díptera</b>	2	1	2	1	0	1	2	1	N/D	N/D	1	1	1	N/D	

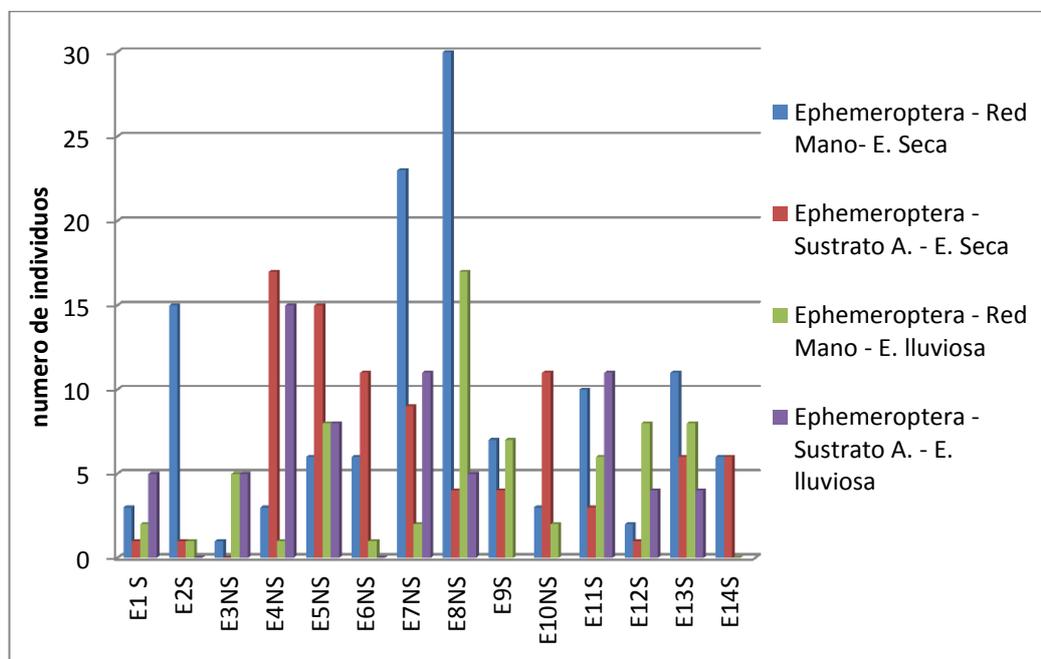
### 3.3.3 Abundancia de los principales órdenes de macroinvertebrados presentes en las estaciones muestreadas.

En los gráficos que se muestran en esta sección se podrá ver la distribución de abundancias de los principales órdenes, presentados por número de individuos en cada sitio evaluado, donde se puede observar que algunos órdenes tienen números elevados en ciertas estaciones, esto está ciertamente relacionado por cambios en el hábitat y cauce del río, debido a factores humanos y naturales.

#### Orden Ephemeroptera

El siguiente gráfico muestra que el orden en discusión está presente en todas las estaciones con mayor abundancia en E7NS y E8NS y menor presencia en E1S y E3NS.

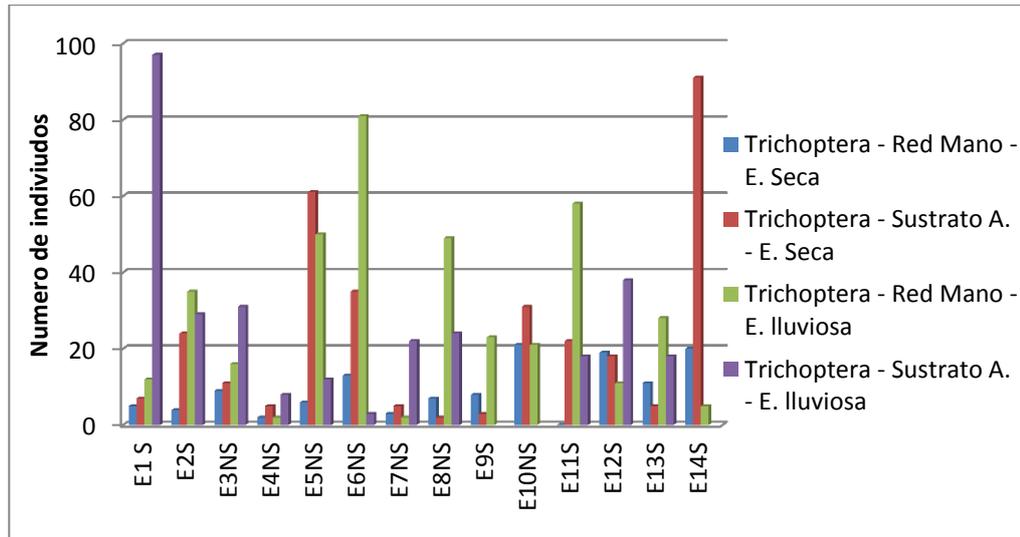
Gráfico 14.- Abundancia de Ephemeroptera en las estaciones muestreadas.



### Orden Trichoptera

El siguiente gráfico muestra que el orden Trichoptera está presente en todas las estaciones, pero mayormente en E1S, E5NS, E6NS, E11S, E14S; y en menor número en E4NS.

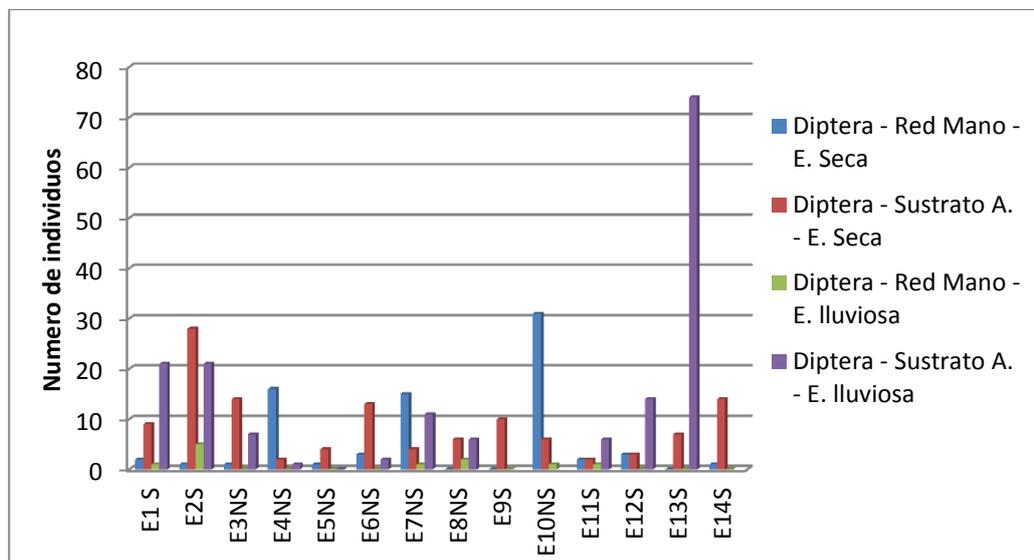
**Gráfico 15.- Abundancia de Trichoptera en las estaciones muestreadas.**



### Orden Díptera:

El orden díptera se encuentra presente en todas las estaciones, pero en mayor número en la estación E13S con 74 individuos capturados con la metodología de sustrato artificial.

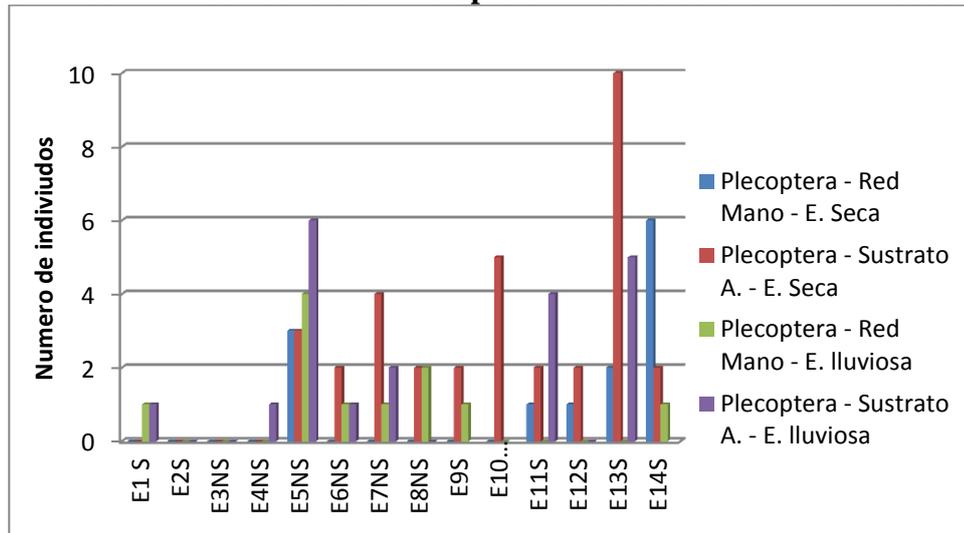
**Gráfico 16.- Abundancia de Díptera en las estaciones muestreadas.**



**Orden Plecóptera:**

El orden Plecóptera estuvo presente en todas las estaciones a excepción de E2S y E3NS; el mayor número se encontró en E13S con 10 individuos capturados con sustrato artificial en época seca.

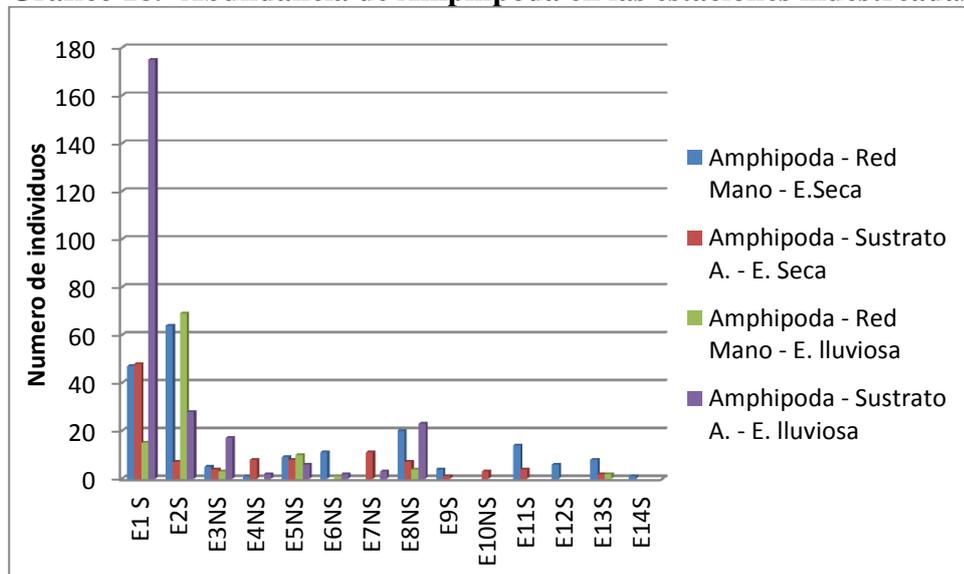
**Gráfico 17.- Abundancia de Plecóptera en las estaciones muestreadas.**



**Orden Amphipoda:**

Estuvo presente en todas las estaciones, pero en abundancia en E1S y E2S, siendo el mayor número colectado con la metodología de sustrato artificial, en E1S que contó con 175 individuos en época lluviosa.

**Gráfico 18.- Abundancia de Amphipoda en las estaciones muestreadas.**



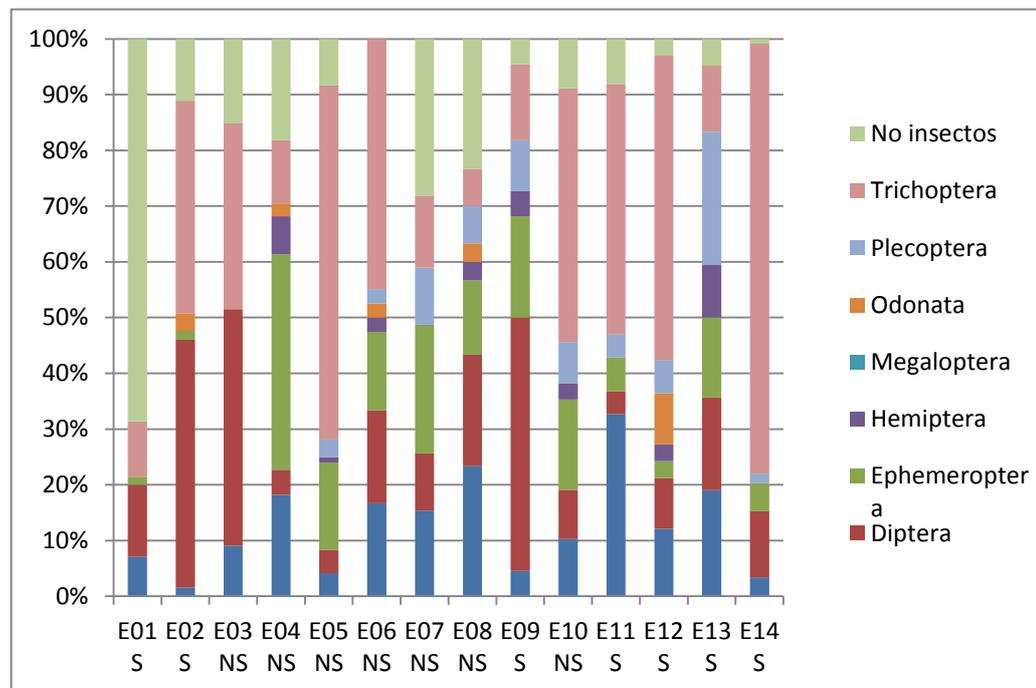
### 3.4 Abundancia relativa de macroinvertebrados por estación y según método de recolección.

En esta sección mediante el uso de gráficos, se presenta cada orden de macroinvertebrados y su porcentaje de aportación con respecto a 100 % de individuos capturados en cada estación. Para este motivo se han agrupado estos gráficos por estación seca y lluviosa y a la vez por metodología de captura.

#### Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación seca – sustrato artificial

El siguiente gráfico muestra que la metodología de sustrato artificial capturó mayor porcentaje de Trichoptera, Ephemeroptera y Díptera, por el contrario los órdenes Megaloptera y Hemiptera representan los porcentajes más bajos.

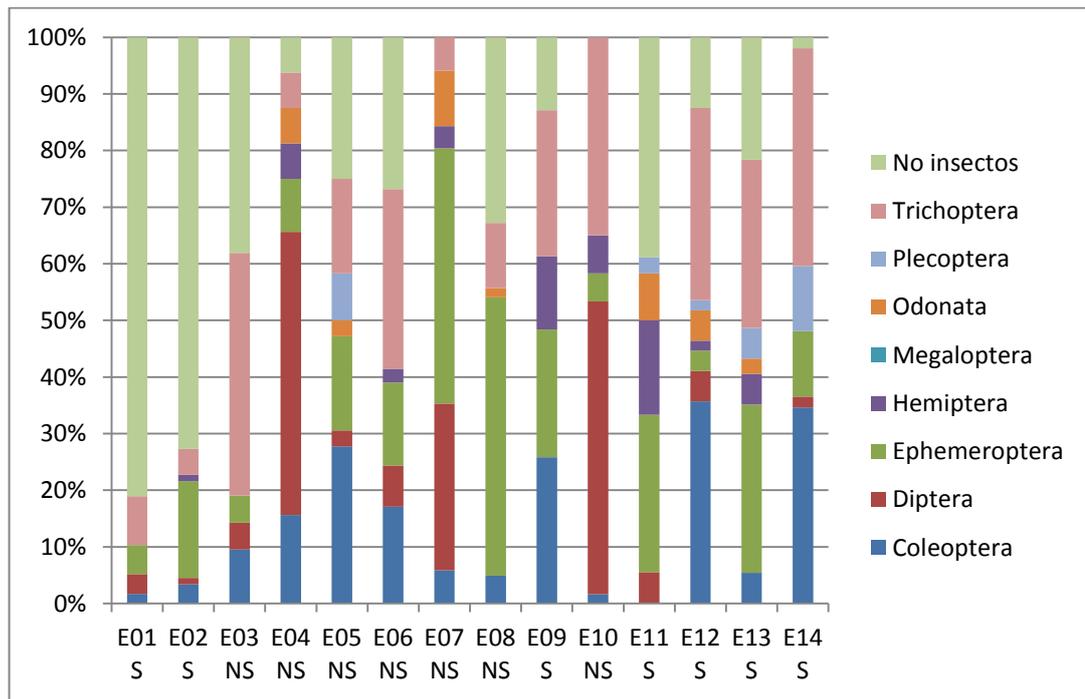
**Gráfico 19.- Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación seca – sustrato artificial.**



### Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación seca – red de mano.

El siguiente gráfico revela que la red de mano fue más eficaz para capturar otras especies como Amphipoda, representadas como *no insectos* y a la vez también tuvo éxito para capturar los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Coleóptera.

**Gráfico 20.- Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación seca – red de mano.**



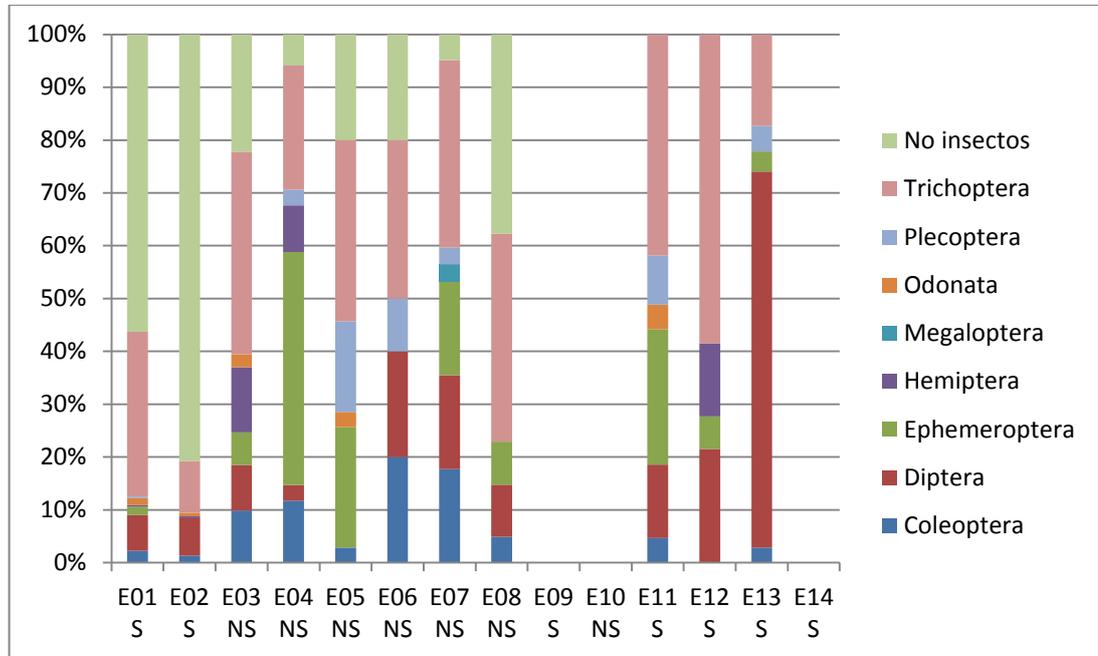
### Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación lluviosa – sustrato artificial.

El siguiente gráfico muestra que la metodología de sustrato artificial capturó mayor porcentaje de Trichoptera, Ephemeroptera y Díptera, por el contrario los órdenes Megaloptera y Onodata representan los porcentajes más bajos.

En esta ocasión este método colectó un mayor número de Amphipoda, en la estación E01 S con un total de 175 individuos representados en el gráfico como no insectos.

Además se notó un número importante de Oligochaeta de 211 individuos presentes en E02 S también representados como no insectos.

**Gráfico 21.- Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación lluviosa – sustrato artificial.**

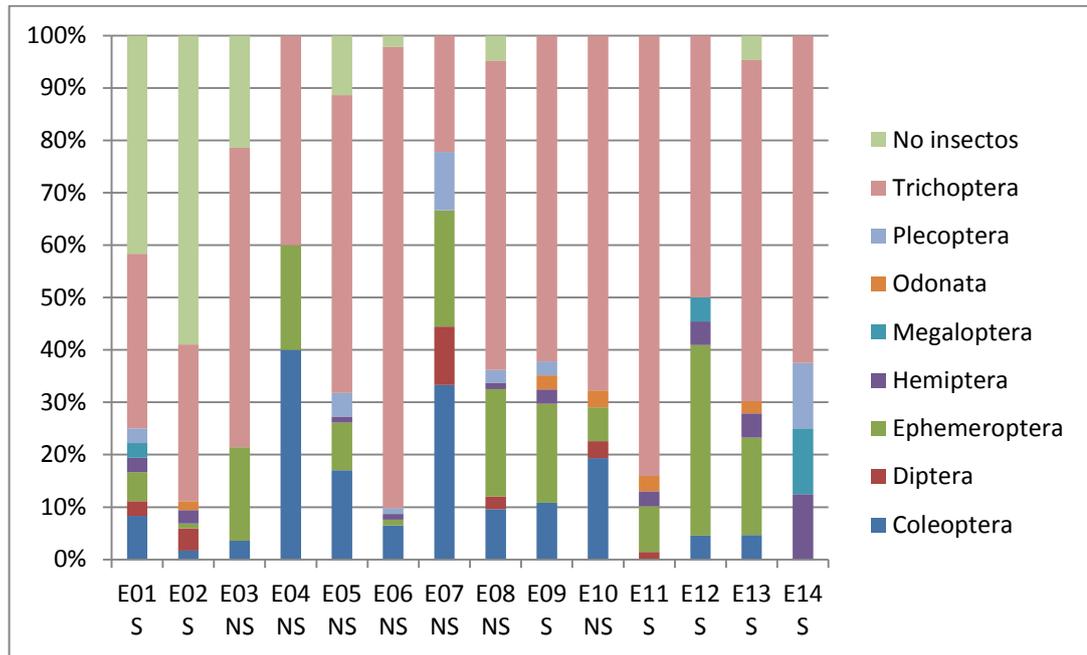


**Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación lluviosa – red de mano.**

El gráfico a continuación muestra que el orden con mayor porcentaje de presencia es Trichoptera, seguido por Ephemeroptera y coleóptera.

El incremento del orden Trichoptera en los cauces estaría relacionado con la presencia de mayor vegetación flotante en los cauces estudiados, debido a varios factores propios de la época invernales o también debido a alteraciones en el hábitat por presencia humana. El orden trichoptera suele ser herbívoro.

**Gráfico 22.- Abundancia relativa de macroinvertebrados. Estación lluviosa – red de mano.**



### 3.5 Comparaciones de abundancia de órdenes entre estaciones de senderismo y de no senderismo.

En esta sección podrá encontrarse comparaciones entre órdenes de macroinvertebrados y número de individuos presentes en las estaciones de senderismo y no senderismo, (donde por ejemplo se toma los números de coleóptera presentes en cada estación de sendero y se los suma; así también se toma los coleóptera presentes en cada estación de no sendero y se los suma; para obtener dos valores de coleóptera que presenta cada gráfico, datos agrupados por metodología de recolección, y según estación seca - lluviosa.

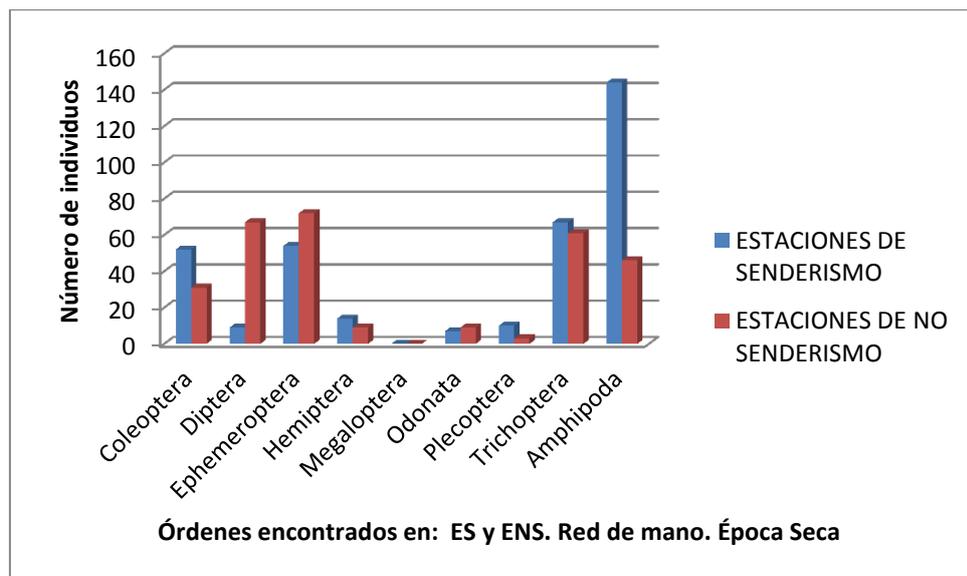
- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época seca.
- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología sustrato artificial, época seca.
- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época lluviosa.
- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red sustrato artificial, época lluviosa.

### 3.5.1 Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época seca.

El siguiente gráfico muestra que las estaciones de **senderismo** tienen un mayor número de Coleóptera, Hemíptera, Plecóptera, Trichoptera y no insectos (representados mayormente por el orden Amphipoda)

Las estaciones de **no senderismo** tienen un mayor número de Díptera (representado en gran número por la familia *Chironomidae*), mayor presencia de Ephemeroptera y Onodata.

**Gráfico 23.- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época seca.**



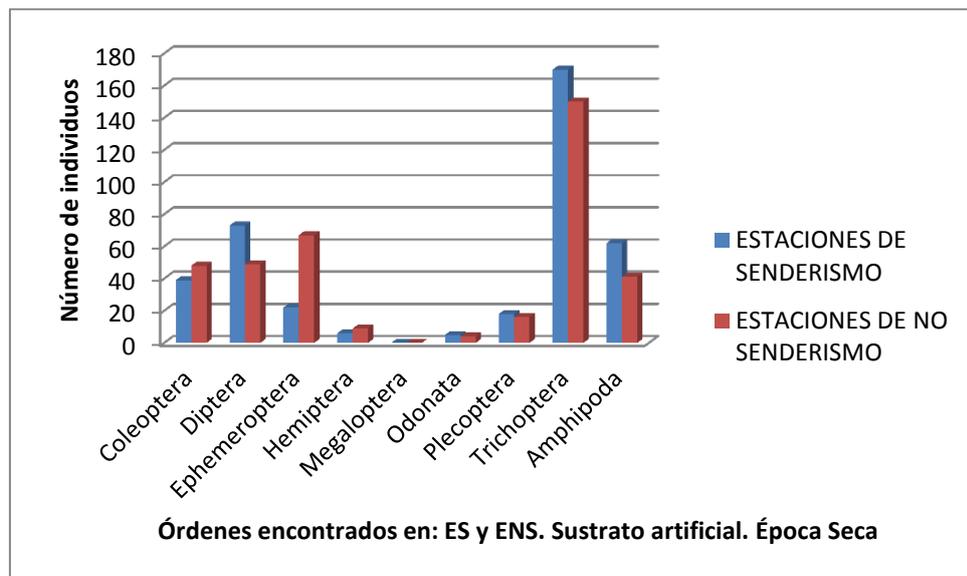
### 3.5.2 Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología sustrato artificial, época seca.

El siguiente gráfico muestra que las estaciones de **senderismo** tienen un mayor número de Díptera (representado mayormente por la familia *Chironomidae*),

Onodata, Trichoptera y no insectos (representado mayormente por el orden Amphipoda).

Las estaciones de **no senderismo** tienen mayor presencia de los órdenes Coleóptera, Ephemeroptera y Hemiptera.

**Gráfico 24.- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología sustrato artificial, época seca.**

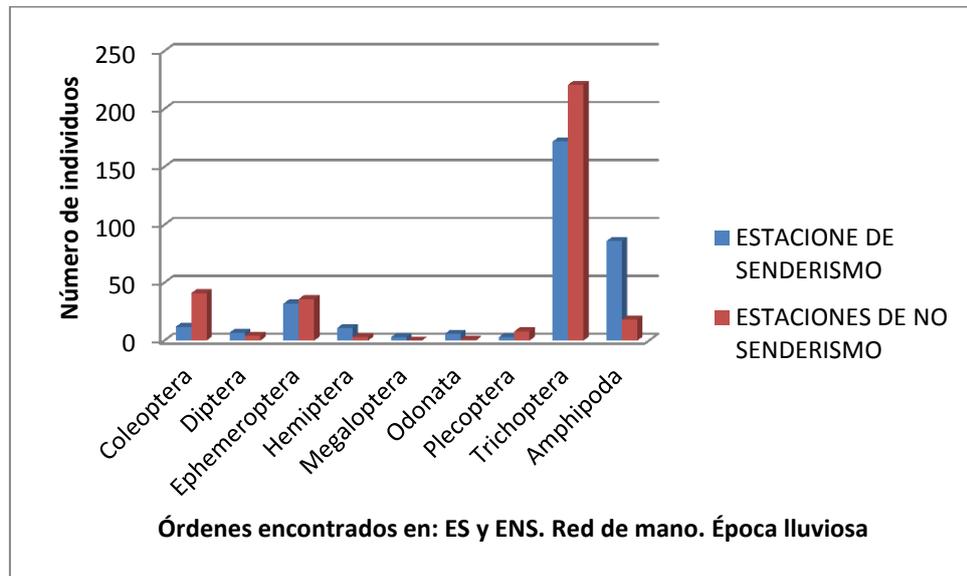


### 3.5.3 Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época lluviosa.

Las estaciones de **senderismo** presentaron mayor abundancia de los órdenes Díptera, Hemíptera, Megaloptera, Onodata y no insectos (Amphipoda).

Las estaciones de no senderismo presentaron mayor abundancia de los órdenes Coleóptera Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera.

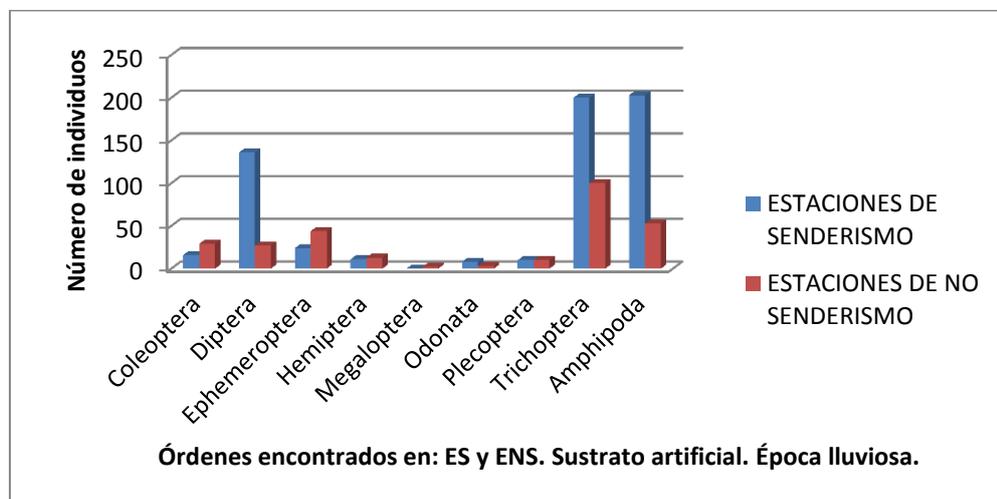
**Gráfico 25.- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red de mano, época lluviosa.**



### 3.5.4 Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología red sustrato artificial, época lluviosa.

Las estaciones de senderismo presentaron mayor abundancia de los órdenes Díptera, Trichoptera y no insectos. Las estaciones de no senderismo presentaron mayor abundancia de los órdenes Coleóptera, Ephemeroptera y Hemíptera.

**Gráfico 26.- Comparaciones de abundancia de órdenes de macroinvertebrados entre ES y ENS, metodología sustrato artificial, época lluviosa.**



### 3.6 Relaciones entre las variables físico químicas y taxa. Según metodología de recolección y época de muestreo.

En esta sección mediante herramientas estadísticas como las correlaciones de Spearman, se buscan relaciones entre las variables físico - químicas y los órdenes capturados con red de mano y sustrato artificial, de igual forma se presentan análisis para época seca e invernal.

*Es importante tener presente que los valores distantes o muy apartados de los grupos, llamados datos anómalos, fueron borrados para fines estadísticos.*

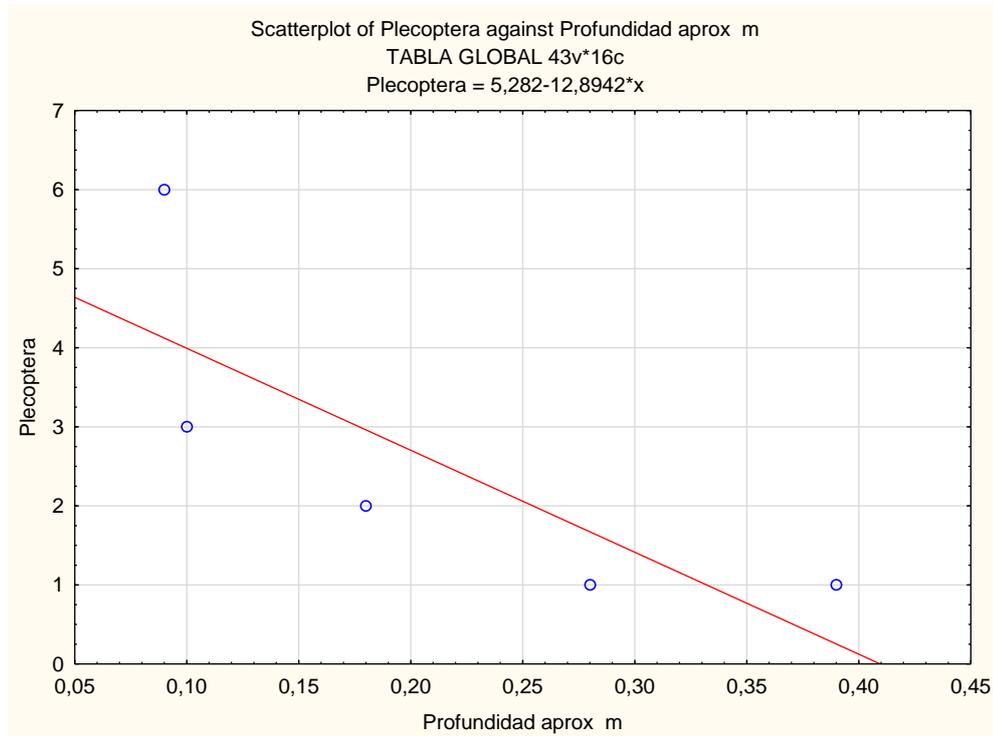
#### Correlaciones Spearman, variables físico-químicas vs taxa, metodología red de mano. Época seca.

Para el análisis realizado se procedió a explorar gráficamente, y en el caso de *datos anómalos*, estos fueron removidos, la siguiente tabla muestra los valores que resultaron de este análisis:

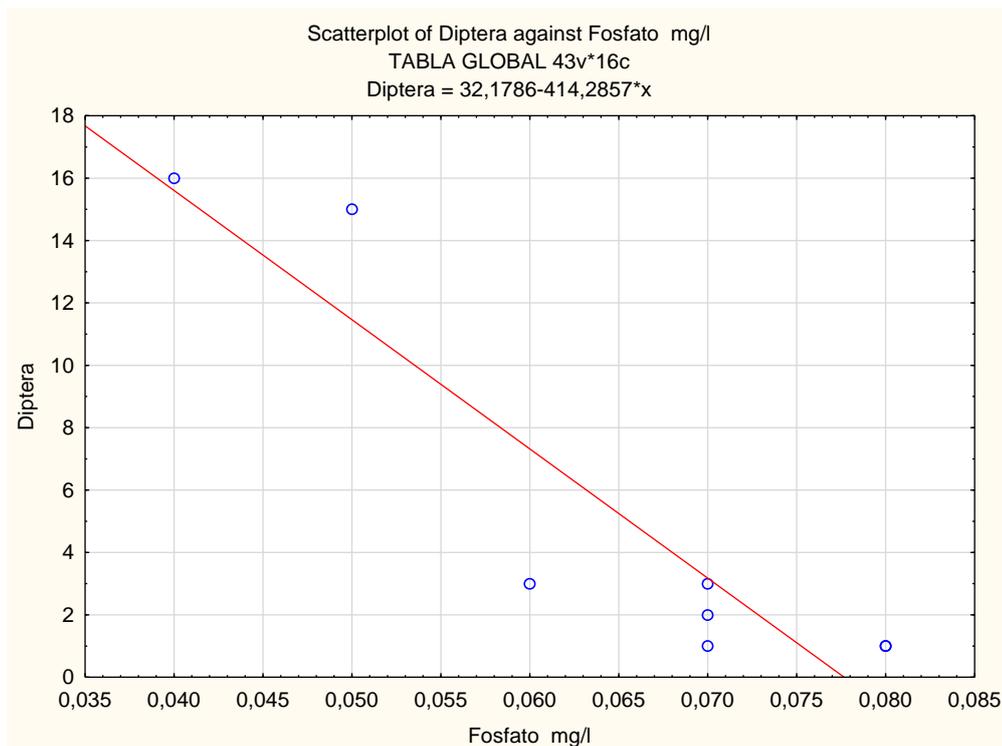
**Tabla 26.- Correlaciones Spearman, variables físico-químicas vs ordenes de macroinvertebrados recolectados con metodología de red de mano. Época seca.**

Correlaciones significativas a P < 0,05	Díptera	Ephemeroptera	Hemiptera	Onodata	Plecóptera	Trichoptera	No Insectos
Velocidad m. s <sup>-1</sup>						-0,60	0,64
Profundidad m				0,82	-0,97		
Fosfato mg.L <sup>-1</sup>	-0,91					0,65	
Turbidez NTU		-0,59					
Temperatura °C						0,79	
pH	0,78						
OD mg.L <sup>-1</sup>						-0,68	
OD %						-0,69	
DBO5			-0,67				

**Gráfico 27.- Correlación entre la variable física Profundidad y el número de individuos del orden Plecóptera, capturados con la metodología red de mano, época seca.**



**Gráfico 28.- Correlación entre Fosfato y el número de individuos del orden Díptera, capturados con la metodología red de mano, época seca.**



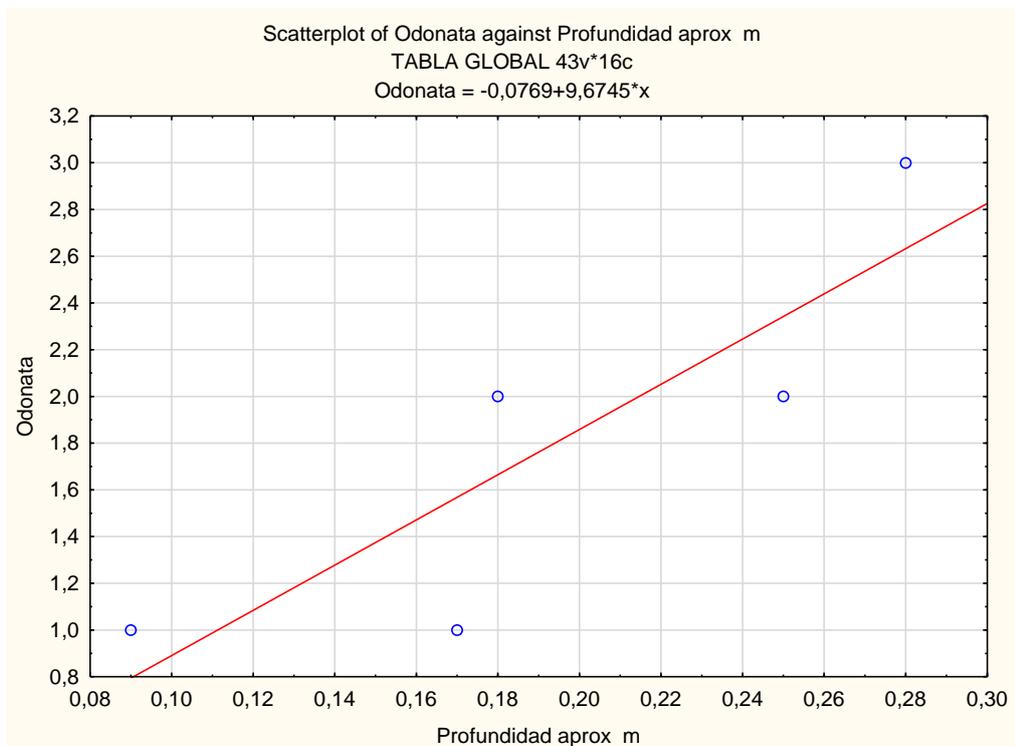
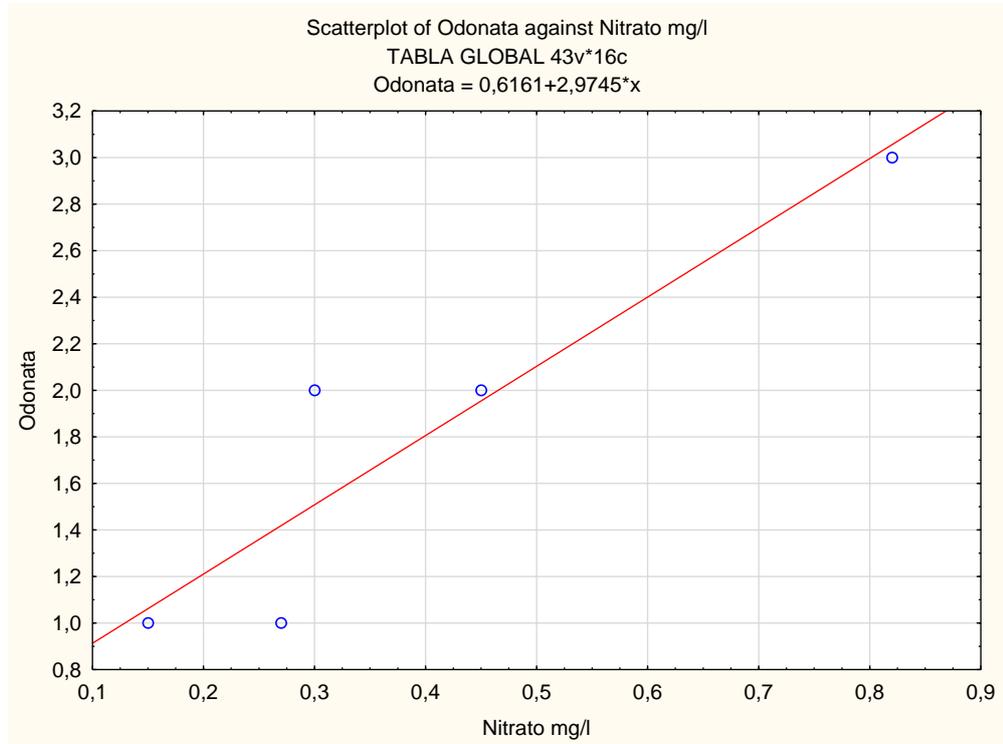
## Correlaciones Spearman, variables físico-químicas vs taxa, metodología sustrato artificial. Época seca

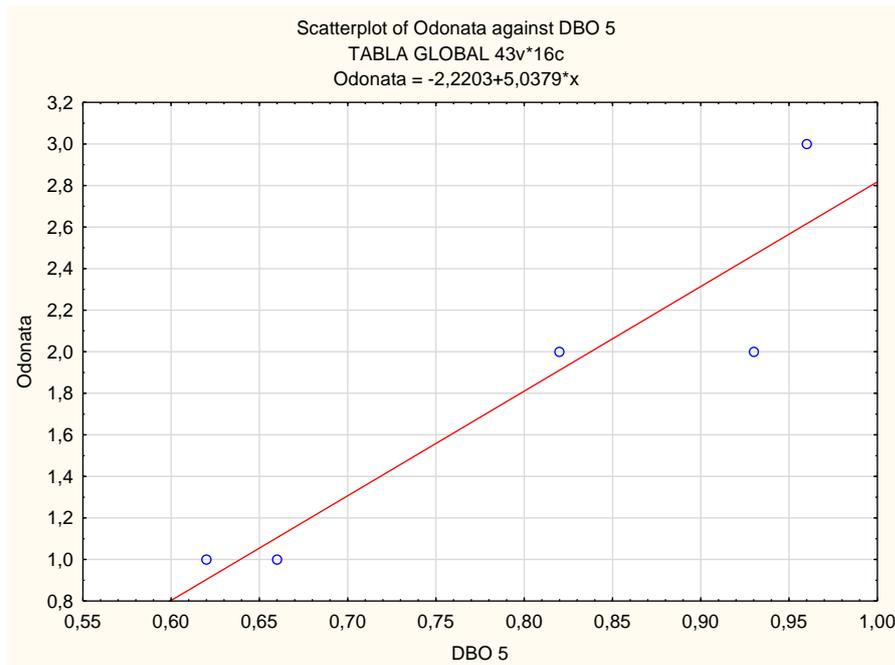
Para el análisis realizado se procedió a explorar gráficamente, y en el caso de datos anómalos, estos fueron removidos, la siguiente tabla muestra los valores que resultaron de este análisis:

**Tabla 27.- Correlaciones Spearman, variables físico-químicas vs ordenes de macroinvertebrados recolectados con metodología de sustrato artificial. Época seca.**

Correlaciones significativas a $P < 0,05$	Díptera	Ephemeroptera	Hemiptera	Onodata	Plecóptera	No insectos
Ancho Estimado m		-0,57				
Velocidad m. s <sup>-1</sup>						0,75
Profundidad aprox m.	-0,56			0,95		
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>				0,95		-0,79
Nitrito mg.L <sup>-1</sup>					0,74	
Turbidez NTU		0,62				
Temperatura °C						-0,78
pH	-0,70					
OD mg.L <sup>-1</sup>						0,80
OD %						0,76
DBO5 mg.L <sup>-1</sup>				0,95		

**Gráfico 29.- Correlación entre el número de individuos del orden Odonata, capturados con la metodología red de mano y las variables Nitrato, Profundidad aproximada y DBO<sub>5</sub>, época seca.**





**Correlaciones Spearman, variables físico-químicas vs taxa, metodología red de mano. Época lluviosa.**

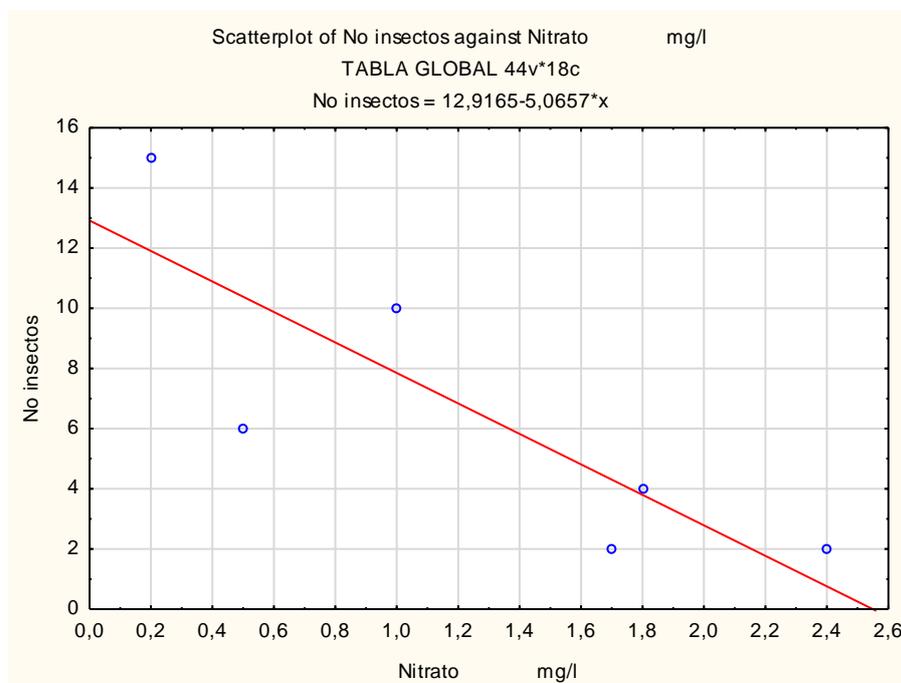
En la siguiente tabla, el cálculo de correlaciones Spearman para este caso se encontró que la relación más significativa de este grupo está entre el parámetro Nitrato y No insectos (mayormente Amphipoda), que presentó un valor de -0,84; correlación en base a  $P < 0,05$

De igual forma para los análisis estadísticos de correlaciones en época lluviosa, también se procedió a remover los datos anómalos de los grupos de datos.

**Tabla 28.- Correlaciones Spearman, variables físico- químicas vs ordenes de macroinvertebrados recolectados con metodología de red de mano. Época lluviosa.**

Correlaciones significativas a $P < 0,05$	Ephemeroptera	Plecóptera	Trichoptera	No insectos
Velocidad m. s <sup>-1</sup>	-0,55	-0,80	-0,69	
Profundidad aprox		-0,76		
Fosfato mg.L <sup>-1</sup>			-0,65	
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>	-0,67		-0,56	
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>				-0,84

**Gráfico 30.- Correlación entre Nitrato y el número de individuos del orden Amphipoda (No insectos), capturados con la metodología red de mano, época lluviosa.**



**Correlaciones Spearman, variables físico-químicas vs taxa, metodología sustrato artificial. Época lluviosa.**

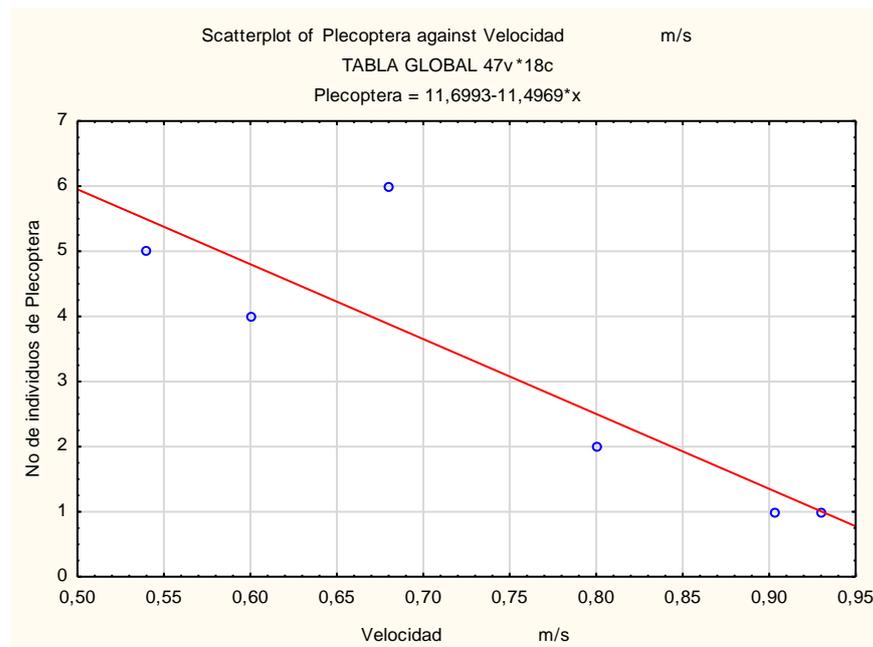
La siguiente tabla muestra que la correlación más significativa de este grupo está entre la variable física velocidad y el orden Plecóptera que presentó un valor de -0,85.

Para los análisis estadísticos de correlaciones en época lluviosa, también se procedió a remover los datos anómalos de los grupos de datos.

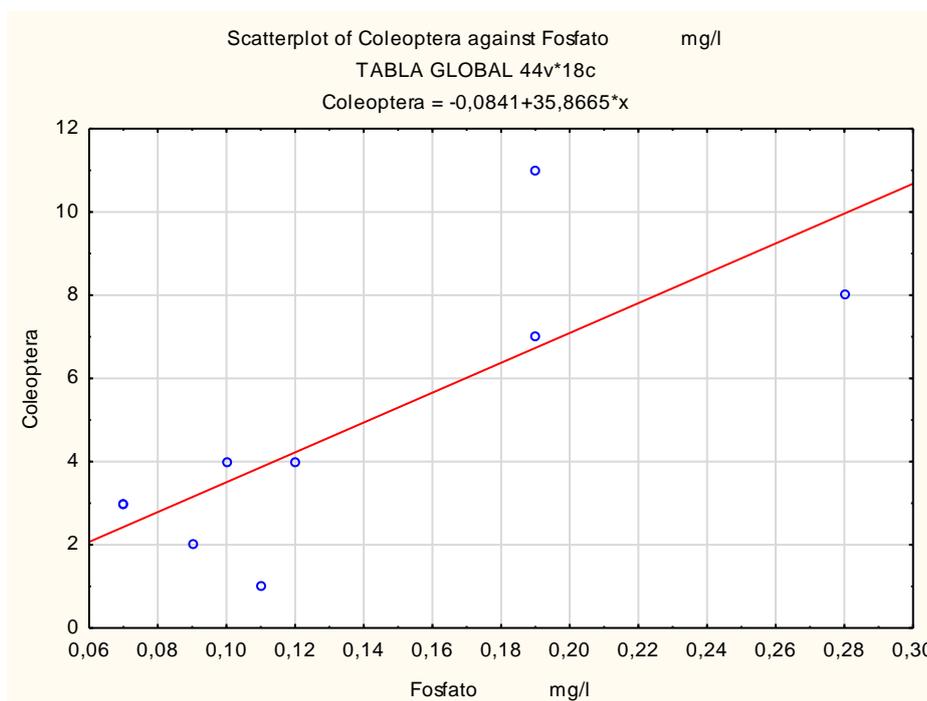
**Tabla 29.- Correlaciones Spearman, variables físico- químicas vs ordenes de macroinvertebrados recolectados con metodología de sustrato artificial. Época lluviosa.**

Correlaciones significativas a $P < 0,05$	Coleóptera	Ephemeroptera	Plecóptera	No insectos
Ancho estimado m		0,70		
Velocidad m. s <sup>-1</sup>			-0,85	
Profundidad Aprox m				-0,84
Fosfato mg.L <sup>-1</sup>	0,74			
Nitrito mg.L <sup>-1</sup>	0,71			
Nitrato mg.L <sup>-1</sup>	-0,72			

**Gráfico 31.- Correlación entre Velocidad y el número de individuos del orden Plecóptera, capturados con la metodología de sustrato artificial, época lluviosa.**



**Gráfico 32.- Correlación entre la variable Fosfato y el número de individuos del orden Coleóptera, capturados con la metodología de sustrato artificial, época lluviosa.**



### 3.7 Resultados índices NEPBIOS y BMWP

Los resultados mostrados a continuación fueron calculados en base al muestreo que se realizó en las estaciones en época seca y lluviosa, con las dos metodologías propuestas. Los criterios de interpretación se encuentran establecidos en el capítulo anterior.

#### 3.7.1 NEPBIOS /ASPT - ÉPOCA SECA

La tabla a continuación se detalla los valores obtenidos para ambos métodos de recolección de macro invertebrados empleados.

**Tabla 30.- Valores NEPBIOS/ASPT metodología sustrato artificial y red de mano. Época seca.**

SUSTRATO ARTIFICIAL	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
NEPBIOS ASPT	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
	7,2	8,0	7,0	7,6	7,0	6,7	7,5	7,8	8,7	7,4	7,7	6,3	7,1	9,4
RED DE MANO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
NEPBIOS ASPT	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
	7,0	7,8	9,0	7,8	10,2	9,0	7,5	11,3	7,8	5,8	8,4	6,1	10,0	11,3

Los valores NEPBIOS/ASPT muestran que para el caso de **sustrato artificial**, la calidad de agua es **excelente** en la estación E2S, E9S, E14S y es de calidad **buena** en las estaciones E1S, E3NS, E4NS, E5NS, E6NS, E7NS, E8NS, E10NS, E11S, E12S, E13S.

Los valores NEPBIOS/ASPT muestran que para el caso de **red de mano**, la calidad de agua es **excelente** en la estaciones E3NS, E5NS, E6NS, E8NS, E11S, E13S, E14 y es de calidad **buena** en las estaciones E1S, E2S, E4NS, E7NS, E9S, E10NS, E12S, E13S, E14S.

### 3.7.2 NEPBIOS/ASPT – EPOCA LLUVIOSA

La tabla a continuación se detalla los valores obtenidos para ambos métodos de recolección de macro invertebrados empleados; donde para el caso de sustrato artificial N/D: No data, (bolsas de sustrato que se perdieron por crecientes de caudal y derrumbes)

**Tabla 31.- Valores NEPBIOS/ASPT metodología sustrato artificial y red de mano. Época lluviosa.**

SUSTRATO ARTIFICIAL	E1 S	E2 S	E3 NS	E4 NS	E5 NS	E6 NS	E7 NS	E8 NS	E9 S	E10 NS	E11 S	E12 S	E13 S	E14 S
NEPBIOS ASPT	8,0	6,8	6,7	7,1	10,0	8,0	7,5	6,6	N/D	N/D	7,5	6,0	8,0	N/D
RED DE MANO	E1 S	E2 S	E3 NS	E4 NS	E5 NS	E6 NS	E7 NS	E8 NS	E9 S	E10 NS	E11 S	E12 S	E13 S	E14 S
NEPBIOS ASPT	8,0	9,8	9,3	7,5	8,4	9,8	7,6	8,2	7,0	7,0	8,6	12,0	7,8	9,0

Los resultados NEPBIOS/ASPT para la metodología sustrato artificial muestran que tienen calidad de agua **excelente** las estaciones E1S, E5NS, E6NS, E13S y calidad de agua **buena** las estaciones E2S, E3NS, E4NS, E7NS, E8NS, E11S, E12S.

Los resultados NEPBIOS/ASPT para la metodología red de mano muestran que tienen calidad de agua **excelente** las estaciones E1S, E2S, E3NS, E5NS, E6NS, E8NS, E11S, E12S, E14S y calidad de agua buena las estaciones E4NS, E7NS, E9S, E10NS, E13S.

### 3.7.3 BMWP/ASPT – EPOCA SECA

**Tabla 32.- Valores BMWP/ASPT metodología sustrato artificial y red de mano. Época seca.**

SUSTRATO ARTIFICIAL	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
BMWP-ASPT/CR	5,6	5,6	9,3	8,2	7,8	5,8	5,9	7,4	7,3	6,6	8	6,3	6,4	10
BMWP-ASPT/COL	6,0	7,4	8,3	10,5	8,8	7,8	7,9	9,6	9,2	9,2	8,6	7,8	8,1	13,4
RED DE MANO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
BMWP-ASPT/CR	8,7	7,4	9,3	8	8,2	10,3	7,8	12,7	8,2	3,5	8,4	6,2	7,4	9
BMWP-ASPT/COL	8,7	8,0	9,0	8,3	9,5	14,3	10,5	12,7	9,0	6,8	11,6	9,3	11,2	14,0

El índice BMWP-ASPT/CR, para el caso del método de sustrato artificial da como resultado calidad de aguas **buena** para el caso de la estación E3NS, E4NS, E11S, E14S calidad **aceptable**, para el caso de las estaciones E5NS, E8NS, E9S, E10NS y calidad **dudosa** para el caso de las estaciones E1S, E2S, E6NS, E7NS, E12S, E13S.

El índice BMWP-ASPT/CR, para el caso del método de red de mano da como resultado calidad de aguas **buena** para el caso de las estaciones E1S, E3NS, E4NS, E5NS, E6NS, E8NS, E9S, E11S, E14S; aguas de calidad **aceptable** E2S, E7NS, E13S; aguas de calidad **dudosa** E12S y aguas de calidad **crítica** para el caso de la estación E10NS.

El índice BMWP-ASPT/COL da como resultados para ambos métodos sustrato artificial y red de mano, rangos de calidad de agua **dudosa, aceptable y buena**; pero en adición presenta una tendencia a sobrevalorar como puede observarse en la tabla anterior que muestra valores superiores a 10, que según el cuadro de rangos de interpretación seria el valor máximo.

### 3.7.4 BMWP/ASPT - EPOCA LLUVIOSA

**Tabla 33.- Valores BMWP/ASPT metodología sustrato artificial y red de mano. Época lluviosa.**

<b>SUSTRATO ARTIFICIAL</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>	<b>E10</b>	<b>E11</b>	<b>E12</b>	<b>E13</b>	<b>E14</b>
<b>BMWP-ASPT/CR</b>	8,1	6,3	6,7	6,6	9,3	9	7,4	6	N/D	N/D	8,3	6,3	7,5	N/D
<b>BMWP-ASPT/COL</b>	10,4	10,6	9,9	6,9	13,8	8,8	8,1	6,3	N/D	N/D	9,5	8,3	8,5	N/D
<b>RED DE MANO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>	<b>E10</b>	<b>E11</b>	<b>E12</b>	<b>E13</b>	<b>E14</b>
<b>BMWP-ASPT/CR</b>	7,6	8,6	7,5	6	6,4	7,7	7,2	8,3	7,8	4,8	7,5	10	5,9	8,3
<b>BMWP-ASPT/COL</b>	8,0	10,6	7,3	7,0	9,1	12,0	8,6	8,7	11,8	10,3	10	13,0	10,8	10

El índice BMWP-ASPT/CR, para el caso del método sustrato artificial da como resultado aguas de calidad **buena** en las estaciones E1S, E5NS, E6NS, E11S; aguas de calidad **acceptable** en las estaciones E3NS, E4NS, E7NS, E13S; aguas de calidad **dudosa** en las estaciones E2S, E8NS, E12S.

El índice BMWP-ASPT/CR, para el caso del método red de mano da como resultado aguas de calidad **buena** en las estaciones E2S, E8NS, E12S, E14S; aguas de calidad **acceptable** en las estaciones E1S, E3NS, E6NS, E7NS, E9S, E11S, aguas de calidad **dudosa** en las estaciones E4NS, E5NS, E13S.

El índice BMWP-ASPT/COL para ambos métodos da como resultados calidad de agua **acceptable y buena** en todas las estaciones.

### 3.8 Resultados Índices de diversidad

En esta sección se presenta los resultados de los índices de diversidad Margalef, Shannon-Wiener y Evenness que han sido segmentados por:

- Índices de diversidad. Época seca - sustrato artificial
- Índices de diversidad. Época seca - red de mano
- Índices de diversidad. Época lluviosa - sustrato artificial
- Índices de diversidad. Época lluviosa - red de mano

### 3.8.1 Índices de diversidad. Época seca - sustrato artificial

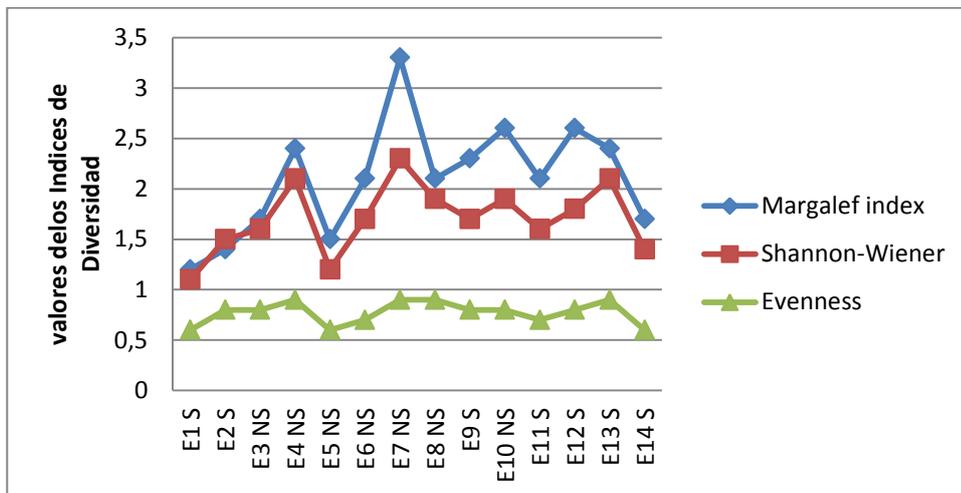
**Tabla 34.- Índice Margalef, Shannon-Wiener, Evenness. Época seca – sustrato artificial.**

SUSTRATO ARTIFICIAL	E1 S	E2 S	E3 NS	E4 NS	E5 NS	E6 NS	E7 NS	E8 NS	E9 S	E10 NS	E11 S	E12 S	E13 S	E14 S
Margalef índice	1,2	1,4	1,7	2,4	1,5	2,1	3,3	2,1	2,3	2,6	2,1	2,6	2,4	1,7
Shannon-Wiener	1,1	1,5	1,6	2,1	1,2	1,7	2,3	1,9	1,7	1,9	1,6	1,8	2,1	1,4
Evenness	0,6	0,8	0,8	0,9	0,6	0,7	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,6

Para el caso de metodología de sustrato artificial en época seca, en general los índices calculados revelan que las estaciones con mayor diversidad son E4NS, E7NS, E8NS y E13S.

Evenness muestra con esta metodología de recolección mayor igualdad de órdenes y familias presentes las estaciones E4NS, E7NS, E8NS y E13S.

**Gráfico 33.- Índices de diversidad. Época seca - sustrato artificial.**



### 3.8.2 Índices de diversidad. Época seca – red de mano.

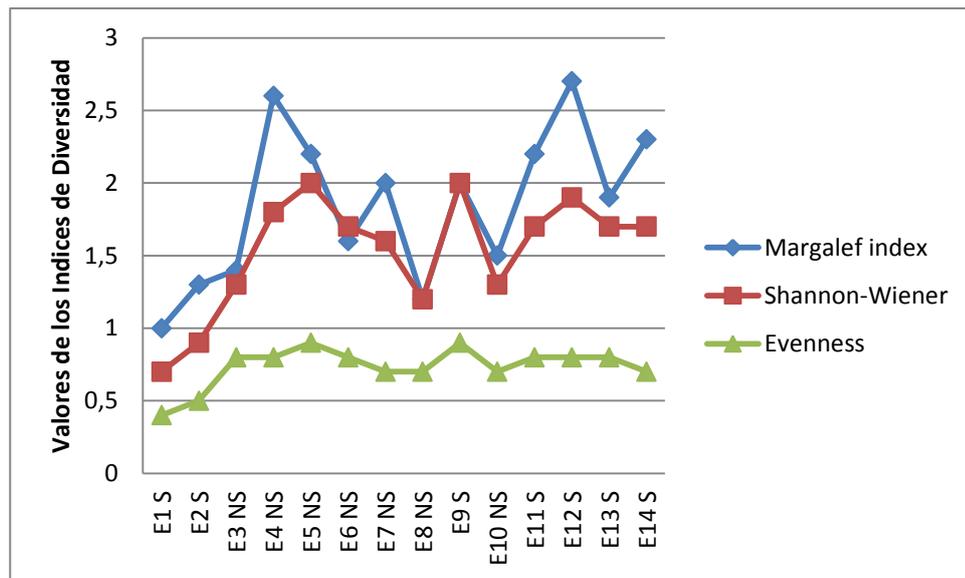
**Tabla 35.- . Índice Margalef, Shannon-Wiener, Evenness. Época seca – red de mano.**

RED DE MANO	E1 S	E2 S	E3 NS	E4 NS	E5 NS	E6 NS	E7 NS	E8 NS	E9 S	E10 NS	E11 S	E12 S	E13 S	E14 S
Margalef índice	1,0	1,3	1,4	2,6	2,2	1,6	2,0	1,2	2,0	1,5	2,2	2,7	1,9	2,3
Shannon-Wiener	0,7	0,9	1,3	1,8	2,0	1,7	1,6	1,2	2,0	1,3	1,7	1,9	1,7	1,7
Evenness	0,4	0,5	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7

Para el caso de metodología de red de mano en época seca, los índices calculados muestran una mayor diversidad en E5NS, E9S y E12S.

Evenness muestra que con el método de red de mano, hay mayor equidad de órdenes y familias presentes en E5NS y E9S.

**Gráfico 34.- Índices de diversidad. Época seca - red de mano.**



### 3.8.3 Índices de diversidad. Época lluviosa - sustrato artificial

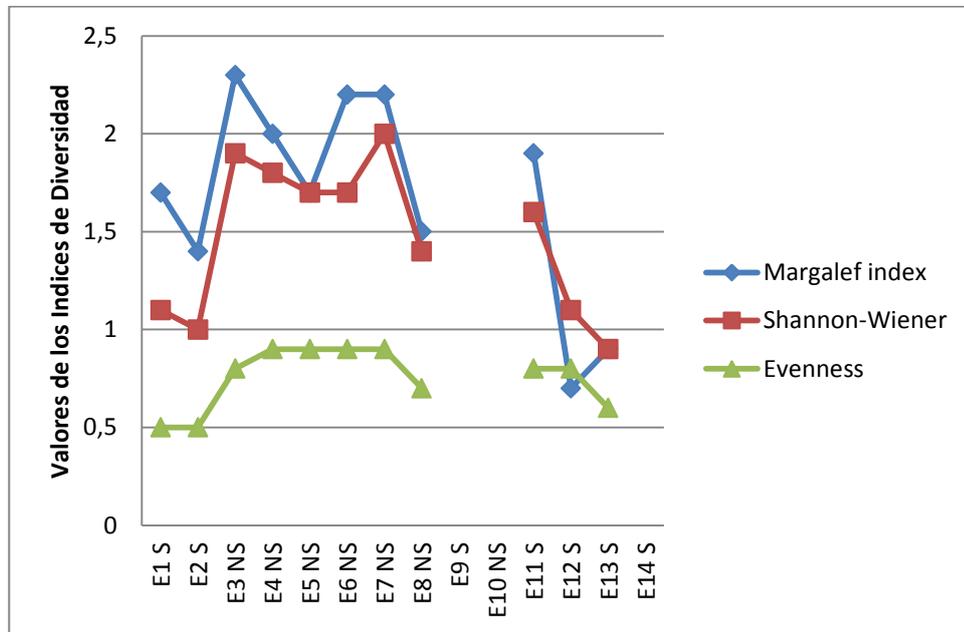
**Tabla 36.- Índice Margalef, Shannon-Wiener, Evenness. Época lluviosa – sustrato artificial.**

SUSTRATO ARTIFICIAL	E1 S	E2 S	E3 NS	E4 NS	E5 NS	E6 NS	E7 NS	E8 NS	E9 S	E10 NS	E11 S	E12 S	E13 S	E14 S
Margalef index	1,7	1,4	2,3	2,0	1,7	2,2	2,2	1,5	N/D	N/D	1,9	0,7	0,9	N/D
Shannon-Wiener	1,1	1,0	1,9	1,8	1,7	1,7	2,0	1,4	N/D	N/D	1,6	1,1	0,9	N/D
Evenness	0,5	0,5	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	N/D	N/D	0,8	0,8	0,6	N/D

Para el caso de sustrato artificial en época lluviosa, los índices calculados muestran una mayor diversidad en las estaciones de no senderismo que tienden a ser los valores resultantes más altos del grupo.

Evenness muestra mayor equidad en las comunidades presentes en E4NS, E5NS, E6NS y E7NS.

**Gráfico 35.- Índices de diversidad. Época lluviosa - sustrato artificial.**



### 3.8.4 Índices de diversidad. Época lluviosa - red de mano.

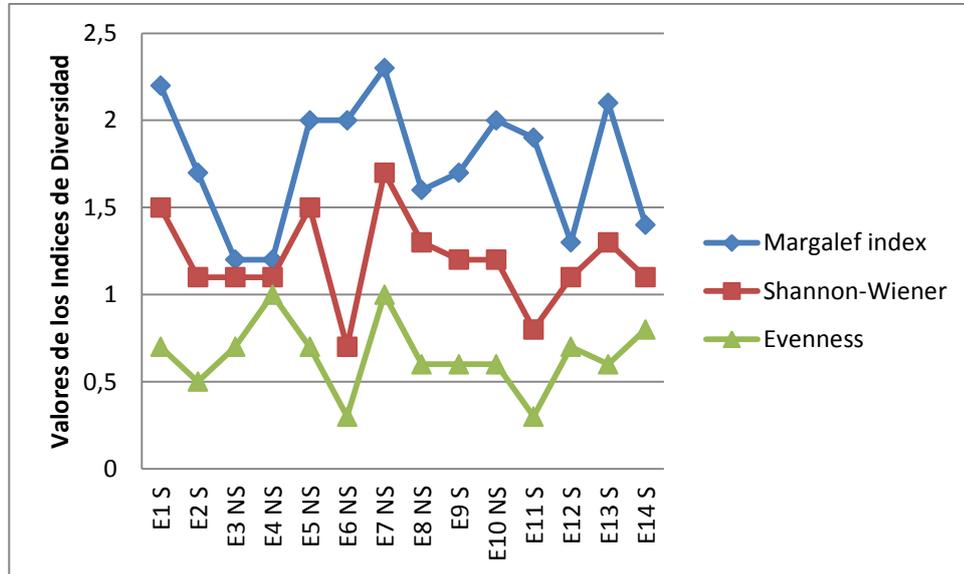
**Tabla 37.- Índice Margalef, Shannon-Wiener, Evenness. Época lluviosa - red de mano.**

RED DE MANO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
S	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	S	S	S	S
Margalef index	2,2	1,7	1,2	1,2	2,0	2,0	2,3	1,6	1,7	2,0	1,9	1,3	2,1	1,4
Shannon-Wiener	1,5	1,1	1,1	1,1	1,5	0,7	1,7	1,3	1,2	1,2	0,8	1,1	1,3	1,1
Evenness	0,7	0,5	0,7	1,0	0,7	0,3	1,0	0,6	0,6	0,6	0,3	0,7	0,6	0,8

Para el caso de red de mano en época lluviosa los índices Margalef y Shannon-Wiener muestran mayor diversidad en E1S, E5NS, E6NS, E7NS y E10NS.

El índice Evenness muestra mayor equidad en las comunidades de macroinvertebrados presentes en E4NS y E7NS.

**Gráfico 36.- Índices de diversidad. Época lluviosa - red de mano.**



### 3.9 Relaciones entre índices bióticos, diversidad y parámetros físico-químicos. Época seca.

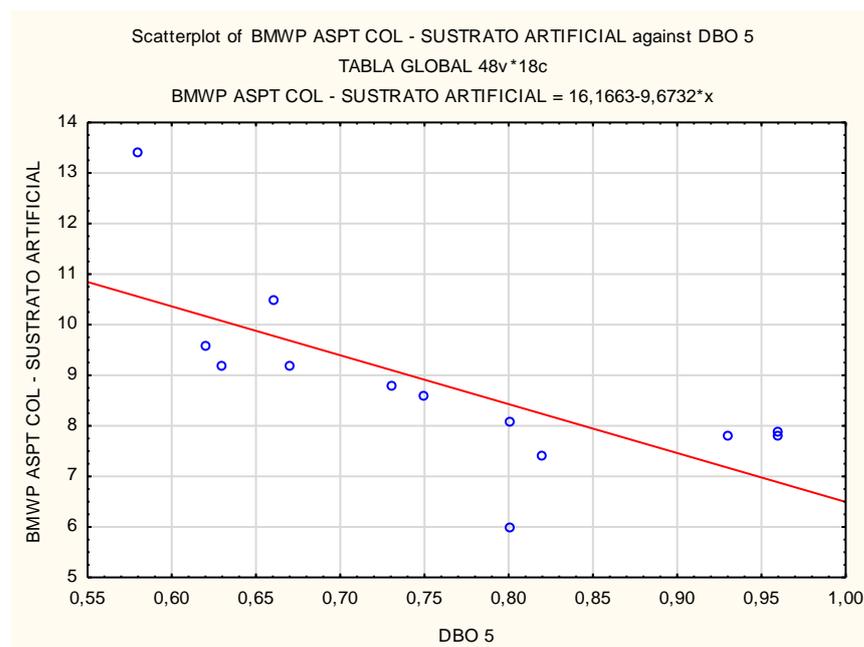
La siguiente tabla muestra el cálculo de correlaciones Spearman, para las variables de índices bióticos y de diversidad versus parámetros físico – químicos.

*La siguiente tabla muestra las correlaciones calculadas según Spearman, cuyos valores son significativos para  $p < 0,05$*

**Tabla 38.- Correlaciones Spearman entre índices bióticos, diversidad y parámetros físico - químicos. Época seca.**

Variable	Velocidad m.s <sup>-1</sup>	Nitrito mg.L <sup>-1</sup>	pH	DBO 5 mg.L <sup>-1</sup>
NEPBIOS ASPT Sustrato artificial				-0,57
BMWP ASPT CR Sustrato artificial				-0,75
BMWP ASPT COL Sustrato artificial				-0,87
BMWP ASPT CR Red de mano		-0,61		
Shannon Wiener Red de mano	-0,53			
Evenness Red de mano	-0,53			
Margalef index Sustrato artificial		0,57	0,56	
Shannon Wiener Sustrato artificial		0,64		
Evenness Sustrato artificial		0,61		

**Gráfico 37.- Relaciones entre el parámetro DBO<sub>5</sub> y el índice BMWP ASPT COL - Sustrato artificial. Época seca**



### 3.10 Relaciones entre índices bióticos, diversidad y parámetros físico - químicos. Época lluviosa.

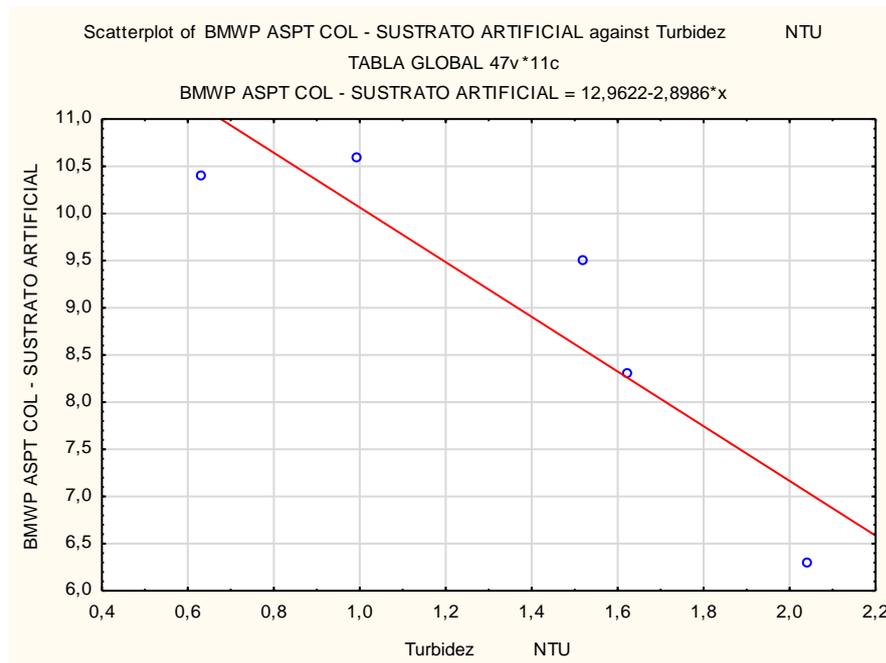
Para el cálculo de correlaciones entre los índices bióticos, de diversidad y los parámetros físico – químicos en época lluviosa, tomando en cuenta que se presentó el inconveniente de la pérdida de ciertas bolsas de sustrato en algunas de las estaciones muestreadas, para fines estadísticos se procedió únicamente a buscar correlaciones entre las estaciones que sí contaron con tres bolsas de sustrato, que fueron las estaciones E1, E2, E3, E7, E8, E11 y E12.

*La siguiente tabla muestra las correlaciones calculadas según Spearman, cuyos valores son significativos para  $p < 0,05$*

**Tabla 39.- Correlaciones Spearman. Índices bióticos, diversidad y parámetros químicos. Época lluviosa.**

Variable	Ancho estimado m	Nitrato mg.L <sup>-1</sup>	Turbidez NTU	pH
BMWP ASPT COL Sustrato artificial			-0,9	
BMWP ASPT CR Red de mano				-0,77
BMWP ASPT COL Red de mano		0,83		
Margalef index Red de mano	0,85			
Shannon Wiener Sustrato artificial				0,81

### Gráfico 38.- Relaciones entre el parámetro Turbidez y el índice BMWP ASPT COL – Sustrato artificial. Época lluviosa.



### 3.11 Evaluación de intensidad turística en las estaciones monitoreadas.

La información de número de visitantes que se toma en cuenta para el análisis en esta sección, está asociada a los turistas que traslada el recorrido en tren de Duran a Bucay, mismos que durante el tiempo libre de alrededor de tres horas en aquel destino de ecoturismo, se desplazan a los senderos, balnearios y cascadas de los alrededores, información misma proporcionada por el tour operador KISLIZROUS, que gestiona aquellos paseos en la localidad.

Durante el transcurso del 2014 y el año actual, se ha observado que gran porcentaje de los pasajeros del tren en dicha ruta, gustan de adquirir paseos a las cascadas y balnearios ubicados a unos 35 minutos desde Bucay en la cordillera occidental por el sector de la Miran Baja ubicado en la parte sur del Bosque Protector Chillanes-Bucay, Desde la estación del tren en Bucay, inician los traslados en chivas y furgonetas, los cuales llegan hasta un punto de acceso donde inician los senderos hacia dichos balnearios, la tabla a continuación detalla el nombre de los sitios o estaciones a los cuales llegan los turistas, un promedio semanal de visitantes, tiempo que conlleva realizar la camita en los senderos de acceso y una clasificación de intensidad de uso de sendero que considera

**mediana intensidad** hasta los 220 visitantes y **alta intensidad** de 250 visitantes en adelante.

**Tabla 40.- Promedio semanal de visitantes a las estaciones de senderismo.**

<b>Promedio semanal de visitantes a las estaciones de senderismo.</b>				
<b>Nombre de la estación</b>		<b>Promedio Semanal visitantes</b>	<b>Tiempo de caminata</b>	<b>Intensidad de uso de sendero</b>
E1 S	Piedra Blanca	300	10 min	Alta intensidad
E2 S	Piedra Blanca	300	8 min	Alta intensidad
E9 S	Progreso	180	10 min	Mediana intensidad
E11 S	5 de Septiembre	220	2 min	Mediana intensidad
E12 S	5 de Septiembre	220	15 min	Mediana intensidad
E13 S	5 de Septiembre	220	45 min	Mediana intensidad
E14 S	El deseo	250	4 min	Mediana intensidad

Fuente: Operador Turístico Kislizrous, asociado al Tren de la Dulzura.

La sección a continuación mostrará un análisis que considera los valores de las 14 estaciones monitoreadas.

Considerando lo siguiente,

S = Estaciones donde se realiza actividades de senderismo.

NS = Estaciones donde no se realiza senderismo, sitios donde no hay actividad de turismo.

Los sitios o estaciones muestreados están agrupados de la siguiente forma:

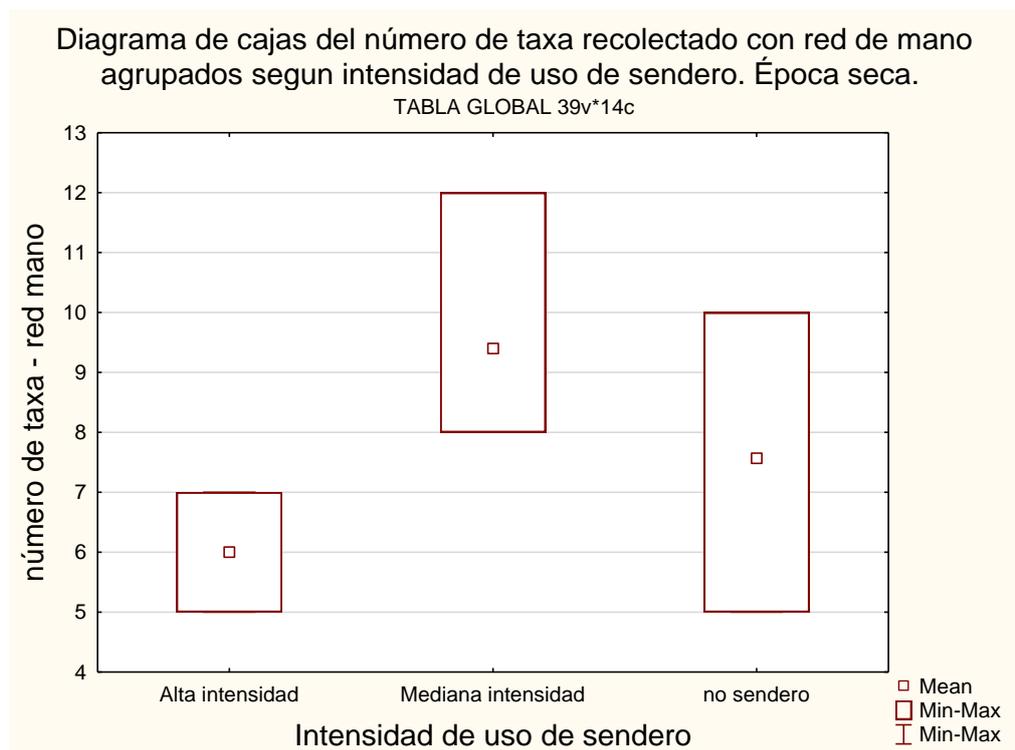
- Estaciones con **alta intensidad de uso de sendero**: E1S y E2S.
- Estaciones con **mediana intensidad de uso de sendero**: E9S, E11S, E12S, E13S y E14S.
- Estaciones de **no senderismo**: E3NS, E4NS, E5NS, E6NS, E7NS, E8NS y E10NS.

### 3.11.1 Comparación entre el número de taxa recolectado con red de mano y la intensidad de uso de sendero en época seca.

Los resultados para época seca, muestran que la metodología de red de mano, recolectó un menor número de taxa en las estaciones de alta intensidad (E1 y E2, ambas *Piedra Blanca*) y un mayor número de taxa en las estaciones de mediana intensidad.

El siguiente diagrama de cajas muestra dichas comparaciones:

**Gráfico 39.- Diagrama de cajas del número de taxa recolectado con red de mano agrupados según intensidad de uso de sendero. Época seca.**

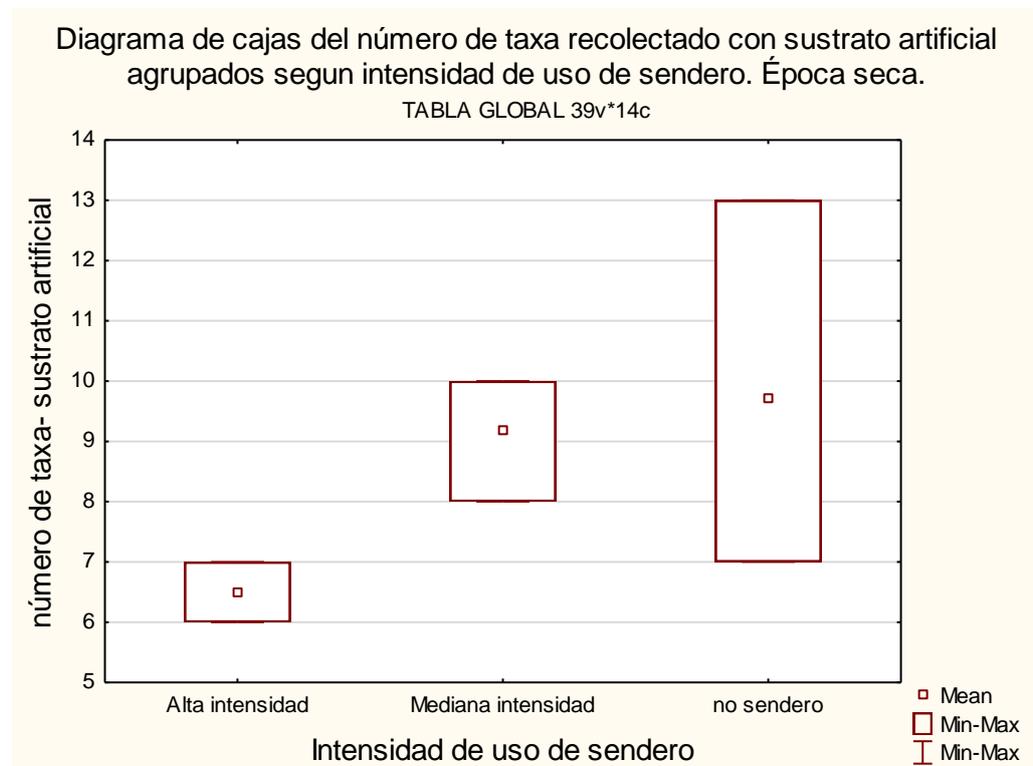


### 3.11.2 Comparación entre el número de taxa recolectado con sustrato artificial y la intensidad de uso de sendero en época seca.

Los resultados en época seca mostraron que la metodología de sustrato artificial recolectó un menor número de taxa en las estaciones de alta intensidad de uso de sendero y un mayor número de taxa en las estaciones de mediana intensidad de uso. Referente a las estaciones donde *no hay senderismo* el número de taxa recolectado fue mayor a los casos anteriores, lo cual confirmaría la premisa de que la actividad turística ha afectado al número de taxa presente en los cauces muestreados para el caso de sustrato artificial en época seca.

El siguiente diagrama de cajas muestra dichas comparaciones:

**Gráfico 40.- Diagrama de cajas del número de taxa recolectado con sustrato artificial agrupados según intensidad de uso de sendero. Época seca.**

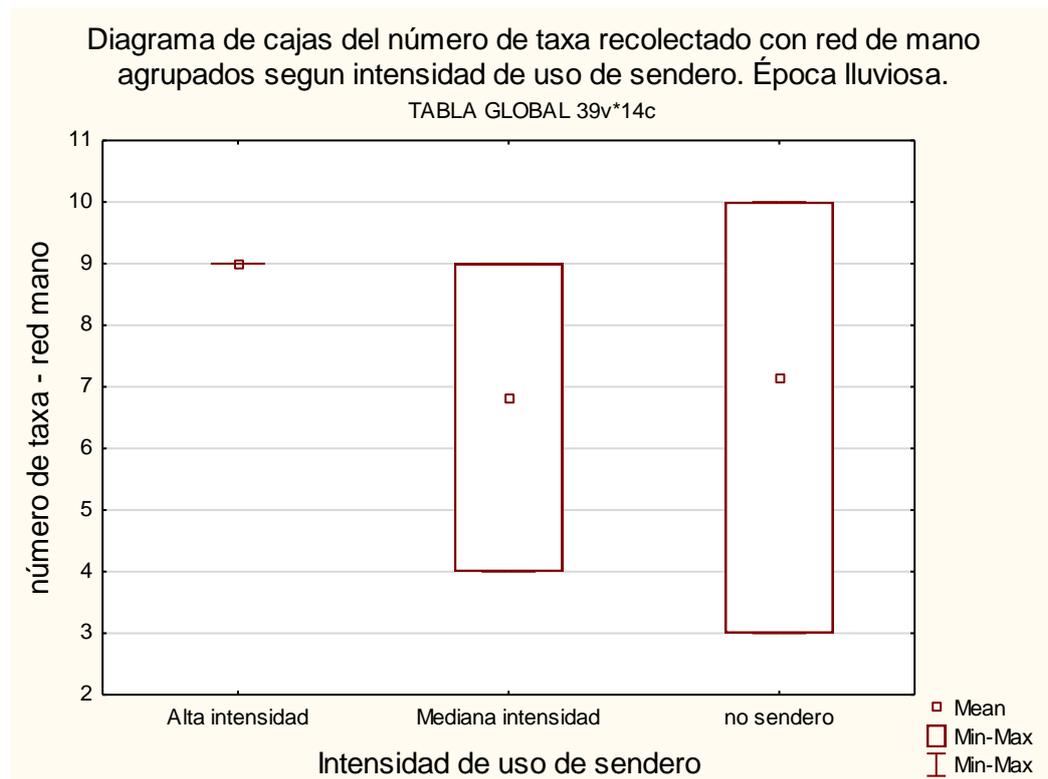


### 3.11.3 Comparación entre el número de taxa recolectado con red de mano y la intensidad de uso de sendero en época lluviosa.

Los resultados para época lluviosa, mostraron que la metodología de red de mano capturó un mismo valor de 9 especies de taxa en las estaciones de alta y mediana intensidad. Referente a las estaciones de no senderismo, el número de taxa aumento solo en uno, lo cual muestra como *las riqueza en especies aumentó en época lluviosa de forma muy similar en todas las estaciones.*

El siguiente diagrama de cajas muestra dichas comparaciones:

**Gráfico 41.- Diagrama de cajas del número de taxa recolectado con red de mano agrupados según intensidad de uso de sendero. Época lluviosa.**

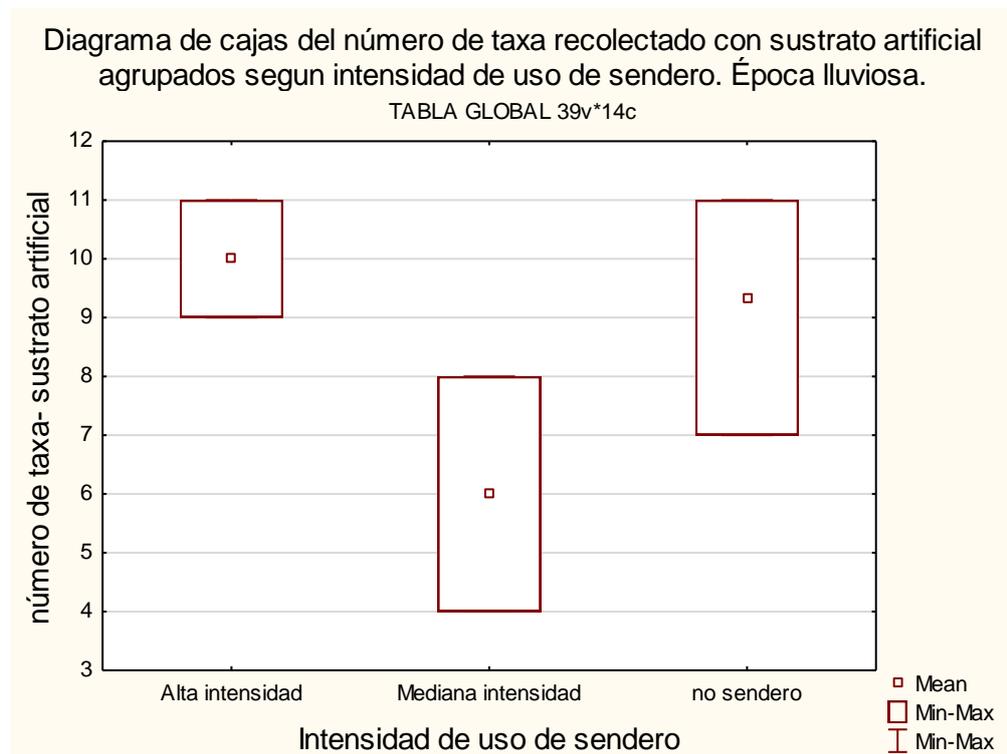


### 3.11.4 Comparación entre el número de taxa recolectado con sustrato artificial y la intensidad de uso de sendero en época lluviosa.

Los resultados para época lluviosa mostraron que la metodología de sustrato artificial recolectó un mayor número de taxa en las estaciones de alta intensidad de uso de sendero (E1S y E2S), lo cual podría estar relacionado con las condiciones de abundancia de alimento que arrastra la corriente (Hojas y residuos de madera), que se acumulan en la represa de rocas construida en E1S. Para la realización de este gráfico solo se tomó en cuenta las estaciones que contaron con tres bolsas de sustrato artificial.

El siguiente diagrama de cajas muestra dichas comparaciones:

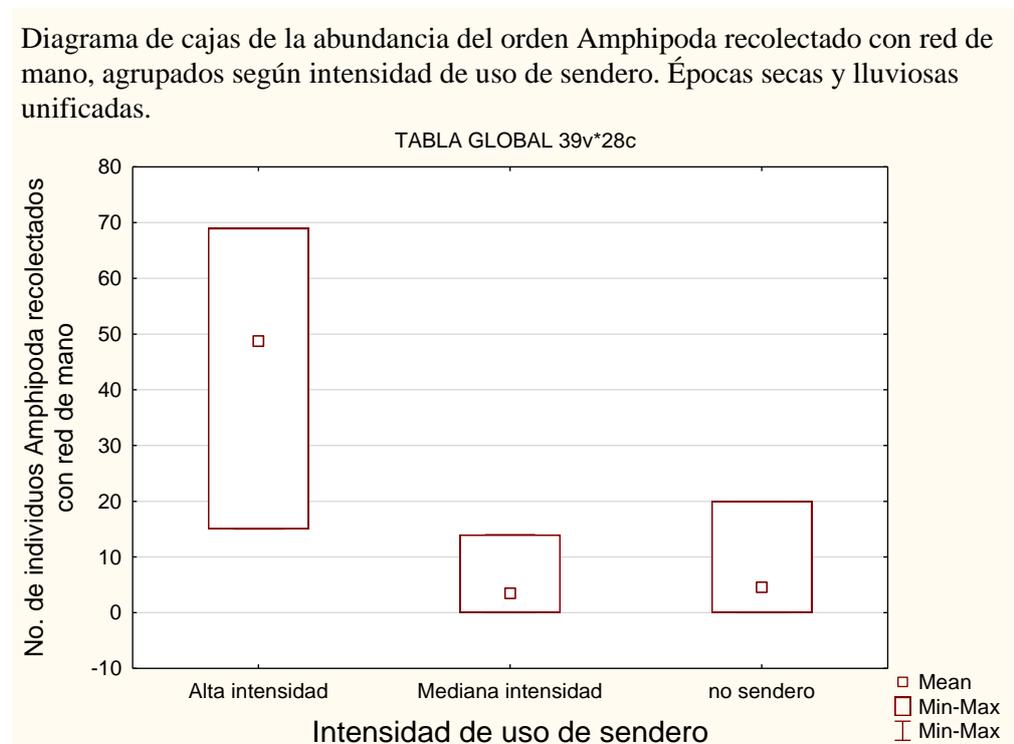
**Gráfico 42.- Diagrama de cajas del número de taxa recolectado con sustrato artificial agrupados según intensidad de uso de sendero. Época lluviosa.**



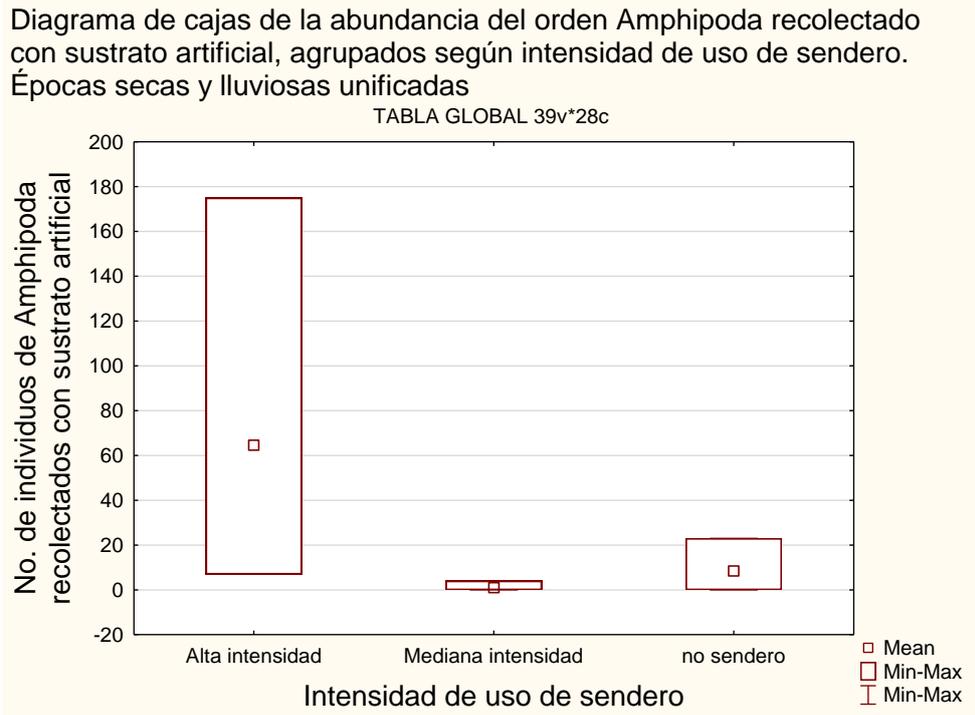
### 3.11.5 Comparaciones de abundancia del orden Amphipoda recolectado con red de mano y sustrato artificial, agrupados según intensidad de uso de sendero. Datos de época seca y lluviosa unificadas.

Tomando en cuenta de que el número de individuos del orden Amphipoda incrementó de forma significativa en las estaciones de alta intensidad de uso de sendero, el gráfico a continuación muestra una comparación de abundancias de este orden en las estaciones agrupadas según intensidad de uso de sendero. Para el caso de red de mano y para el caso de sustrato artificial, gráficos a continuación que han sido generados luego de agrupar todos los valores de los muestreos de época seca y lluviosa.

**Gráfico 43.- Comparación de abundancia del orden Amphipoda recolectado con red de mano, agrupados según intensidad de uso de sendero. Épocas secas y lluviosas unificadas.**



**Gráfico 44.- Comparación de abundancia del orden Amphipoda recolectado con sustrato artificial, agrupados según intensidad de uso de sendero. Épocas secas y lluviosas unificadas.**



## DISCUSIÓN

### **Límites permisibles de los parámetros químicos en los sitios muestreados.**

Los parámetros revisados en el estudio llevado a cabo, están debidamente regulados por el texto unificado de legislación ambiental de Ecuador (TULAS), como *criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios*; para el caso de Oxígeno Disuelto, turbidez, pH, Temperatura, Nitrito, Nitrato y DBO<sub>5</sub>, de estos parámetros todos los valores encontrados en las estaciones de muestreo en época seca y lluviosa cumplen con la normativa a excepción del OD en la evaluación de época lluviosa. Referente al Fosfato este parámetro no está regulado por la legislación ambiental ecuatoriana.

El oxígeno disuelto en época seca tuvo un promedio de 7,8 mg.L<sup>-1</sup> que cumple con la normativa y en época lluviosa un promedio de 5,41 mg.L<sup>-1</sup>, que no cumple con la normativa, a pesar de esto, no parece afectar de ninguna manera a las especies que viven en el agua, lo cual se evidencia en el número de especies capturadas con ambos métodos, con red de mano se recolectó 660 individuos en época seca y en época lluviosa se recolectó 668 individuos; mientras que con sustrato falso se recolectó 785 individuos en época seca y 1102 en época lluviosa, teniendo presente que en el caso de invierno se perdieron varias bolsas de sustratos en ciertos sitios de muestreo, por crecientes de caudal y derrumbes.

### **Calidad de agua en el Bosque Protector Chillanes-Bucay.**

Se observó que gran parte de la población que habita en esta área, ha instalado una red de mangueras ubicadas desde las vertientes altas de las montañas donde captan el líquido, mismas mangueras que bajan hasta las comunidades llevando agua dulce para ser consumida sin ningún tipo de tratamiento de potabilización; en muchos casos según los comentarios de los moradores, la inversión de aquellos sistemas de mangueras bordea valores superiores a los 800 dólares que suelen ser aportación del municipio y en otros casos se da por inversión de cada familia.

**Imagen 3.- Mecanismo de captación de agua para consumo humano, en el bosque Chillanes-Bucay.**



Según Peralvo Manuel, Coello Javier (2014), mediante un estudio de implementación de modelos de Funciones Hidrológicas para Ecuador y Colombia, en informe publicado por el Ministerio de Ambiente de Ecuador, se menciona que el Bosque Protector Chillanes - Bucay a lo largo de toda su superficie cuenta con un 99,24 % de *calidad de agua Alta*.

En general la *calidad de agua en el bosque de estudio es considerada buena*, pero se evidencia ciertas alteraciones en parámetros químicos en el agua que podrían estar relacionadas con actividades antropogénicas, como es el caso de los niveles de Fosfato encontrados en los arroyos muestreados, donde la mayoría presentó valores cercanos a cero, pero para el caso de E6NS, en época lluviosa presentó un valor de  $1,12 \text{ mg.L}^{-1}$ , que podría estar relacionado con los fertilizantes aplicados a las plantaciones, como es el caso de *DI- AMMONIUM PHOSPHATE (DAP) 18-46-0*, que es usado por los moradores de la zona para nutrir al pasto para uso ganadero, dicha alteración de los niveles de fosfato en el agua evaluada por esta actividad, sería una hipótesis aun no confirmada.

### **Abundancia de los principales ordenes de macroinvertebrados a lo largo de las estaciones muestreadas.**

Jacobsen (2006), en un estudio realizado en los andes ecuatorianos, demostró que hay diferencias en los patrones de diversidad de las familias de macroinvertebrados presentes a 400 m , 2000 m y 3800 m.s.n.m., donde en los tres ambientes estuvieron presentes principalmente los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Díptera; mientras que los órdenes Onodata y Hemíptera fueron abundantes en el sitio de muestreo bajo, escasamente presentes en el sitio medio, y ausentes en el sitio alto; lo cual evidencia la correlación que existe entre la fauna acuática, los parámetros de diversidad, temperatura y altitud.

*En el Bosque Protector Chillanes-Bucay*, los sitios de muestreo oscilan entre los 550 m. y 1440 m.s.n.m.; los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Díptera efectivamente estuvieron presentes en todas las estaciones. Siendo *el orden con mayor presencia en general a lo largo de las estaciones, Trichoptera*, que alcanzó un número de 97 individuos en E1S con la metodología de sustrato artificial en época lluviosa.

El orden Onodata estuvo presente en todos los sitios muestreados en un rango de 1 a 5 individuos, a excepción de E14S donde estuvo ausente.

El orden Plecóptera estuvo presente en todas las estaciones a excepción de E2S y E3NS; en general su presencia fue de 1 a 10 individuos, número mayor presente en E13S recolectado con sustrato artificial en época seca.

El orden Amphípoda estuvo presente en la estación E1S con 175 individuos para el caso de sustrato artificial en época lluviosa, mientras que en las demás estaciones su número osciló entre 1 y 28 individuos; este cambio en el número de población en E1S que claramente es diferente a las demás estaciones, estaría relacionado con la acumulación de rocas grandes y medianas en el cauce de E1S a manera de represa, ubicadas para aumentar el caudal y su profundidad para fines de balneario, modificación realizada por los gestores de la cascada Piedra Blanca, lugar donde está ubicada dicha estación de muestreo, las bolsas de sustrato fueron sumergidas entre aquellas rocas grandes, en las cuales se acumulan las hojas y pequeñas maderas que trae la corriente desde zonas altas, esto ha creado un nuevo hábitat que favorece y ha incrementado la población del orden

Amphipoda, este hallazgo puede definirse como un *aumento al número natural de individuos de estos ordenes presentes en la comunidad acuática de E1S*.

Referente a la **diversidad y equidad**, el índice **Evenness** reveló que en general para ambos casos de metodologías de sustrato artificial y red de mano, entre época seca y lluviosa, las estaciones **E4NS** y **E7NS**, son las estaciones que mejor equilibrio tienen en el número de individuos por familia y orden de macroinvertebrados presentes en un mismo hábitat, siendo oportuno notar que ambos casos son estaciones de *no senderismo*, en las cuales no hay influencia visible de actividades humanas.

### **Afectación del senderismo a la diversidad en el Bosque Protector Chillanes – Bucay.**

Un hallazgo bastante claro se presentó en el número de individuos de Amphipoda recolectado, que a lo largo de todas las estaciones estuvo presente en números de hasta 28 individuos, pero en la estación E1S(cascada Piedra Blanca) alcanzó un número de 175 individuos; durante las visitas realizadas a las estaciones de senderismo, se pudo observar que los dueños de los senderos y balnearios de ríos, siempre se encuentran modificando las rocas grandes en el cauce, con la finalidad de formar pequeñas represas que generen depresiones donde se pueda encausar mayor cantidad de agua, para mayor deleite de los bañistas.

**Imagen 4.- Acumulación de rocas en la cascada Piedra Blanca, para fines de balneario.**



Las rocas que se observan en la imagen anterior, actúan como filtro reteniendo hojas y residuos de madera que flotan con la corriente, creando un sustrato artificial a mayor

escala, que según los resultados se encuentra mayormente habitado por el orden Trichoptera y Amphipoda.

Se evidencia de esta forma que la actividad del senderismo, en el caso de actividades de balneario, específicamente cuando se trata de modificaciones en la forma natural de la ubicación de las rocas del cauce, crea un espacio nuevo que favorece al incremento del número de individuos de especies de macroinvertebrados acuáticos que gustan habitar en acumulaciones de rocas sumergidas, debido a que ellas proveen refugio sobre todo en ríos de alta velocidad, como los de este caso de estudio.

### **Intensidad de uso de senderos Vs número de taxa recolectado.**

La evaluación de intensidad de actividad turística en las estaciones de senderismo, está relacionada con la intensidad de uso de los senderos, consiste en el número de personas que transitan por los senderos estudiados. Los valores fueron segmentados en dos grupos, estaciones de alta intensidad de uso (más de 250 visitantes en los senderos) y estaciones de mediana intensidad de uso (menos de 250 visitantes en los senderos), los resultados revelaron que en **época seca** con ambas metodologías de recolección, red de mano y sustrato artificial, el número de taxa recolectado siempre fue mayor en las estaciones que menos visitantes reciben, mientras que en **época lluviosa** la tendencia cambió mostrando mayores números de taxa recolectados con ambas metodologías en las estaciones de alta intensidad de uso, un ejemplo de esto, se da en el sustrato artificial que en la estación lluviosa recolectó en las estaciones de Piedra Blanca (alta intensidad de uso) un máximo de 11 especies diferentes de macroinvertebrados y en las estaciones de baja intensidad de uso, un máximo de 8 especies. Lo cual estaría relacionado con la construcción de las represas a base de acumulación de rocas en el cauce ya mencionadas con anterioridad.

Se evidencia *que la intensidad turística o número de visitantes, ha alterado más a la abundancia que a la diversidad de especies acuáticas* que viven en los ríos y arroyos muestreados, y surge a la vez el indicio de que las variables ambientales naturales, cambiantes entre época seca y lluviosa como la velocidad del agua, profundidad del caudal y disponibilidad de alimento entre otros, son aspectos que parecieran sí jugar un mayor rol en la diversidad de dichas comunidades.

### **Proliferación de plantas acuáticas en E2S**

En época lluviosa se notó la presencia de una cantidad considerable de plantas acuáticas en el sitio de muestreo E2S, y a la vez una variación visible en el pH, que presentó en esta ubicación el valor más bajo de todo el grupo de los sitios monitoreados en invierno, con un pH de 6,71; en relación a los demás valores de las demás estaciones que presentaron valores de pH superiores a 7, el contenido de nitrato del agua en E2S fue de  $1 \text{ mg.L}^{-1}$ , mayor que la estación E1S ubicada en el mismo cauce aguas arriba que tuvo un valor de nitrato de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ . La bolsa de sustrato sumergida en E2S, en la zona de piscina donde se encontró aquel excedente de plantas acuáticas, recolectó 211 gusanos *Oligochaeta*, lo cual evidencia dicha perturbación en aquel cauce muestreado, el oxígeno disuelto no disminuyó considerablemente debido a que este es un cauce de aguas rápidas que constantemente se oxigena de forma natural.

Los nutrientes que pudiesen haber causado dicha proliferación estarían relacionados con el comportamiento de los turistas, debido a que a unos pocos metros arriba del cauce de E02S está la zona donde descienden quienes realizan cayoning, donde se percibe que suelen orinar; la orina humana normal contiene un 95 % de agua, un 2 % de sales minerales y 3 % de urea, aproximadamente 20 g de urea por litro. El resto de la orina se dice incluye nitrógeno, cloruros, cetosteroides, fosforo, amonio, creatinina y ácido úrico. Quizás el fosforo y la urea, estarían ocasionando aquella proliferación de plantas acuáticas, *lo cual solo sería premisa que abriría otro caso de estudio.*

### **Otras afectaciones causadas por senderismo.**

Otra afectación causada por el uso de senderos, es la pérdida de cobertura vegetal en la zona ripariana o adjunta al cauce y el pisoteo frecuente sobre el agua donde habitan los estados larvarios de macro invertebrados. Escarpinati, Siqueira, Barroso y Oliveira Roque en una publicación del año 2014, sostienen que las actividades de baño, y pisoteo en balnearios, que se llevan a cabo por los numerosos visitantes en los recursos de agua, podrían alterar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados, y si se adiciona a esto visitas diarias, no hay tiempo suficiente para que exista la regeneración de dichas comunidades.

**Imagen 5.- Sendero el Progreso, visitantes del Tren de la Dulzura.**



**Efectividad del método de recolección de sustrato artificial versus red de mano.**

El método de sustrato artificial fue más eficiente en obtener abundancia, en total entre invierno y verano recolectó 1887 individuos; mientras que el método de red de mano, en total entre invierno y verano recolectó 1328 individuos.

El orden Ephemeroptera fue capturado mayormente por la metodología red de mano, llegando a un valor máximo de 30 individuos en E8NS en época seca, recolectados en un intervalo de 3 minutos; mientras que el método de sustrato artificial recolectó un valor máximo de 17 individuos en época seca a un intervalo de sumergimiento de sustrato de 16 días.

El orden Trichoptera fue mayormente capturado con el método de sustrato artificial, llegando a un valor máximo de 97 individuos en E1S en época lluviosa, mientras que la red de mano llegó a un máximo de recolección de este orden en E6NS con 81 individuos en época lluviosa. Este orden mostró afinidad a las rocas de sustrato artificial, con la familia *hydropsychidae* que se encontró en abundancia.

El orden Díptera fue mayormente recolectado con sustrato artificial en E13S con 74 individuos de la familia *Chironomidae* en época lluviosa, mientras que el método red de

mano recolectó como valor máximo de este orden 31 individuos en E10NS en época seca.

El orden Onodata fue recolectado en su mayoría por el método red de mano en E7NS con 5 individuos (3 *Libellulidae* y 2 *Calopterygidae*) en época seca, mientras que el método de sustrato artificial recolectó como mayor número 4 individuos en E1S en época lluviosa.

El orden Plecóptera fue mayormente capturado con sustrato artificial en E13S en época seca con un número de 10 individuos de la familia *Perlidae*, mientras que la red de mano capturó su valor máximo de esta familia en E14S en época seca, 6 individuos.

El orden Amphipoda fue mayormente capturado por la metodología de sustrato artificial en E1S en época lluviosa con un número de 175 individuos de la familia *Gammaridea*, mientras que la red de mano capturó su mayor número, 69 individuos de este orden en E2S en época lluviosa.

### **Efectividad de los bio-indicadores NEPBIOS Y BMWP en el Bosque Chillanes Bucay.**

Los dos indicadores en general mostraron un buen desempeño para calcular la calidad de agua de los sitios muestreados, pero el índice más adecuado para este ecosistema sin duda alguna fue BMWP/COL.

Los lineamientos del índice **NEPBIOS** empleados en los cálculos del bosque Chillanes-Bucay, han sido tomados de los estudios realizados por Sharma, [et al], 2006, en el Río Behta al norte de India, que para el caso del ecosistema de Ecuador presenta el inconveniente de que no considera algunas de las especies acuáticas presentes en el bosque monitoreado, que se detallan a continuación, como es el caso de las familias *Ptilodactylidae*, *Lutrochidae* del orden Coleóptera, tampoco a las familias *Leptohyphidae*, *Euthyplociidae* del orden Ephemeroptera; la familia *Veliidae* del orden Hemíptera, tampoco incluye a la familia *Polythoridae* del orden Onodata; las familias *Calamoceratidae*, *Leptoceridae* del orden Trichoptera, ni tampoco al suborden Oligochaeta. A pesar de no estar adaptado al ecosistema local, los resultados **NEPBIOS** para calidad de agua en Chillanes- Bucay, para ambas metodologías sustrato artificial y

red de mano, determinaron **calidad de agua buena y excelente** en las estaciones muestreadas.

El índice **BMWP/CR**, también empleado en este caso de estudio, es una adaptación que fue realizada por Mónica Springer en Costa Rica, que está estrechamente relacionado con el índice **BMWP/COL** que fue liderado por el científico Gabriel Roldan en Colombia con estudios que iniciaron en la década de los 80 en el Departamento de Antioquía. Para el Bosque Chillanes- Bucay ambos resultaron ser más adecuados.

El índice **BMWP/COL** incluye todas las familias encontradas en los arroyos y ríos del Bosque en estudio a excepción de la familia *Gammaridea* del orden Amphipoda; mientras que **BMWP/CR** no incluye a familias como *Lutrochidae*, *Euthyplociidae*, *Vellidae* (Hemíptera) y *Polythoridae* (Onodata), pero si incluye al orden Amphipoda.

Los resultados **BMWP-ASPT/CR** en las 14 estaciones muestreadas dieron como resultado valores de calidad de agua **crítica** en E10NS con el método red de mano en época seca, y para los demás casos aguas de **calidad dudosa, aceptable y buena** en invierno y verano, para ambas metodologías sustrato artificial y red de mano.

Los resultados **BMWP-ASTP/COL**, fueron más optimistas, asignando solo calidad de agua **dudosa** en E1S con la metodología de sustrato artificial en época seca; para las demás estaciones valoradas con ambos métodos de recolección en invierno y verano, asignó valores de calidad de agua **aceptable y buena**.

El índice **BMWP** efectivamente fue el más adecuado para el ecosistema del bosque estudiado, pero necesita ser mejorado y quizás incluir a otras especies que también se encuentran presentes en los arroyos de Ecuador, y establecer valores de sensibilidad para especies como renacuajos, pequeños cangrejos de agua dulce, y peces como la raspabalsa, *Plecostomus spinosissimus* que según autores como Andrea de Carvalho y Mónica Toledo-Piza, la raspabalsa se encuentra en toda la parte norte y central de Sudamérica.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El monitoreo llevado a cabo a lo largo de las 14 estaciones alrededor del río La Miran en el Bosque Protector Chillanes- Bucay, que contempló observaciones ubicadas desde una altura máxima de 1440 descendiendo hasta los 550 m.s.n.m., reveló que el agua en ambos casos, estaciones de senderismo y no senderismo son de buena calidad, y que los parámetros químicos evaluados estuvieron en su mayoría dentro de los límites permisibles de la legislación ambiental ecuatoriana, para fines de preservación de vida acuática y silvestre en ambientes de aguas dulces.

Existieron pequeñas diferencias pero dentro de los límites permisibles, entre los niveles de Fosfato y Nitrato en la época lluviosa, casos como E6NS que presentó 1,12 mg.L<sup>-1</sup> de contenido de Fosfato como valor máximo de su grupo; E12S y E13S presentaron 2,4 mg.L<sup>-1</sup> como valores máximos de contenido de Nitrato, valores que probablemente aumentaron debido al uso de abonos empleados en la agricultura como se confirmó en entrevistas, el uso de abonos a base de fosfato para crecimiento de pastizales para ganadería.

Los macroinvertebrados como índices bióticos, y en especial los más sensibles a la contaminación, que estuvieron presentes en los arroyos y ríos monitoreados, confirmaron también la buena calidad del agua del Bosque Chillanes - Bucay, como fue el caso de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera presentes en todas las estaciones, Plecóptera que estuvo ausente únicamente en E2S y E3NS, y Onodata sólo ausente en E14NS, con lo cual puede establecerse que actualmente *el número de visitantes que realizan actividades de senderismo y balneario, no han afectado mayormente la diversidad de la fauna acuática, únicamente la abundancia en sitios específicos como la cascada de Piedra Blanca.*

Respecto a las **relaciones encontradas en los análisis estadísticos** (Correlaciones Spearman), puede concluirse que la abundancia de los órdenes no depende directamente de los parámetros revisados, debido a que *se encontraron correlaciones débiles.*

Referente a la **diversidad natural** de especies en los sitios muestreados, los índices calculados como *Evenness*, revelaron apenas pequeñas diferencias en la distribución de órdenes y familias de macroinvertebrados, *con una mayor diversidad en estaciones de no senderismo*, mientras que en las estaciones de senderismo, los patrones de modificación de rocas, por actividades de balneario afectaron las poblaciones de macro invertebrados, como se evidenció de manera específica en EIS, donde dicha modificación incrementó la abundancia de los órdenes Amphipoda y Trichoptera.

El *método de sustrato artificial fue más eficiente para capturar abundancia* en relación a la metodología *de red de mano*, sin embargo la última en cuestión aporta para la captura de las especies que se desplazan con la corriente, **ambos métodos se complementan.**

Será oportuno desarrollar mecanismos de anclajes para la metodología de bolsas de sustrato artificial. En el presente caso de estudio, su desempeño fue óptimo en época seca, pero en temporada de lluvias, el incremento de velocidad y caudal se convierten en un inconveniente con la posibilidad de arrastrar los sustratos sumergidos. En adición la metodología de sustrato artificial, presenta un uso eficiente cuando se trata de lugares no propensos a derrumbes, para el caso del bosque estudiado en época invernal ocurrieron varios escenarios de deslizamientos de tierra que modificaron el cauce del río y que en algunos casos enterraron los sustratos sumergidos. En el muestreo presente en el Bosque Chillanes - Bucay, se perdieron varias bolsas de sustrato por dichos deslizamientos.

*Los datos registrados en este caso de estudio*, presentan una valoración importante de la calidad ambiental del agua y biodiversidad presente en los arroyos y ríos del Bosque Protector Chillanes- Bucay, que actualmente **revelan que no hay afectación al agua local sino más bien una leve alteración a la abundancia de macroinvertebrados acuáticos de este ecosistema por parte de actividades turísticas como el senderismo y actividades de balneario**, información que será de gran beneficio tomando en cuenta que el número de visitantes que se trasladan hasta aquel bosque irá aumentando, con lo cual luego de algunos años podrá realizarse nuevamente esta valoración, para comparar y estimar posibles y futuras afectaciones.

### **Recomendaciones para atenuar las afectaciones causadas por la visita de turistas a los senderos.**

En el manual de ecología de Randy Smith, se proponen los siguientes lineamientos en torno a la afectación por senderismo los cuales deben ser socializados a los turistas a través de los guías comunitarios:

- ✓ Evitar emisiones de ruido que perturben el confort sonoro
- ✓ Evitar verter al suelo sustancias o desperdicios que puedan contaminarlo
- ✓ Evitar verter al agua sustancias o desperdicios que puedan contaminarla
- ✓ No salir del camino para evitar nuevas compactaciones, procesos erosivos, pérdidas de materia orgánica.
- ✓ Cuando las personas no circulan por los caminos señalizados pueden causar pérdida de la cubierta vegetal y modificar la conducta de ciertas especies animales sensibles.
- ✓ Ir vestidos con colores muy fuertes puede espantar a la fauna sensible que se encuentra al paso de las personas.
- ✓ Cometer actos vandálicos que supongan deterioro, modificación o pérdida del entorno donde se encuentra el sendero.
- ✓ Destrucción de árboles y arbustos para la construcción de instalaciones.

## BIBLIOGRAFÍA:

Jacobsen, D., "Altitudinal changes in diversity of macroinvertebrates from small streams in the Ecuadorian Andes," 2003, pp. 145–167.

Kuhn, J., Andino, P., Jacobsen, D., "Spatial variability in macroinvertebrate assemblages along and among neighbouring equatorial glacier-fed streams," *Freshwater biology*, 2011.

Elser, P., "Use of colonization baskets for the investigation of disturbance phenomena in streams under model conditions," *Limnologica* 29 (1999), pp. 120-127.

Pinto, R., Patricio, J., "Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition," *Ecological indicators*, 2008.

De Pauw, Gabriels, Goethals, "Monitoring methods based on macroinvertebrates," September 2005, pp. 111-126.

Sánchez, R., "Diversidad y estructura de la comunidad de insectos acuáticos en el río Capira, Panamá," *Universidad de Panamá, tesis de grado*, 2008.

Sharma, M., Sharma, S., "Water quality assessment of Behta river, using benthic macroinvertebrates," *life science journal*, 3 (4), 2006.

Segnini, S., "El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente," *Sociedad venezolana de ecología, Eco trópicos*, 16(2), pp.45-63, 2003.

Ministerio del ambiente de Ecuador, Libro VI del texto unificado de legislación secundaria, Acuerdo ministerial no.028, Febrero de 2015.

Hilsenhoff, W., "Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index," *Journal of the North American benthological society*, vol. 7, no. 1, pp.65-68., Marzo, 1988.

Alba-Tercedor, J., "Macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de los ríos," *Departamento de biología animal y ecología, Universidad de Granada*, 1996.

Figuroa, R., Valdovinos, C., "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile," *Revista chilena de historia natural* 76, pp. 275-285, 2003.

OMT, "Actividades deportivas de los alemanes, holandeses, y franceses en sus vacaciones al extranjero," *Organización mundial del turismo*, Madrid - España, 2001.

Smith, R., "Manual de ecoturismo. Para guías y comunidades de la Amazonía ecuatoriana." *Gráficas modelo*, Cayambe - Ecuador, 2002

OMT, "Informe especial, el mercado estadounidense, sección de desarrollo sostenible," Madrid, Abril 2002.

Lafuente, W., "Desarrollo de una herramienta de biomonitoreo y evaluación del estado de recuperación ecológica de ríos contaminados por hidrocarburos." Tesis de maestría, ESPOL, 2013.

Figuroa, R., Ruíz, V., Encina-Montoya, F., Palma, A., "Simplificación en el uso de macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de las aguas en sistemas fluviales," *Interciencia*, volumen 30 nro. 12, pp. 770-774, 2005.

Figuroa, R., Palma, A., Ruiz, V., Niell, X., "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," *Revista chilena de historia natural* 80, pp. 225-242, 2007.

Mafla, M., "Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano, Talamanca - Costa Rica," *Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza*, Turrialba, 2005.

Tung-Jer, H., Hsiao-Wen, W., Hong-Yuan, L., “Assessment of environmental conditions of nan-shih stream in Taiwan,” *Ecological indicators* 7, pp. 430–441, 2007.

Chessman, B., “New sensitivity grades for Australian river macroinvertebrates,” *Marine and freshwater research* 54, pp, 95-103, 2003.

OMT., “Deporte y turismo: Destino América Latina, productos comercializados por tour operadores europeos,” *Organización mundial del turismo*, 2003.

OMT., “Desarrollo sostenible del ecoturismo, una compilación de buenas prácticas en las pymes.” *Organización mundial del turismo*, 2003.

Autores varios, “Deporte y turismo, informe introductorio,” *Organización mundial del turismo*, 2002.

## **ANEXOS**

**Tabla 41.- Valores de los parámetros Físico Químicos. Época Seca.**

VALORACION DE LA CALIDAD DEL AGUA															
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Fosfato	mg.L <sup>-1</sup>	0,37	0,07	0,63	0,04	0,08	0,07	0,05	0,06	0,08	0,09	0,07	0,06	0,08	0,08
Nitrito	mg.L <sup>-1</sup>	0,002	0,003	0,05	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,002	0,003	0,004	0,002
Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	0,1	0,45	0,5	0,15	0,38	0,3	0,18	0,27	0,49	0,26	0,47	0,82	0,42	0,43
Turbidez	NTU	1,25	0,6	1,45	2,57	2,57	1,89	2,4	2,4	0,72	2,65	0,79	1,68	0,69	0,54
temperatura	°C	18	17,5	18,8	17,4	18	18	18,3	18,2	18,7	19,6	19,6	19,8	19,6	20,6
pH		7,34	7,06	6,96	7,49	7,36	7,34	7,39	7,11	7,15	7,24	7,38	7,61	7,62	6,95
OD	mg.L <sup>-1</sup>	8,42	8,31	7,62	8,43	8,41	8,43	8,12	8,31	7,92	7,11	7,12	7,08	7,13	7,01
OD %		98,01	99,8	91,1	98,2	100,1	98,5	95,2	96,4	94,8	89,07	89,08	88,6	89,9	88,1
DBO 5	mg.L <sup>-1</sup>	0,8	0,82	1,59	0,66	0,73	0,93	0,96	0,62	0,67	0,63	0,75	0,96	0,8	0,58
CARACTERISTICAS DEL CAUDAL															
Ancho estimado	m	2,6	1,8	0,9	1,3	1,1	1,4	2,8	1,4	3,3	1,2	7,7	2,5	2,3	3,97
Velocidad	m. s <sup>-1</sup>	0,64	0,66	0,29	0,35	0,5	0,37	0,66	0,73	0,25	0,31	0,43	0,23	0,25	0,34
Profundidad aprox.	m	0,1	0,25	0,05	0,17	0,1	0,18	0,32	0,09	0,11	0,075	0,39	0,28	0,18	0,09

**Tabla 42.- Valores de los parámetros Físico - Químicos. Época lluviosa.**

VALORACION DE LA CALIDAD DEL AGUA															
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Fosfato	mg.L <sup>-1</sup>	0,19	0,1	0,28	0,12	0,11	1,12	0,19	0,07	0,08	0,09	0,09	0,11	0,07	0,12
Nitrito	mg.L <sup>-1</sup>	0,025	0,025	0,053	0,031	0,021	0,025	0,028	0,019	0,018	0,025	0,016	0,02	0,017	0,019
Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	0,2	1	0,5	0,6	1	1,7	0,5	1,8	2,3	2,2	2,3	2,4	2,4	2,2
Turbidez	NTU	0,63	0,99	29,3	13,7	1,37	5,8	16,3	2,04	0,83	8,02	1,52	1,62	1,4	1,57
temperatura	°C	16,7	17,7	17,1	18,3	18,9	18,9	19	19,1	19,3	19,6	20,1	20	20,2	20,8
pH		7,62	6,71	7,71	7,64	7,63	7,65	7,74	7,72	7,78	7,76	8,01	7,5	7,88	7,91
OD	mg.L <sup>-1</sup>	5,38	5,61	5,97	5,73	5,93	6,05	5,4	5,32	5,48	4,71	4,81	4,98	5,19	5,28
OD %		64,8	67,4	71,3	68,5	72,3	73,1	64,6	63,6	65,3	56,9	57,7	59,3	62,1	62,9
DBO 5	mg.L <sup>-1</sup>	0,51	0,68	0,42	0,82	0,52	1	0,66	0,82	0,84	0,44	0,68	0,59	0,54	0,7
CARACTERISTICAS DEL CAUDAL															
Ancho estimado	m	2,77	3	0,6	5,1	1,9	2,32	4,5	2,4	3,62	2,1	3	2,7	1,35	4,2
Velocidad	m. s <sup>-1</sup>	0,93	1	0,69	2,14	0,68	0,903	0,8	0,76	0,83	0,79	0,6	1,14	0,54	1,33
Profundidad aprox	m	0,31	0,4	0,11	1,15	0,17	0,24	0,66	0,16	0,18	0,15	0,37	0,38	0,3	0,24

**Tabla 43.- Macroinvertebrados clasificados por familia, recolectados con red de mano en época seca.**

	E1 S	E2 S	E3 NS	E4 NS	E5 NS	E6 NS	E7 NS	E8 NS	E9 S	E10 NS	E11 S	E12 S	E13 S	E14 S
<b>Coleóptera</b>														
Elmidae		1		1	2		1	2	1			4		2
Ptilodactylidae	1	2	2	4	8	6	2	1	7	1		16	1	16
Pshepenidae														
Lutrochidae						1							1	
<b>Díptera</b>														
Simuliidae														
Chironomidae	2			15			14			29	2			
Tipulidae		1	1	1	1	3				2		3		1
Blepharoceridae							1							
<b>Ephemeroptera</b>														
Baetidae	3	15	1	1	6		23		5	3	1			
Leptohyphidae														
Leptophlebiidae				2		6		30	2		9	1	11	5
Euthyplociidae												1		1
<b>Hemiptera</b>														
Naucoridae		1		2			2		4		4	1		
Veliidae						1				1	2		2	
<b>Odonata</b>														
Polythoridae												1		
Aeshnidae														
Libellulidae				2	1		3	1			1	2		
Calopterygidae							2							
Gomphidae											2			
Megapedagrionidae													1	
<b>Plecóptera</b>														
Perlidae					3						1	1	2	6
<b>Trichoptera</b>														
Hydropsychidae	5	4	9		4	13		7	4	17		17	11	18
calamoceratidae					2					4				1
Leptoceridae				2			3		4			2		1
<b>Non Insects</b>														
<b>Amphipoda</b>														
Gammaridea	47	64	5	1	9	11		20	4		14	6	8	1
<b>Pez</b>			3	1										
<b>Cangrejo</b>												1		





**Tabla 45.- Macroinvertebrados clasificados por familia, recolectados con red de mano en época lluviosa.**

	E1 S	E2 S	E3 NS	E4 NS	E5 NS	E6 NS	E7 NS	E8 NS	E9 S	E10 NS	E11 S	E12 S	E13 S	E14 S
<b>Coleóptera</b>														
Elmidae	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1			1	
Ptilodactylidae	1				14	3	1	7	2	5		1	1	
Pshepenidae						1								
Lutrochidae						1								
<b>Díptera</b>														
Simuliidae		3												
Chironomidae		2												
Tipulidae	1						1	2		1	1			
<b>Ephemeroptera</b>														
Baetidae	2			1			2				2		1	
Leptohyphidae			1		2	1					1			
Leptophlebiidae		1	4		4			17	7	1	3	8	5	
Euthyplociidae					2					1			2	
<b>Hemiptera</b>														
Naucoridae	1	3			1			1	1		1	1	2	1
Veliidae						1					1			
<b>Megaloptera (neuroptera)</b>														
Corydalidae	1											1		1
<b>Odonata</b>														
Polythoridae									1	1			1	
Aeshnidae											1			
Libellulidae		1									1			
Calopterygidae		1												
<b>Plecóptera</b>														
Perlidae	1				4	1	1	2	1					1
<b>Trichoptera</b>														
Hydropsychidae	12	35	16		47	79	2	49	23	20	58	11	28	5
calamoceratidae					3	2				1				
Leptoceridae				2										
<b>Non Insects</b>														
<b>Amphipoda</b>														
Gammaridea	15	69	3		10	1		4					2	
<b>Oligochaeta</b>														
<b>Pez</b>			1											
<b>Cangrejo</b>			2			1								



