

**INSTITUTO TECNOLÓGICO**  
**AGROPECUARIO SAN ANDRÉS**

***CARRERA DE GESTIÓN DE LOS  
RECURSOS HÍDRICOS Y RIEGO***



***EVALUACIÓN DE LA CALIDAD  
ECOLÓGICA DE LA (SUB CUENCA  
RIO MENA), DEPARTAMENTO DE  
TARIJA***

***Tarija, noviembre 2025***



Lic. Ibeth Rosio Portillo Romero

**RECTORA INSTITUTO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO SAN ANDRÉS  
(ITASA)**

Ing. Romer Elvis Feliz Donaire

**DIRECTOR ACADÉMICO (ITASA)**

**RESPONSABLE DEL EQUIPO DE INVESTIGACION**

PhD. MSc. Armando Schmidt Gómez

**DOCENTE INVESTIGADOR ITASA**

**ESTUDIANTE DEL ITASA**

**EQUIPO DE INVESTIGACION:**

**CARRERA DE GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS Y RIEGO**

- María Esther Becerra Cuevas (2do. Año)
- José Manuel Chijo Alfaro (2do. Año)
- Owen Gabriel herrera choque (2do. Año)
- Fabiola Alejandra López Aramayo (2do. Año)
- Hugo Ramiro Martínez Flores (2do. Año)

**RESUMEN**

Con respecto a la calidad biológica (Índice BMWP), las aguas del río Mena presenta un grado de contaminación crítica en las 10 estaciones, las cuales están ubicadas en la cuenca

Con respecto al número de especímenes de macro invertebrados clasificados de manera taxonómica, se observa que en la Estación E009 se obtuvo la mayor cantidad de órdenes y familias, con un total de 5 cada uno. En contraste, las Estaciones E003, E005, E006, E007 y E008 presentaron la menor cantidad, con 3 órdenes y 3 familias respectivamente. Por otra parte, las Estaciones E001, E002, E004 y E0010 mostraron valores intermedios, con 4 órdenes y 4 familias en cada caso. En general, se aprecia una distribución bastante uniforme entre las estaciones, con ligeras variaciones en el número de especímenes clasificados.

A partir del gráfico del índice de calidad de bosque (QBR) se observan diferencias claras en la calidad del bosque de ribera entre las cuatro estaciones. En la estación 1 predominan condiciones intermedias, con signos de alteración, pero aún con vegetación funcional. La estación 2 muestra un aumento de categorías más afectadas, indicando un deterioro mayor. La estación 3 mantiene esta tendencia, reflejando una presión antrópica que impacta la estructura del bosque. Finalmente, la estación 4 presenta el estado más crítico, con una alta presencia de la categoría “pésimo”, señalando una degradación marcada y escasa cobertura vegetal.

En el gráfico del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del río Mena se observa que las estaciones E004 (62), E002 (60) y E009 (58) presentan los valores más altos, indicando una calidad ecológica media correspondiente a un nivel de Diversidad Media de Hábitats (color amarillo). Las estaciones E003 (55), E005 (56), E006 (57), E007 (50), E001 (48) y E010 (49) mantienen valores intermedios dentro de este mismo rango de diversidad. Por su parte, la estación E008, con 46 puntos, muestra el valor más bajo del conjunto, situándose dentro del nivel de Baja Diversidad de Hábitats (color naranja).

En general, los resultados reflejan una condición ecológica predominantemente media, aunque se evidencian ligeras variaciones aguas abajo, donde algunos tramos presentan una leve disminución en la calidad del hábitat fluvial.

En cuanto a los parámetros físico-químicos, se evidencia una variación gradual a lo largo del recorrido del río mena, influenciada principalmente por la ubicación de las estaciones y las condiciones ambientales de cada sector.

El pH presenta valores ligeramente alcalinos en todo el sistema, con un promedio de 7.54 en, lo que indica aguas estables con una ligera tendencia hacia la alcalinidad, posiblemente asociada a la presencia natural de carbonatos y bicarbonatos en el entorno geológico.

Respecto a la temperatura del agua, el valor oscila alrededor de los 16 °C, manteniéndose en una temperatura regular.

Los sólidos disueltos totales (TDS) mantiene concentraciones bajas, con un promedio de 65.8 reflejando un bajo nivel de sales disueltas y, por ende, una buena calidad del agua. Este comportamiento se relaciona estrechamente con la conductividad eléctrica, cuyos valores promedio 141.3 us/cm, lo que confirma la coherencia entre ambas variables.

### **Índice BMWP**

Refiriéndose al índice BMWP hay una distribución asimétrica negativa, donde el 50% central muestra baja dispersión y valores concentrados hacia el límite inferior. El IQR es 4,5, indicando poca variabilidad entre los cuartiles. La media ( $\approx 23,38$ ) es menor que la mediana (25) y también menor que la moda (30,5). Esto refleja una tendencia general a valores bajos de calidad biológica en la subcuenca.

### **Índice QBR**

En el índice QBR se observa una asimetría positiva, con una dispersión moderada en el 50% central, menor que en el IHF pero mayor que en el BMWP. El IQR es 15, evidenciando una variabilidad intermedia en el índice. La media ( $\approx 57,06$ ) es menor que la mediana (50) y

menor que la moda (76,25). Esto sugiere predominio de valores medios, con presencia de tramos ribereños de alta calidad.

### **Índice IHF**

El índice IHF Muestra una asimetría positiva, con un 50% central poco disperso en comparación con los otros dos índices. El IQR alcanza 6,75, lo que indica baja variabilidad en los valores centrales. La media ( $\approx 52,69$ ) es inferior a la mediana (55,5) y también menor que la moda (58,5). Esto evidencia una tendencia hacia condiciones físicas del hábitat relativamente homogéneas y favorables.

Palabras Clave: Calidad Ecológica, Vegetación de Rivera, Macro Invertebrados, Bioindicadores.

**SUMMARY**

Regarding biological quality (BMWP Index), the waters of the Mena River present a critical level of pollution at all 10 stations, which are located within the basin.

Regarding the number of macroinvertebrate specimens classified taxonomically, Station 9 yielded the highest number of orders and families, with a total of 5 each. In contrast, Stations 3, 5, 6, 7, and 8 presented the lowest numbers, with 3 orders and 3 families respectively. Stations 1, 2, 4, and 10 showed intermediate values, with 4 orders and 4 families in each case. Overall, a fairly uniform distribution is observed among the stations, with slight variations in the number of classified specimens.

Based on the Forest Quality Rating (FQR) graph, clear differences in riparian forest quality are observed across the four stations. Station 1 shows predominantly intermediate conditions, with signs of disturbance but still with functional vegetation. Station 2 shows an increase in the most affected categories, indicating greater deterioration. Station 3 maintains this trend, reflecting anthropogenic pressure impacting the forest structure. Finally, Station 4 presents the most critical state, with a high prevalence of the "very poor" category, indicating marked degradation and sparse vegetation cover.

The River Habitat Index (RHI) graph for the Mena River shows that stations E004 (62), E002 (60), and E009 (58) have the highest values, indicating a medium ecological quality corresponding to a Medium Habitat Diversity level (yellow). Stations E003 (55), E005 (56), E006 (57), E007 (50), E001 (48), and E010 (49) have intermediate values within this same diversity range. Station E008, with 46 points, shows the lowest value, placing it within the Low Habitat Diversity level (orange). Overall, the results reflect a predominantly medium ecological condition, although slight variations are evident downstream, where some sections show a slight decrease in river habitat quality.

Regarding the physicochemical parameters, a gradual variation is evident along the course of the Mena River, influenced mainly by the location of the sampling stations and the environmental conditions of each section.

The pH shows slightly alkaline values throughout the system, with an average of 7.55 in the upper reaches and 7.54 in the middle reaches, indicating stable waters with a slight tendency towards alkalinity, possibly associated with the natural presence of carbonates and bicarbonates in the geological environment.

Regarding water temperature, the values range between 15.6 °C and 16.6 °C, showing an increase of only 1 degree downstream, attributable to the decrease in altitude and the greater exposure of the riverbed to solar radiation. Total dissolved solids (TDS) remain at low concentrations, averaging 69.4 ppm in the upper zone and 62.2 ppm in the middle zone, reflecting a low level of dissolved salts and, therefore, good water quality. This behavior is closely related to electrical conductivity, whose average values are 146.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and 135.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectively, confirming the correlation between both variables.

### **BMWP Index**

Referring to the BMWP index, there is a negative asymmetric distribution, where the central 50% shows low dispersion and values concentrated towards the lower limit. The IQR is 4.5, indicating little variability between quartiles. The mean ( $\approx 23.38$ ) is less than the median (25) and also less than the mode (30.5). This reflects a general trend towards low values of biological quality in the sub-basin.

### **QBR index**

In the QBR index, a positive skew is observed, with moderate dispersion in the central 50%, lower than in the IHF but higher than in the BMWP. The IQR is 15, indicating intermediate variability in the index. The mean ( $\approx 57.06$ ) is lower than the median (50) and lower than the mode (76.25). This suggests a predominance of average values, with the presence of high-quality riparian stretches.

### **IHF Index**

The IHF index shows a positive skew, with a tightly clustered central 50% compared to the other two indices. The IQR reaches 6.75, indicating low variability in the central values. The

mean ( $\approx 52.69$ ) is lower than the median (55.5) and also less than the mode (58.5). This reflects a tendency toward relatively homogeneous and favorable habitat physical conditions.

Keywords: Ecological Quality, Rivera Vegetation, Macro Invertebrates, bio indicators

## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>iv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....</b>	<b>2</b>
2.1. Ubicación.....	2
2.2. Morfología.....	2
2.2.1. Altimetría.....	2
2.2.2 Fisiografía.....	3
2.3 Hidrografía.....	5
2.4 Geología y Suelo .....	6
2.4.1 Geología.....	6
2.4.2 Suelos.....	7
2.6 Precipitación.....	9
2.7 Información de Referencia del Río Mena.....	10
2.7.1 Resultados de Análisis de la Cuenca del rio Guadalquivir.....	10
2.7.2 Evaluación de la Calidad del Agua del Río Mena mediante el Índice BMWP ...	10
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>11</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
4.1. Objetivo general .....	12
4.2. Objetivos específicos.....	12

<b>5. METODOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
5.1. Procedimientos .....	13
5.1.1. INDICE BIOTICO BMWP/Bol .....	14
5.1.2. INDICE QBR .....	17
5.1.3. INDICE IHF .....	19
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
6.1. Índice BMWP/Bol .....	22
6.2 índice de Calidad de Bosque de Rivera (QBR) .....	30
6.2.1. Grado de Cobertura de la Zona de Ribera (Bloque 1).....	30
6.2.2 Estructura de la Cobertura Vegetal (Bloque 2) .....	31
6.2.3. Calidad de la Cobertura Vegetal (Bloque 3) .....	33
6.2.4. Grado de Naturalidad del Canal Fluvial (Bloque 4).....	34
6.2.5. Análisis de la Calidad del Bosque de Rivera (QBR).....	35
6.3. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) .....	38
6.3.1. Inclusión Rápidos- Sedimentación Pozas (Bloque 1).....	38
6.3.2. Frecuencia de Rápidos (Bloque 2).....	39
6.3.3 Composición del Sustrato (Bloque 3).....	40
6.3.4. Regímenes de velocidad / profundidad (Bloque 4) .....	41
6.3.5. Porcentaje de sombra en el cauce (Bloque 5).....	42
6.3.6. Elementos Heterogeneidad (Bloque 6).....	43

6.3.7 Cobertura de Vegetación Acuática (Bloque 7).....	44
6.4 Resultados del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) Sub Cuenca Rio Mena.....	45
6.5. Parámetros Físico Químicos de la Sub cuenca Rio Mena. ....	47
6.6 Parámetros Físico Químicos de la Sub cuenca Rio Mena por Unidad de Cuenca.....	48
6.7. Resultados de la calidad ecológica integral de la Sub cuenca Rio Mena. ....	49
6.8. Estado Ecológico en función a los Indicadores IHF, BMWP, QBR, Sub Cuenca Rio Mena .....	50
6.9 Análisis de Resultados.....	51
6.9.1. Estadísticas Descriptivas .....	51
6.10. Pruebas de normalidad de Shapiro – Wilk .....	54
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>56</b>

## **INDICE DE MAPAS**

MAPA N.º 1 UBICACIÓN .....	2
MAPA N.º 2 PENDIENTES .....	3
MAPA N.º 3 FISIOGRAFÍA.....	4
MAPA N.º 4 HIDROGRAFÍA.....	5
MAPA N.º 5 GEOLOGÍA.....	7
MAPA N.º 6 USO DE SUELO.....	8
MAPA N.º 7 PRECIPITACIONES.....	9

## **INDICE DE TABLAS**

TABLA N.º 1 ESTACIONES DE MUESTREO GEORREFERENCIADAS.....	13
TABLA N.º 2 VALORACIÓN ÍNDICE BIÓTICO BMWP/BOL .....	16
TABLA N.º 3 RANGOS DE CALIDAD DEL ÍNDICE BMWP/BOL. ....	17
TABLA N.º 4 RANGOS DE CALIDAD DEL ÍNDICE IHF .....	19
TABLA N.º 5 RANGOS DE CALIDAD DEL ÍNDICE QBR Y QBR-AND. ....	20
TABLA N.º 6 TABLA DE DOBLE ENTRADA PARA EL CÁLCULO DEL ESTADO ECOLÓGICO INTEGRAL DE LA CUENCA.....	21
TABLA N.º 7 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E001.....	22
TABLA N.º 8 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E002.....	22
TABLA N.º 9 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E003.....	23
TABLA N.º 10 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E004.....	23
TABLA N.º 11 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E005.....	24
TABLA N.º 12 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E006.....	24
TABLA N.º 13 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E007.....	25
TABLA N.º 14 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E008.....	25
TABLA N.º 15 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E009.....	26

TABLA N.º 16 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E010.....	26
TABLA N.º 17 RESUMEN DE RESULTADOS DEL ÍNDICE BIÓTICO BMWP/BOL.	27
TABLA N.º 18 ESPECÍMENES DE MACRO INVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN RÍO MENA.....	28
TABLA N.º 19 CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA SUB CUENCA DEL RÍO MENA .....	36
TABLA N.º 20 ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) SUB CUENCA RÍO MENA ..	45
TABLA N.º 21 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS SUB CUENCA RÍO MENA.....	47
TABLA N.º 22 ESTADO ECOLÓGICO DE LA SUB CUENCA RÍO MENA .....	49
TABLA N.º 23 RELACIÓN ENTRE INDICADORES.....	51
TABLA N.º 24 RELACIÓN ENTRE INDICADORES .....	52
TABLA N.º 25 RELACIÓN ENTRE INDICADORES.....	54

## **INDICE DE GRAFICOS**

GRAFICO N.º 1 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA POR ESTACIÓN.....	27
GRAFICO N.º 2 TAXONOMÍA DE MACRO INVERTEBRADOS POR ESTACIÓN SUB CUENCA DEL RÍO MENA .....	28
GRAFICO N.º 3 GRADO DE COBERTURA DE VEGETACIÓN RIBEREÑA.....	30
GRAFICO N.º 4 ESTRUCTURA COBERTURA DE VEGETACIÓN RIBEREÑA.....	32
GRAFICO N.º 5 ESTRUCTURA COBERTURA DE VEGETACIÓN RIBEREÑA .....	33
GRAFICO N.º 6 NATURALIDAD DEL CANAL FLUVIAL.....	34
GRAFICO N.º 7 ÍNDICE (QBR) POR ESTACIÓN SUB CUENCA.....	37
GRAFICO N.º 8 INCLUSIÓN RÁPIDOS-SEDIMENTACIÓN POZAS (IHF).....	38
GRAFICO N.º 9 FRECUENCIA DE RÁPIDOS (IHF) .....	39
GRAFICO N.º 10 COMPOSICIÓN SUSTRATO (IHF) .....	40
GRAFICO N.º 11 REGÍMENES DE VELOCIDAD / PROFUNDIDAD (IHF) SUB CUENCA DEL RÍO MENA .....	41
GRAFICO N.º 12 % DE SOMBRA EN EL CAUCE (IHF) SUB CUENCA RÍO MENA ..	42

GRAFICO N° 13 ELEMENTOS HETEROGENEIDAD (IHF) SUB CUENCA DEL RIO MENA .....	43
GRAFICO N° 14 COBERTURA DE VEGETACIÓN ACUÁTICA (IHF) SUB CUENCA DEL RIO MENA.....	44
GRAFICO N° 16 ÍNDICE DE CALIDAD FLUVIAL POR UBICACIÓN DE CUENCA.	46
GRAFICO N° 17 PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS SUB CUENCA RIO MENA POR ESTACIÓN .....	47
GRAFICO N° 18 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS SUB CUENCA RIO MENA POR UNIDAD DE CUENCA.....	48
GRAFICO N° 19 ESTADO ECOLÓGICO SUB CUENCA RIO MENA .....	49
GRAFICO N° 20 ESTADO ECOLÓGICO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE IHF .....	50
GRAFICO N° 21 ESTADO ECOLÓGICO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE BMWP .....	50
GRAFICO N° 22 ESTADO ECOLÓGICO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE QBR .....	51
GRAFICO N° 23 VARIABILIDAD ECOLÓGICA INTEGRAL SUB CUENCA RIO MENA .....	53

## **1. INTRODUCCIÓN**

La evaluación ecológica de los ecosistemas fluviales constituye una herramienta fundamental para comprender el estado de conservación de los ríos y su capacidad de sostener las funciones ambientales que garantizan la estabilidad de la cuenca hidrográfica. En este sentido, el presente documento desarrolla una evaluación integral del río Mena, ubicado en el departamento de Tarija, con el propósito de diagnosticar su Estado Ecológico actual mediante el análisis integrado de la calidad biológica, fluvial y ribereña.

El río Mena, como parte estructural de la dinámica hídrica de la región, cumple un rol esencial en la provisión de servicios ecosistémicos, entre ellos la regulación hidrológica, el sustento de hábitats para macroinvertebrados bentónicos, la conectividad ecológica entre la vegetación ribereña y los ambientes acuáticos, y el mantenimiento de la biodiversidad local. Sin embargo, en los últimos años, la cuenca ha experimentado presiones derivadas de actividades agrícolas, pecuarias y antrópicas que han generado modificaciones en la estructura del hábitat, alteraciones en la calidad del agua y cambios en la composición biológica. Estos factores justifican la necesidad de un análisis riguroso que permita caracterizar la situación actual del ecosistema y orientar medidas de gestión y conservación.

Para ello, la investigación integra tres índices ampliamente reconocidos en el ámbito del monitoreo ecológico: el Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR), que evalúa la estructura, naturalidad y calidad de la vegetación ribereña; el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), que analiza las características físicas del cauce y su diversidad de microhábitats; y el índice (BMWP), que determina la calidad biológica del agua mediante el análisis de macroinvertebrados bentónicos. La combinación de estos indicadores permite obtener una visión holística del sistema fluvial, integrando variables físicas, biológicas y ecológicas en una sola interpretación.

Asimismo, la metodología aplicada se sustenta en un proceso de trabajo dividido en gabinete y campo, empleando prospecciones técnicas, colecta estandarizada de organismos y análisis físico-químicos del agua, con el fin de asegurar precisión y confiabilidad en los resultados. Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas estratégicamente a lo largo del río Mena, permitiendo identificar patrones espaciales de perturbación y conservación.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

### 2.1. Ubicación

MAPA N.º 1 UBICACIÓN



El estudio se llevó a cabo en el río Mena, (CODETAR, 1995) indica que la subcuenca del río Mena ocupa el extremo Sureste de la cuenca del río Tolomosa. Para la evaluación, se establecieron 10 estaciones de muestreo distribuidas en un tramo de aproximadamente 2.5 kilómetros del río. Estas estaciones se ubicaron tanto aguas arriba como aguas abajo de un puente en el río Mena, permitiendo una evaluación completa de los índices BMWP, IHF y QBR.

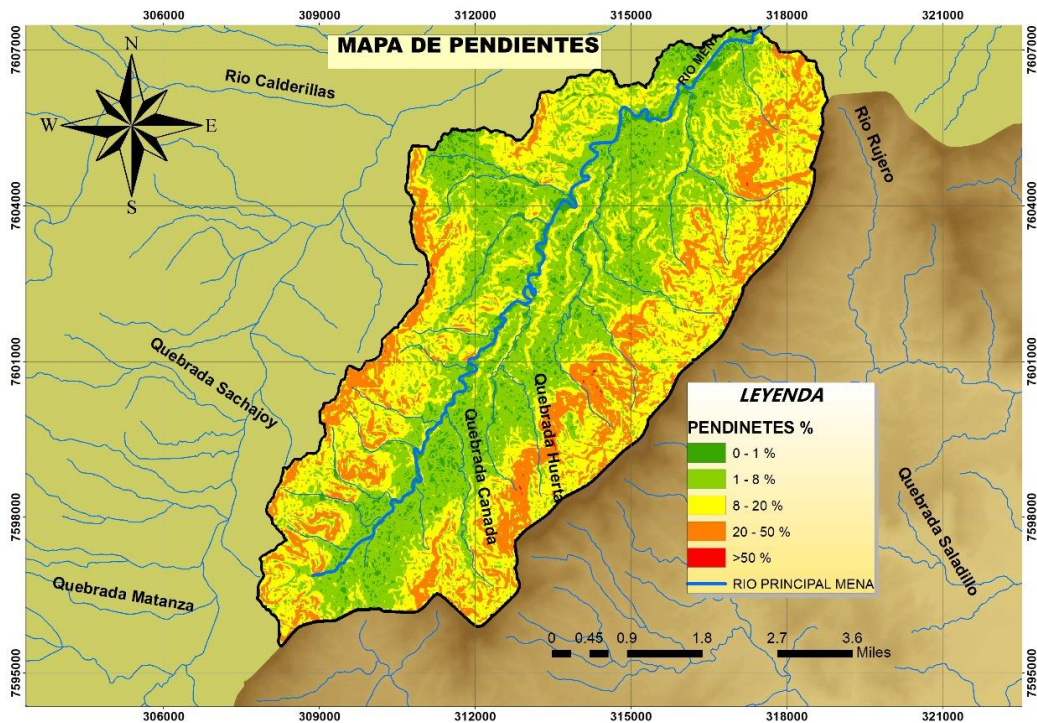
### 2.2. Morfología

#### 2.2.1. Altimetría

La parte más alta de la serranía que rodea la cuenca alcanzan los 2400 m.s.n.m. y en el fondo del valle se encuentra entre 2000 y 1890 m.s.n.m. (CODETAR, 1995).

La cartografía de pendientes de la subcuenta, con un desnivel de 174 m en solo 18.56 km de río, demuestra un relieve de alta energía dominado por pendientes críticas (naranja y rojo, >20%), siendo las zonas planas (0-8%) escasas y limitadas al valle fluvial. Esta configuración es el principal motor de la degradación ambiental que afecta sus estudios biológicos, ya que las pendientes abruptas actúan como áreas de máxima erosión, enviando una alta carga de sedimentos al río.

MAPA N.º 2 PENDIENTES



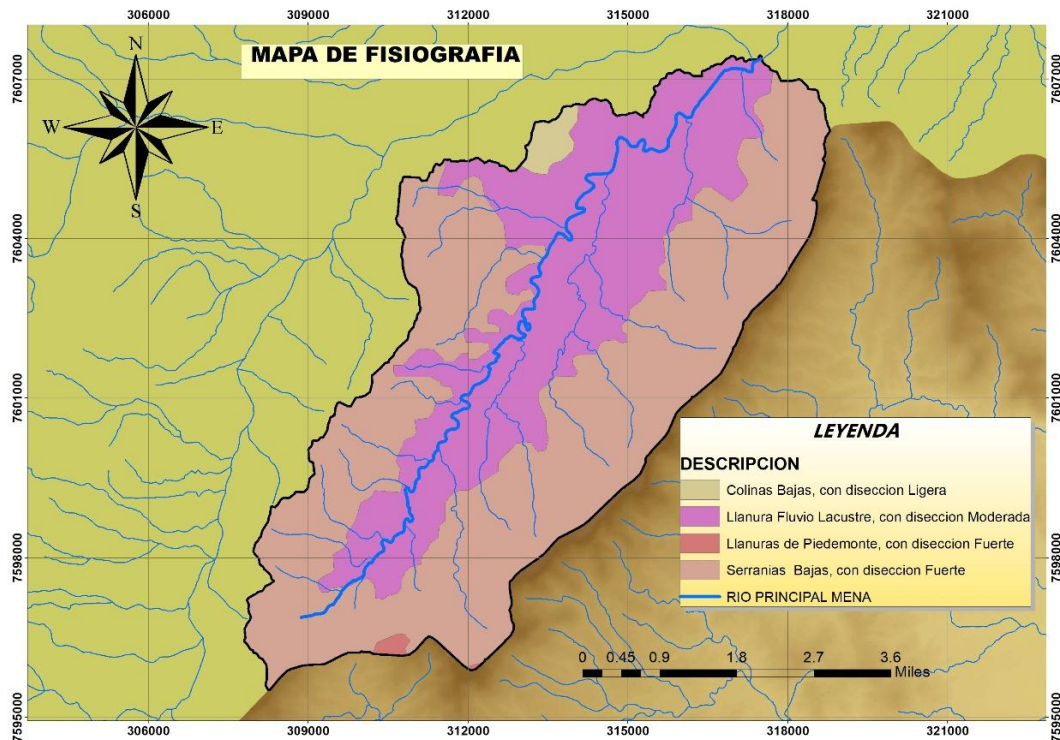
Este aporte de material no solo compromete la estabilidad física del hábitat acuático (IHF) y la salud del bosque de ribera (QBR), sino que también colapsa el ecosistema bentónico por colmatación, llevando a una inevitable caída en los índices de diversidad biológica (BMWP). En resumen, la salud biológica del río está directamente condicionada por la inestabilidad y la erosión que se origina en las laderas más inclinadas de la cuenca.

### 2.2.2 Fisiografía

El Mapa de Fisiografía revela que la salud de la subcuenta está estructuralmente determinada por el dominio de las Serranías Bajas con disección Fuerte (marrón claro) y las Llanuras de Piedemonte con disección Fuerte (rojo pálido), unidades que se superponen a las pendientes más críticas y son

el origen principal de la inestabilidad geomorfológica. La característica de disección Fuerte implica que el paisaje está intensamente cortado y erosionado por el agua, confirmando que estas unidades son las zonas de aporte masivo de sedimentos y escorrentía rápida hacia el cauce. Esta intensa movilización de material ejerce una presión directa sobre la Llanura Fluvio Lacustre con disección Moderada (morado), la unidad receptora donde fluye el Río Principal Mena. El fondo del valle está constituido por terrenos fluvio lacustres, esta unidad más la conformada por terrenos de origen coluvial, ocupan un área de 20 Km<sup>2</sup> y los restantes 45 Km<sup>2</sup> 10 constituyen las laderas de las serranías que la circundan (CODETAR, 1995).

MAPA N.º 3 FISIOGRAFÍA

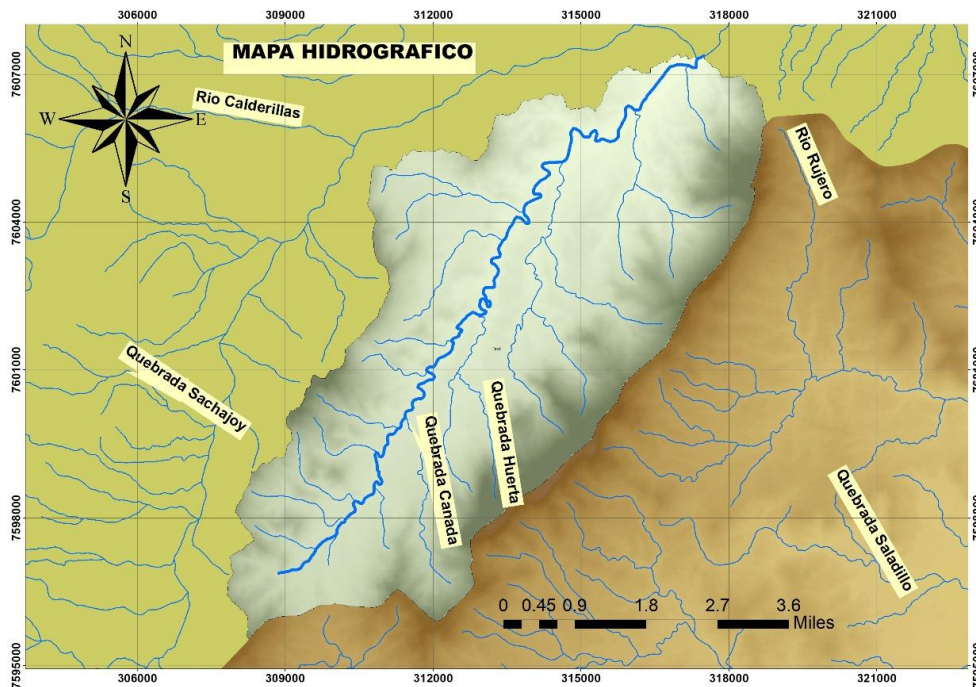


En consecuencia, esta fisiografía erosiva y denudativa compromete severamente los índices biológicos: la constante carga de sedimento que llega desde las serranías colmata el hábitat bentónico (reduciendo el BMWP), degrada la morfología del lecho y sus refugios (IHF), y las áreas circundantes de disección fuerte amenazan directamente la estabilidad y calidad de la vegetación de ribera (QBR).

### 2.3 Hidrografía.

El curso del río Mena nace en el extremo sur de la sub-cuenca, corre de sur a norte por la parte central del valle, tiene una pendiente media de 0,6% Y todos sus afluentes son pequeñas quebradas que nacen en las serranías de ambas márgenes, con recorridos del orden de 3 a 6 Km. (CODETAR, 1995). El Mapa Hidrográfico muestra la red de drenaje de la subcuenca, donde el Río Principal Mena recibe el aporte de múltiples afluentes como las quebradas Sachajoy, Cañada y Huerta. Este patrón de drenaje implica que la calidad biológica del río principal desciende de las zonas más inclinadas (identificadas en mapas previos) actúan como canales directos que transportan el agua con alta energía y la carga de sedimentos generada por la erosión de las laderas.

MAPA N.º 4 HIDROGRAFÍA



Por lo tanto, cualquier problema de inestabilidad o contaminación en estas quebradas secundarias se transfiere inmediatamente al Río Principal Mena, haciendo indispensable gestionar la salud de toda la red de drenaje para proteger el punto donde se realizaron los estudios.

## **2.4 Geología y Suelo**

### **2.4.1 Geología**

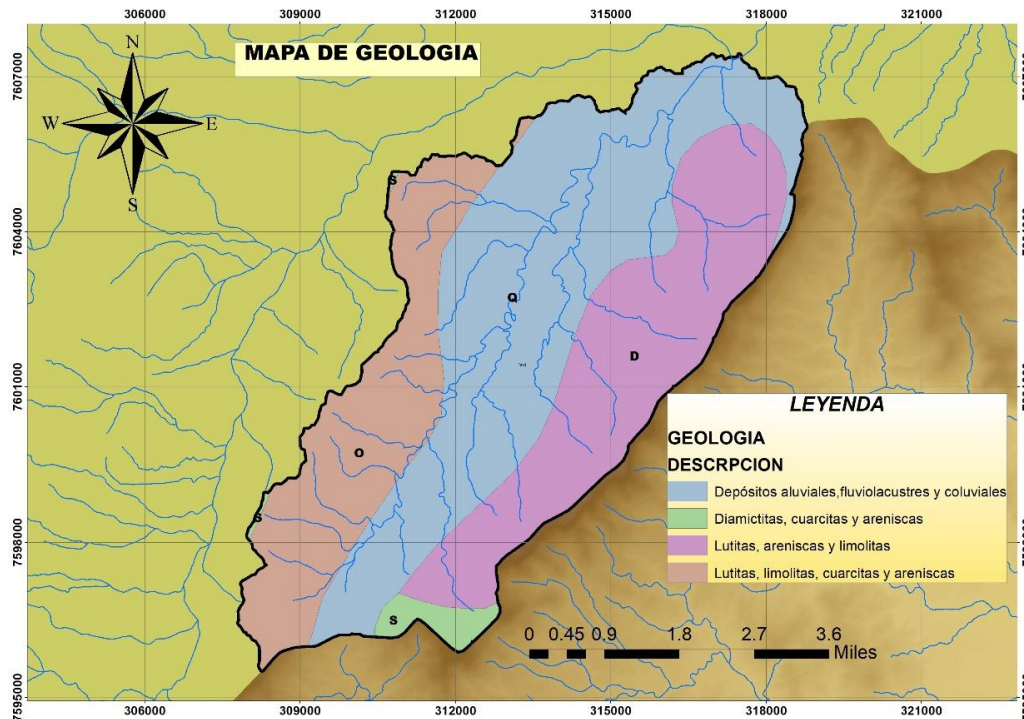
Para dar respuesta a las causas que generan los procesos erosivos y que influyen en las condiciones ambientales, la característica geológica es un factor determinante en la distribución de las formaciones rocosas y la estabilidad de la subcuenca, tal como se aprecia en el Mapa de Geología.

La subcuenca está caracterizada por una combinación de rocas sedimentarias antiguas y depósitos no consolidados de reciente época. Los sedimentos no consolidados están representados por los Depósitos aluviales, fluviolacustres y coluviales (azul claro), los cuales se concentran en la parte central y baja del valle, siendo altamente vulnerables al arrastre hídrico y a la sedimentación. Las partes estructurales vulnerables desde el punto de vista de la erosión se encuentran en las vertientes que drenan las laderas, compuestas principalmente por Lutitas, Limolitas y Areniscas (rosa pálido y amarillo claro). La litología dominada por Lutitas y Limolitas hace que el material sea fácilmente erodable y de baja permeabilidad, lo que exagera la escorrentía superficial y, al encontrarse en zonas de altas pendientes (como se vio en el mapa anterior), facilita los movimientos en masa.

La cuenca del río Mena se identifica como una zona de erosión intensa, con una producción de sedimentos de 252.702 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año por ello se propuso la construcción de diques de sedimentación enrocados, cerramientos y zanjas de contorno para reducir el transporte del sedimento, la erosión de los márgenes del río Mena es grande, presentando barrancos de hasta 5 m de altura (CODETAR, 1995).

Según Molina, J., et al. (2002). El análisis MUSLE indica que presenta un alto potencial de erosión, con valores relevantes en los factores LS (4.1) y K (0.335), que reflejan susceptibilidad a la erosión hídrica y pérdida de suelo.

**MAPA N.º 5 GEOLOGÍA**



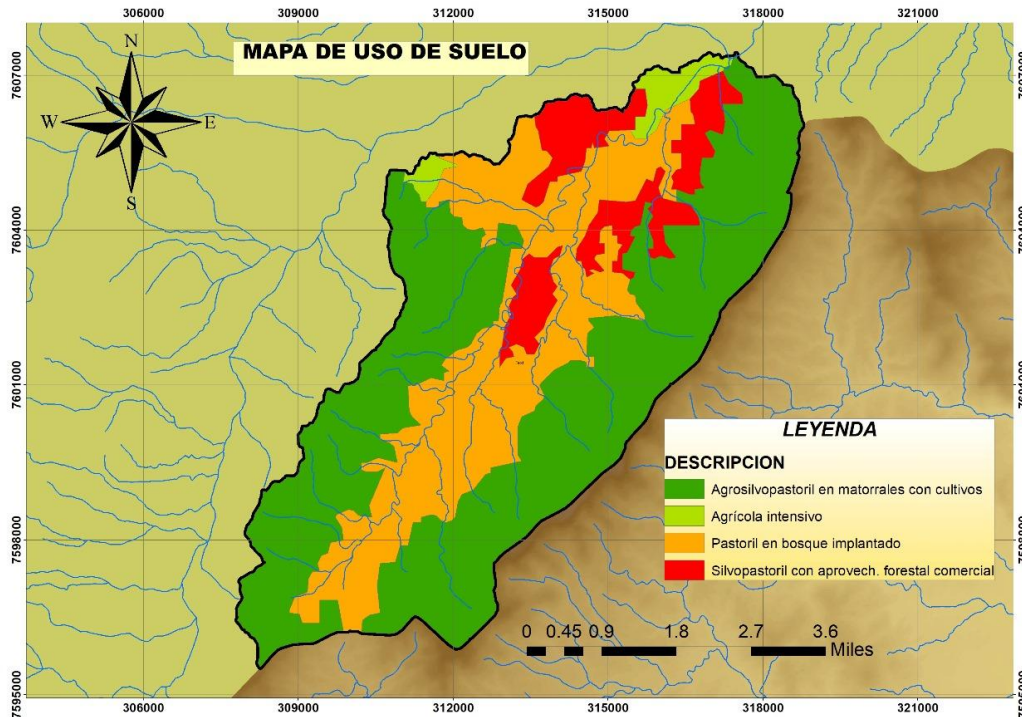
Se puede concluir que la formación geológica contribuye directamente a la vulnerabilidad del ecosistema fluvial: dos son los factores que contribuyen a esta inestabilidad: primero, la litología, con materiales blandos y erodables situados en las laderas más altas y sedimentos blandos en el fondo del valle, y en segundo lugar, la estructura, ya que cualquier proceso tectónico o fractura desestabiliza las formaciones de latitas y areniscas.

### **2.4.2 Suelos**

De acuerdo al “Estudio de (ZONISIG 2001), alguna de las características, de las series estudiadas que corresponden a la sub cuenca del Rio Mena, el Mapa de Uso de Suelo revela que la subcuenca exhibe un patrón de ocupación que incrementa drásticamente el riesgo de erosión ya presente por la geomorfología. Las unidades más preocupantes son el Silvopastoril con aprovechamiento forestal comercial (rojo) y el Pastoral en bosque implantado (naranja), las cuales se superponen peligrosamente con las laderas más empinadas (pendientes >20\% y Serranías de disección Fuerte). Esta combinación de aprovechamiento forestal y pastoreo en zonas estructuralmente inestables provoca la remoción de la cobertura vegetal protectora, resultando en una aceleración de la erosión

hídrica. La consecuente masiva movilización de tierra y lodo se dirige directamente a la red hidrográfica, donde las áreas de Agricultura intensiva (amarillo) contribuyen adicionalmente con sedimentos y contaminación difusa.

MAPA N.º 6 USO DE SUELO

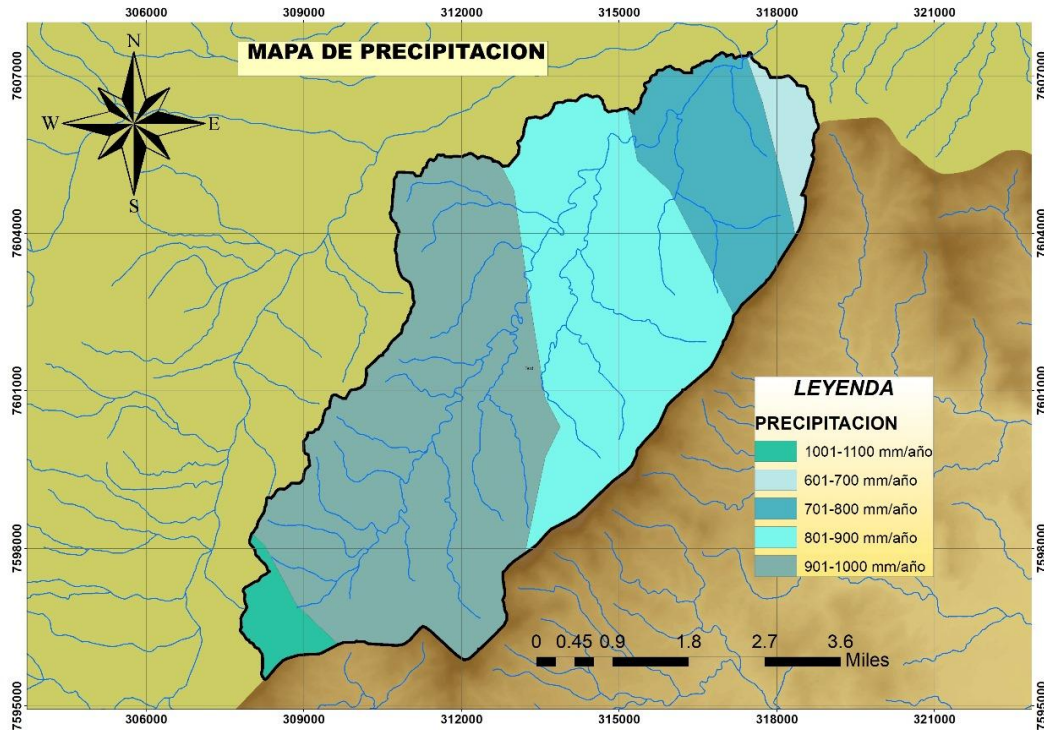


Por ende, esta gestión del territorio es el principal factor de estrés para la calidad biológica. La erosión acelerada por el mal uso del suelo introduce una carga constante de sedimentos que satura el Río Principal Mena, lo que reduce la estabilidad del sustrato y los microhábitats (IHF) y asfixia a la fauna bentónica sensible (BMWP). Además, el sobrepastoreo y la tala en las márgenes degradan la función protectora de la vegetación de ribera, comprometiendo los puntajes del índice QBR. Por lo tanto, la clave para mejorar la salud del río reside en reordenar el uso del suelo, priorizando la reforestación de conservación en las zonas de mayor pendiente (rojo y naranja) para mitigar la fuente de la sedimentación.

## 2.6 Precipitación

El Mapa de Precipitación muestra que la subcuenca recibe un aporte hídrico significativo, con valores que oscilan entre 701 mm/año en el centro del valle y picos de hasta 1001-1100 mm/años concentrados en las cabeceras y laderas más al norte y este. Esta distribución es crítica porque las mayores precipitaciones coinciden espacialmente con las áreas de Serranías Bajas con disección Fuerte y las pendientes más altas (superiores al 20\% y 50\%). La combinación de alta precipitación sobre un relieve escarpado y geomorfológicamente vulnerable (con Lutitas erodables y uso de suelo silvopastoril) multiplica el riesgo erosivo y la energía de la escorrentía superficial.

MAPA N.º 7 PRECIPITACIONES



Esto resulta en picos de caudal más violentos y una movilización máxima de sedimentos hacia el Río Principal Mena, lo cual directamente degrada la estabilidad del hábitat fluvial (IHF) y asfixia a la biota sensible por colmatación (BMWP), mientras que el aumento de la escorrentía y la inestabilidad de las laderas intensifican la presión sobre el bosque de ribera (QBR).

## **2.7 Información de Referencia del Río Mena**

### **2.7.1 Resultados de Análisis de la Cuenca del río Guadalquivir**

El informe de monitoreo, 2007 señala que el Río Mena presenta niveles de Fosfato Total de CLASE D, atribuidos principalmente al uso intensivo de fertilizantes fosfatados en la actividad agrícola, cuyos residuos llegan al río por escorrentía en época de lluvias. Además, la calidad general del agua del Río Mena también fue clasificada como CLASE D, debido a la combinación de actividad agrícola y ganadera, junto con el vertido de aguas residuales sin tratamiento provenientes de la población de Tolomosa, lo que incrementa significativamente la carga contaminante.

A pesar de ello, en el punto de muestreo Río Mena – cruce del camino (Punto 21), el agua fue clasificada como C1–S1, lo que indica baja salinidad y bajo sodio, considerada apta para riego según las normas de uso establecidas. Esto refleja que, aunque el río presenta problemas de contaminación, mantiene condiciones aceptables para ciertos usos agrícolas en términos de salinidad y sodio.

### **2.7.2 Evaluación de la Calidad del Agua del Río Mena mediante el Índice BMWP**

Según (Armando Schmidt Gómez, Deimer Fernández, Miguel Diaz Hinojosa 2018) indica que: El estudio BMWP aplicado en el río Mena determinó que sus aguas presentan estados críticos de contaminación, ubicándose principalmente en la clase IV (muy contaminadas) y en la estación 3 en clase V (fuertemente contaminada). El análisis biológico identificó 9 órdenes y 23 familias de macroinvertebrados, donde coexistieron taxones sensibles (Leptohyphidae, Hydropsychidae, Hydraenidae) y taxones altamente tolerantes (Chironomidae, Ephydriidae, Physidae), evidenciando un ecosistema impactado.

La riqueza biológica fue baja en varios puntos, especialmente en las estaciones 3 y 5, indicando deterioro del hábitat, mientras que la estación 8 mostró mayor diversidad. La estructura de macroinvertebrados confirma que el río Mena recibe cargas de contaminación orgánica y posiblemente urbana, concordando con diagnósticos físico-químicos previos realizados en la cuenca del Tolomosa. Este BMWP constituye una línea base sólida para el seguimiento del estado ecológico del río Mena

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

El Río Mena se localiza en la provincia Cercado del departamento de Tarija, dentro de la cuenca del río Mena, formando parte del sistema hidrográfico que abastece a diversas comunidades rurales y zonas agrícolas del valle central tarijeño. A lo largo de los últimos años, el río ha experimentado un progresivo deterioro físico, químico y biológico, producto de la presión antrópica, el uso inadecuado del suelo y la falta de una gestión ambiental integral.

Este curso de agua cumple funciones esenciales, tales como el riego de cultivos, el sostenimiento de ecosistemas riparios y la recarga de acuíferos locales; sin embargo, su estado actual refleja un desequilibrio entre la capacidad natural de recuperación del sistema y las actividades humanas desarrolladas en su entorno.

Uno de los principales factores de degradación del Río Mena es la descarga directa de aguas residuales domésticas provenientes de las comunidades asentadas en sus márgenes. Muchas viviendas carecen de sistemas adecuados de alcantarillado o tratamiento, por lo que los residuos líquidos terminan vertiéndose al cauce principal, incrementando los niveles de materia orgánica, coliformes fecales y nutrientes (nitratos y fosfatos).

A ello se suma la contaminación difusa originada por la actividad agrícola, especialmente en áreas donde se emplean fertilizantes químicos y plaguicidas sin control. La escorrentía superficial transporta estos compuestos hacia el río, generando procesos de eutrofización, disminución del oxígeno disuelto y afectación directa a la fauna acuática, incluyendo peces y macroinvertebrados bentónicos.

El uso intensivo del suelo en las zonas colindantes al río ha provocado una reducción significativa de la vegetación ribereña, debido al sobrepastoreo del ganado. Esta pérdida de cobertura vegetal ha acelerado los procesos de erosión lateral y vertical, provocando la inestabilidad del cauce, el colapso de taludes y la disminución de la capacidad de retención de sedimentos.

La vegetación de ribera, que naturalmente actúa como barrera protectora frente a la erosión y regula la temperatura del agua, se encuentra hoy fragmentada o sustituida por cultivos temporales.

Esta situación reduce la biodiversidad local, afecta la infiltración hídrica y aumenta el riesgo de crecidas repentinas durante la temporada de lluvias.

Los procesos erosivos aguas arriba han incrementado la carga de sedimentos transportados por el río, lo que ocasiona una acumulación de materiales finos en los tramos medios y bajos. Esta sedimentación excesiva ha modificado el perfil del cauce, generando ensanchamientos, pérdida de profundidad y alteración del flujo natural.

Como consecuencia, el río ha visto reducida su capacidad de transporte, lo que conlleva desbordes frecuentes en épocas de lluvia, afectando caminos y parcelas agrícolas. La alteración morfológica también ha fragmentado hábitats acuáticos, afectando la reproducción de especies nativas y reduciendo la conectividad ecológica del sistema.

Durante los últimos años se ha observado una reducción del caudal base del río, especialmente en la temporada seca. Este fenómeno se asocia al aumento de la demanda de agua para riego, a la deforestación en las cabeceras y al cambio climático regional, que ha modificado los patrones de precipitación.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Realizar un Diagnóstico Ecológico Integral del río Mena a través de la aplicación de los índices QBR, IHF y BMWP/bol para conocer el Estado Ecológico actual.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el estado actual de la calidad biológica del agua por índice BMWP/bol basado en capturas de macroinvertebrados.
- Determinar el estado actual de la calidad de los bosques de planicies aluviales utilizando el índice QBR.
- Determinar el estado actual de la calidad del hábitat fluvial a través del índice IHF.
- Establecer el estado Ecológico Global del río Mena mediante la combinación de los resultados del índice QBR, IHF y BMWP/bol.

- Determinar los parámetros Físico Químicos básicos del agua.

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1. Procedimientos**

La primera etapa del estudio se basó en la recolección de información en dos viajes al río Mena, con el objetivo de observar su estado y registrar posibles alteraciones. Para ello, la cuenca se dividió en diez puntos de muestreo, seleccionados según la distancia entre ellos, la presencia de actividades humanas cercanas y la facilidad de acceso por caminos de tierra.

Cada sitio fue ubicado con ayuda de un GPS utilizando la aplicación UTM Geomaps, iniciando el trabajo de campo desde la parte baja del río y avanzando hacia las zonas más altas. Este recorrido permitió evitar que la toma de muestras afectara las siguientes observaciones río arriba.

Las muestras se recolectaron durante la época seca, en el mes de septiembre, con el fin de obtener datos representativos de ese periodo. La ubicación exacta de los puntos de muestreo, expresada en coordenadas UTM WGS84, se presenta en la Tabla N° 8 (ver estaciones de muestreo georreferenciadas).

TABLA N.º 1 ESTACIONES DE MUESTREO GEORREFERENCIADAS

<b>ESTACION</b>	<b>COORDENADAS</b>	
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
<b>E001</b>	317285.940	7607159,486
<b>E002</b>	316272.573	7606389.237
<b>E003</b>	316238.610	7606290.218
<b>E004</b>	316224.864	7606262.866
<b>E005</b>	316185.341	7606240.465
<b>E006</b>	316149.617	7606277.397
<b>E007</b>	316073.756	7606372.884
<b>E008</b>	316040.923	7606387.693
<b>E009</b>	315952.582	7606111.701
<b>E010</b>	315795.046	7605822.290

### **5.1.1. INDICE BIOTICO BMWP/Bol**

Para obtener datos con la mayor calidad posible de macro invertebrados acuáticos, es necesario realizar una buena exploración previa del lugar, de modo que se incluyan todos los tipos de hábitats disponibles. Esto significa tomar muestras en diferentes zonas del fondo, como arena, piedras, lodo o restos de plantas, así como también entre la vegetación acuática (ya sea flotante, sumergida o que sobresalga del agua) y en las raíces de los árboles cercanos.

El área de a trabaja debe abarcar entre 4 y 10 metros cuadrados y el trabajo puede durar entre 20 y 30 minutos para obtener resultados claros. No es recomendable hacerlo después de lluvias fuertes, ya que el aumento de la corriente puede arrastrar a los organismos o alterar su distribución natural.

En ríos de mayor magnitud, se sugiere recolectar muestras en ambas orillas, ya que las condiciones de sombra, la forma del cauce, el tipo de fondo y la contaminación pueden variar de un lado a otro. Tampoco conviene hacerlo justo donde se unen dos ríos, sino un poco más abajo, cuando las aguas ya se han mezclado. Durante el muestreo, se pueden levantar piedras, troncos o hojas para encontrar los organismos que viven adheridos a ellos y retirarlos con pinzas o pinceles pequeños.

Una vez recolectadas, las muestras deben enjuagarse en un balde con una malla fina (de menos de 0,5 mm) para separar los organismos del material sobrante. Luego se guardan en frascos plásticos con alcohol al 75%, con etiquetas claras que indiquen el lugar y la fecha de recolección. Finalmente, las muestras se llevan al laboratorio para su identificación y para evaluar la calidad del agua según el tipo y la cantidad de especies encontradas.

Para la aplicación de esta metodología se tomó en cuenta el siguiente procedimiento:

- a) **Selección del sitio de muestreo** Se eligió un tramo del río que no hubiera sido afectado por crecidas recientes. El trabajo de recolección se realizó en la parte central del cauce considerando zonas con profundidades superiores a 20 centímetros.
- b) **Delimitación del área según el tipo** El sector seleccionado se dividió en distintas zonas, dependiendo de las características del flujo del agua y del tipo de fondo. En cada punto de muestreo se identificaron principalmente:
  - Zonas de corriente rápida con fondo rocoso o duro.

- Zonas de corriente lenta con fondo igualmente duro.
- Sectores con sustrato arenoso, de grava o fango.

c) **Recolección de muestras** En cada tipo de hábitat se efectuó un muestreo independiente.

- En las áreas con corriente fuerte o suave y fondo duro, se limpiaron manualmente piedras dentro de un área aproximada de 4 m<sup>2</sup>, utilizando una red para recolectar los organismos desprendidos. Cuando las piedras eran pequeñas (menos de 10 cm de diámetro), se removió el fondo con los pies para facilitar que el material fuera arrastrado hacia la red colocada a contracorriente.
- En las zonas con arena, grava o fango, se agitó el fondo para que los organismos se liberaran y pudieran ser capturados con la corriente o quedaran suspendidos en el agua. El muestreo se continuó hasta dejar de encontrar nuevas especies.

d) **Limpieza y conservación de muestras**

Los organismos recolectados fueron separados cuidadosamente en el campo con pinzas de punta fina, procurando no dañarlos. Para asegurar una buena detección de los individuos, especialmente los más pequeños o camuflados entre restos vegetales y minerales, el proceso se hizo con la mayor rigurosidad posible. Las muestras se conservaron en frascos de vidrio con alcohol al 70% y se rotularon adecuadamente con la información correspondiente.

e) **Identificación de los macro invertebrados** Posteriormente, las muestras se trasladaron al Laboratorio de la Carrera de Gestión de los Recursos Hídricos y Riego del Instituto Tecnológico Agropecuario San Andrés. Allí se analizaron los macroinvertebrados recolectados y se identificaron hasta el nivel de familia, utilizando la guía del **Índice BMWP/Bol** del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), con el propósito de evaluar la calidad ecológica del agua del río Mena.

f) **Application Biological Monitoring Working Party (BMWP/Bol)**

El Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) es un método biológico utilizado para evaluar la calidad del agua. Este índice, de tipo cualitativo y cuantitativo, se basa en la presencia o ausencia de distintas familias de macroinvertebrados acuáticos. A cada familia se le asigna un valor numérico según su nivel de sensibilidad frente a la

**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

contaminación orgánica: las especies más vulnerables reciben una puntuación de 10, mientras que aquellas más resistentes obtienen un valor de 1; posteriormente se suma los valores de todos los macro invertebrados analizados por estación.

TABLA N° 2 VALORACIÓN ÍNDICE BIÓTICO BMWP/BOL

Clase/Orden	Familia	BMWP/Bol
Coleóptera	Psephenidae	10
Diptera	Athericidae, Blephariceridae	10
Plecóptera	Gripopterygidae, Perlidae	10
Trichoptera	Odontoceridae	10
Coleóptera	Ptilodactylidae	9
Ephemeroptera	Euthyplociidae, Leptophlebiidae, Polymitarcydae	9
Trichoptera	Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae	9
	Xiphocentronidae	9
Diptera	Simuliidae	8
Odonata	Gomphidae, Megapodagrionidae, Ploythoridae	8
Trichoptera	Glossosomatidae, Helicopsychidae, Philopotamidae	8
	Polycentropodidae, Psychocentronidae	8
Coleóptera	Hydraenidae, Scirtidae	7
Ephemeroptera	Leptohiphidae	7
Megaloptera	Corydalidae	7
Odonata	Calopterygidae	7
Trichoptera	Hydroptilidae, Limnephilidae	7
Coleóptera	Dryopidae, Luctrochidae	6
Diptera	Dixidae, Psychodidae	6
Gastrópoda	Ancylidae	6
Hemiptera	Corixidae, Hebridae, Mesoveliidae	6
	Naucoridae, Notonectidae	6
Odonata	Aeshnidae, Coenagrionidae, Libellulidae	6
Coleoptera	Dytiscidae, Elmirae, Noteridae, Staphylinidae	5
Diptera	Tipulidae	5
Ephemeroptera	Baetidae	5
Gastropoda	Ampullaridae, Hydrobiidae	5
Hemiptera	Belostomatidae, Gerridae, Nepidae, Vellidae	5
Lepidoptera	Pyralidae	5
Trichoptera	Hydropsychidae	5
Amphypoda	Hyaellidae	4
Bivalvia	Sphaeriidae	4

**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

Coleoptera	Gyrinidae, Haliplidae, Heteroceridae	4
	Hydrophilidae	4
Decapoda	Aeglidae, Palaemonidae	4
Diptera	Ceratopogonidae, Dolichopodidae	4
	Empididae, Stratiomyidae, Tabanidae	4
Ephemeroptera	Caenidae	4
Gastropoda	Lymnaeidae, Physidae, Planorbiidae	4
Hemiptera	Gelastocoridae, Pleidae	4
Hydracarina		4
Nematoda		4
Ostracoda		4
Tricladida	Planariidae	4
Diptera	Muscidae	3
Hirudinea	Glossiphoniidae	3
Bivalvia	Hyriidae	2
Diptera	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae	2
Oligochaeta		1

Fuente: Elab. Propia en base a MMAyA1, 2012

TABLA N.º 3 RANGOS DE CALIDAD DEL ÍNDICE BMWP/BOL.

Clase	Calidad	BMWP/Bol	Significado	Color
<b>I</b>	Buena	>120 101-120	Aguas muy limpias. No contaminadas	<b>AZUL</b>
<b>II</b>	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	<b>VERDE</b>
<b>III</b>	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	<b>AMARILLO</b>
<b>IV</b>	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	<b>NARANJA</b>
<b>V</b>	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	<b>ROJO</b>

### 5.1.2. INDICE QBR

Para la aplicación de esta metodología se tomó en cuenta el siguiente procedimiento:

a) **Grado de cobertura riparia.**

Para este parámetro, se procedió a la diferenciación y delimitación visual de la orilla y la ribera, para cuantificar el porcentaje de cobertura de toda la vegetación, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Se consideraron ambos lados del río de forma conjunta. También se tomó en cuenta, la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente para sumar o restar puntos.

**b) Estructura de la cobertura**

La puntuación se realizó según el porcentaje de recubrimiento de árboles y, en ausencia de éstos, arbustos sobre la totalidad de la zona de estudio. Se consideraron las riberas de ambos márgenes del río. También se analizaron elementos como la linealidad en los pies de los árboles (síntomas de plantaciones), o las coberturas distribuidas no uniformemente y formando manchas se penalizan en el índice, mientras que la presencia de helófitos en la orilla y la interconexión entre árboles y arbustos en la ribera, se potencian.

**c) Calidad de la cobertura**

Para determinar este parámetro, primeramente, se determinó el tipo geomorfológico con el uso de las indicaciones que se encuentran en el reverso de la hoja respectiva de campo.

Después de haber seleccionado el tipo geomorfológico (1 a 3) se cuantifico el número de especies arbóreas autóctonas presentes en la ribera. Se tomó en cuenta además que los bosques en forma de túnel a lo largo del río suponen un aumento de la puntuación, dependiendo del porcentaje de recubrimiento a lo largo del tramo estudiado, de igual manera se analizó la disposición de las diferentes especies arbóreas en galería, es decir en grupos que se van enlazando, desde la zona más cercana al río hasta el final de la zona de ribera, puntuán aumentando el valor del índice.

**d) Grado de naturalidad del canal fluvial**

Para este parámetro se analizó la modificación de las terrazas adyacentes al río suponiendo la reducción del cauce, el aumento de la pendiente de los márgenes y la pérdida de sinuosidad en el río. Los campos de cultivo cercanos al río y las actividades extractivas producen este efecto. Cuando existan estructuras sólidas, como paredes, muros, etc., los signos de alteración son más evidentes y la puntuación disminuye.

TABLA N.º 4 RANGOS DE CALIDAD DEL ÍNDICE IHF.

NIVEL DE CALIDAD	IHF	Color representativo
<i>Muy alta diversidad de hábitats</i>	> 90	Azul
<i>Alta diversidad de hábitats</i>	71 - 90	Verde
<i>Diversidad de hábitats media</i>	50 - 70	Amarillo
<i>Baja diversidad de hábitats</i>	31 - 49	Naranja
<i>Muy baja diversidad de hábitats</i>	< 30	Rojo

### 5.1.3. INDICE IHF

Para la aplicación de esta metodología se tomó en cuenta el siguiente procedimiento:

**a) Inclusión rápidos - sedimentación pozas**

Para el parámetro Inclusión, se contabilizó el grado en que las partículas del sustrato están fijadas en el lecho del río, mientras que para el parámetro sedimentación, se analizó en la deposición de material fino en las zonas lénticas del río.

**b) Frecuencia de rápidos**

Se realizaron estimaciones promediadas de la aparición de rápidos con respecto a la presencia de zonas más remansadas.

**c) Composición del sustrato**

Se realizaron estimaciones visuales aproximadas de la composición media del sustrato, siguiendo las categorías del RIVPACS (River Invertebrate Prediction And Classification System).

**d) Regímenes de velocidad/profundidad**

Se analizó la presencia de una mayor variedad de regímenes de velocidad y profundidad proporciona una mayor diversidad de hábitats disponibles para los organismos.

**e) Porcentaje de sombra en el cauce**

Se estimó de forma visual la sombra proyectada por la cubierta vegetal adyacente, que determina la cantidad de luz que alcanza el canal del río e influencia el desarrollo de los productores primarios.

**f) Elementos de heterogeneidad**

Mide la presencia de elementos tales como hojas, ramas, troncos o raíces dentro del lecho del río. Estos elementos proporcionan el hábitat físico que puede ser colonizado por los organismos acuáticos, a la vez que constituyen una fuente de alimento para los mismos.

**g) Cobertura y diversidad de vegetación acuática**

Mide la cobertura de la vegetación acuática en el cauce fluvial. La mayor diversidad de morfologías en los productores primarios incrementa la disponibilidad de hábitats y de fuentes de alimento para muchos organismos. En la misma medida, la dominancia de un grupo sobre el total de la cobertura no debería superar el 50%.

TABLA N° 5 RANGOS DE CALIDAD DEL ÍNDICE QBR Y QBR-AND.

Nivel de calidad		Valor índice QBR	Coloración DMA 2000/60/CE
Muy bueno	<i>Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural</i>	≥ 95	Azul
Bueno	<i>Bosque ligeramente perturbado</i>	75-90	Verde
Moderado	<i>Inicio de alteración importante</i>	55-70	Amarillo
Deficiente	<i>Alteración fuerte</i>	30-50	Naranja
Malo	<i>Degradación extrema</i>	≤ 25	Rojo

**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

Nivel de Calidad	QBR-And	Color
Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. estado natural	≥ 96	Azul
Vegetación ligeramente perturbado. calidad buena	76-95	Verde
Inicio de alteración importante. calidad intermedia	51-75	Amarillo
Alteración fuerte. mala calidad	26-50	Naranja
Degradación extrema. calidad pésima	≤ 25	Rojo

TABLA N.º 6 TABLA DE DOBLE ENTRADA PARA EL CÁLCULO DEL ESTADO ECOLÓGICO INTEGRAL DE LA CUENCA

IHF		BMWP/Bol			Estado Ecológico		
Nivel de calidad	Rango	Nivel de calidad	Rango	Color	QBR-And >75	QBR-And 45 - 75	QBR-And <45
Valores óptimos de	>75	Buena	≥ 101	Azul	Muy Bueno	Bueno	Regular
		Aceptable	61-100	Verde	Bueno	Regular	Malo
Valores intermedios de calidad	45-75	Dudosa	36-60	Amarillo	Regular	Malo	Pésimo
Valores bajos de calidad	<45	Crítica	16-35	Naranja	Malo	Pésimo	Pésimo
		Muy crítica	<15	Rojo	Pésimo	Pésimo	Pésimo

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Índice BMWP/Bol

TABLA N.º 7 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E001

ESTACION N° 1											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Trichoptera	1	Helicopsychidae	8	3	4	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
			2	Xiphocentronidae	9						
2	L	Ephemeroptera	3	Caenidae	4						
3		Trichoptera	4	Xiphocentronidae	9						
<b>TOTAL</b>					<b>30</b>						

En la Tabla N° 7, La calidad biológica del agua de la Estación E001, donde el puntaje es de 30, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 3 órdenes (1 en flujo correntoso y 2 en léntico) y 4 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA

TABLA N.º 8 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E002

ESTACION N° 2											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Ephemeroptera	1	Caenidae	4	4	4	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Trichoptera	2	Xiphocentronidae	9						
3	L	Ephemeroptera	3	Baetidae	5						
4		Trichoptera	4	Xiphocentronidae	9						
<b>TOTAL</b>					<b>27</b>						

En la Tabla N° 8, se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E002, donde el puntaje es de 27, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 4 órdenes (2 en flujo correntoso y 2 en léntico) y 4 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

TABLA N.º 9 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E003

ESTACION N° 3											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Odonata	1	Coenagrionidae	6	3	3	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Trichoptera	2	Xiphocentronidae	9						
3	L	Ephemeroptera	3	Caenidae	4						
<b>TOTAL</b>					<b>19</b>						

En la Tabla N° 9, se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E003, donde el puntaje es de 19, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 3 órdenes (2 en flujo correntoso y 1 en léntico) y 3 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

TABLA N.º 10 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E004

ESTACION N° 4											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Ephemeroptera	1	Caenidae	4	4	4	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Trichoptera	2	Xiphocentronidae	9						
3	L	Ephemeroptera	3	Caenidae	4						
4	Trichoptera	4	Xiphocentronidae	9							
<b>TOTAL</b>					<b>26</b>						

En la Tabla N° 10, se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E004, donde el puntaje es de 26, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 4 órdenes (2 en flujo correntoso y 2 en léntico) y 4 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

TABLA N.º 11 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E005

ESTACION N° 5											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Ephemeroptera	1	Caenidae	4	3	3	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Trichoptera	2	Xiphocentronidae	9						
3	L	Ephemeroptera	3	Caenidae	4						
<b>TOTAL</b>					<b>17</b>						

En la Tabla N° 11, se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E005, donde el puntaje es de 17, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 3órdenes (2 en flujo correntoso y 1 en léntico) y 3 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

TABLA N.º 12 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E006

ESTACION N° 6											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Megaloptera	1	Corydalidae	7	3	3	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Trichoptera	2	Xiphocentronidae	9						
3	L	Hemiptera	3	Belostomatidae	5						
<b>TOTAL</b>					<b>21</b>						

En la Tabla N° 12, se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E006, donde el puntaje es de 21, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 3 órdenes (2 en flujo correntoso y 1 en léntico) y 3 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

TABLA N.º 13 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E007

ESTACION N° 7											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Megaloptera	1	Corydalidae	7	5	5	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Trichoptera	2	Xiphocentronidae	9						
3		Diptera	3	Chironomidae	2						
4		Ephemeroptera	4	Leptohyphidae	7						
5	L	Ephemeroptera	5	Leptohyphidae	7						
<b>TOTAL</b>					<b>32</b>						

En la Tabla N° 13, se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E007, donde el puntaje es de 32, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 5 órdenes (4 en flujo correntoso y 1 en léntico) y 5 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

TABLA N.º 14 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E008

ESTACION N° 10											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Trichoptera	1	Xiphocentronidae	9	4	4	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Ephemeroptera	2	Caenidae	4						
3	L	Trichoptera	3	Xiphocentronidae	9						
4		Diptera	4	Chironomidae	2						
<b>TOTAL</b>					<b>24</b>						

En la Tabla N° 14, se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E008, donde el puntaje es de 22, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 3 órdenes (1 en flujo correntoso y 2 en léntico) y 3 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

TABLA N.º 15 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E009

ESTACION N° 9											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Trichoptera	1	Xiphocentronidae	9	5	5	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Ephemeroptera	2	Caenidae	4						
3		Odonata	3	Coenagrionidae	6						
4	L	Trichoptera	4	Xiphocentronidae	9						
5		Ephemeroptera	5	Caenidae	4						
<b>TOTAL</b>					<b>32</b>						

En la Tabla N° 15, se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E009, donde el puntaje es de 32, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 5 órdenes (3 en flujo correntoso y 2 en léntico) y 5 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

TABLA N.º 16 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN LA ESTACIÓN E010

ESTACION N° 10											
N°	FLUJO	ORDEN	N°	FAMILIA	PUNTAJE BMWP/Bol	N° de Especies		Parámetros			
						orden	Familia	Calidad	Color	Clase	Nivel
1	C	Trichoptera	1	Xiphocentronidae	9	4	4	CRITICA	NARANJA	IV	AGUAS MUY CONTAMINAD AS
2		Ephemeroptera	2	Caenidae	4						
3	L	Trichoptera	3	Xiphocentronidae	9						
4		Diptera	4	Chironomidae	2						
<b>TOTAL</b>					<b>24</b>						

En la Tabla N° 16 se muestra la calidad biológica del agua de la Estación E010, donde el puntaje es de 24, por lo que la calidad del agua, está catalogada como Agua crítica, y donde se identificaron 4 órdenes (2 en flujo correntoso y 2 en léntico) y 4 Familias de macro invertebrados, por lo que se tiene una calidad del agua como CRITICA.

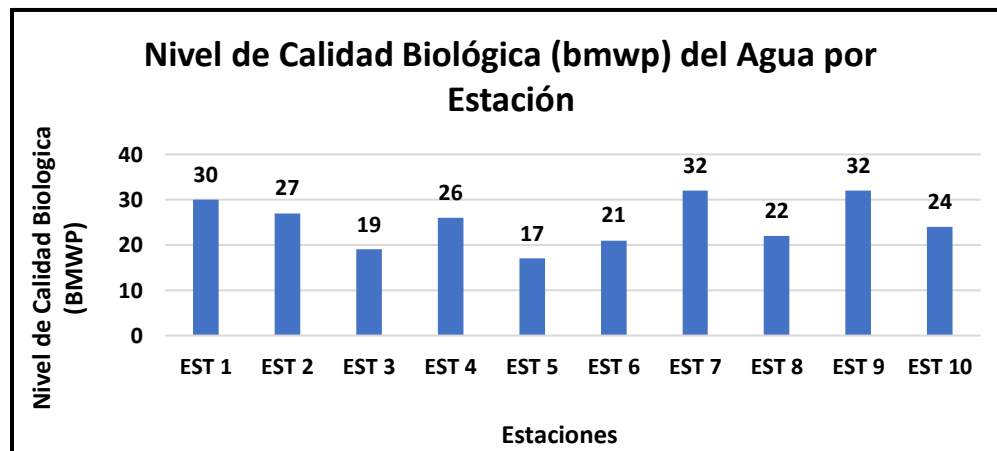
**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

TABLA N.º 17 RESUMEN DE RESULTADOS DEL ÍNDICE BIÓTICO BMWP/BOL.

Estación	(BMWP/Bol)	Orden	Familia	Agua
E001	30	3	4	Aguas muy mcontaminadas
E002	27	4	4	Aguas muy mcontaminadas
E003	19	3	3	Aguas muy mcontaminadas
E004	26	4	4	Aguas muy mcontaminadas
E005	17	3	3	Aguas muy mcontaminadas
E006	21	3	3	Aguas muy mcontaminadas
E007	32	3	3	Aguas muy mcontaminadas
E008	22	3	3	Aguas muy mcontaminadas
E009	32	5	5	Aguas muy mcontaminadas
E010	24	4	4	Aguas muy mcontaminadas

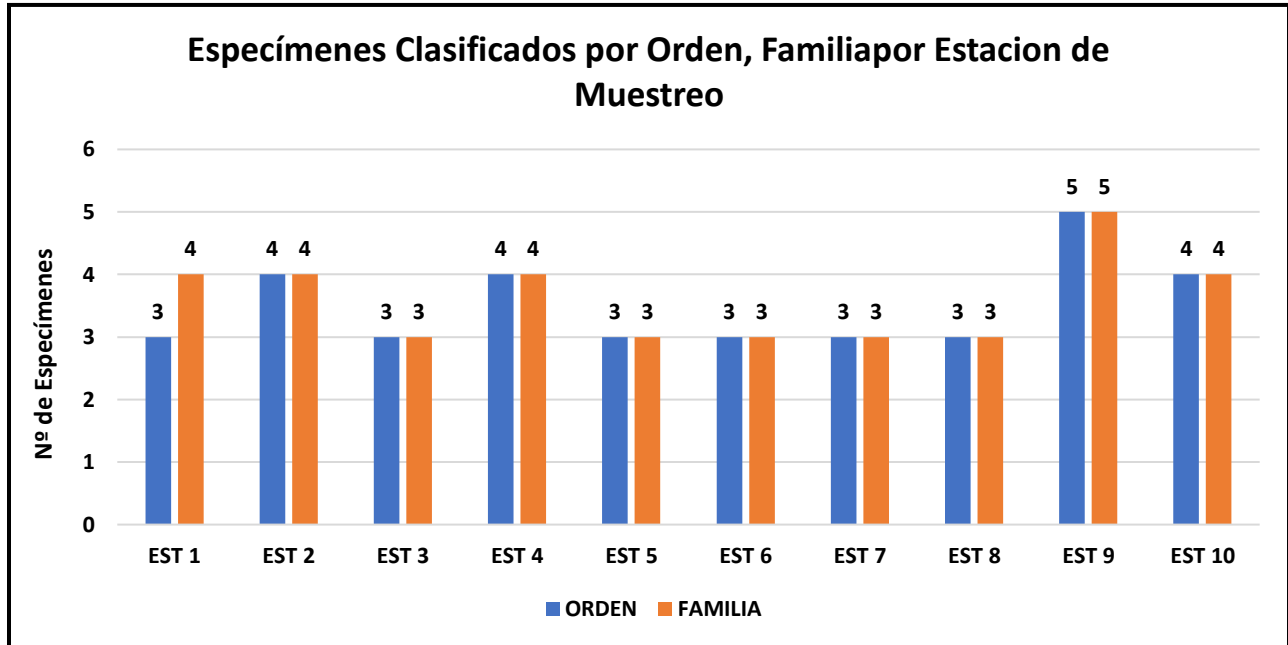
En la Tabla N° 17 se presenta el resumen de los resultados de las diez Estaciones de muestreo en relación a la calidad Biológica del Agua, donde se evidencia que, en la cuenca alta, media y baja, las aguas están muy contaminadas.

GRAFICO N.º 1 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA POR ESTACIÓN



Se muestra en el Gráfico N° 1 el nivel de la calidad biológica (BMWP) de la Sub cuenca del río Mena por estación, donde en todas las estaciones monitoreadas evidencian aguas muy contaminadas.

GRAFICO N.º 2 TAXONOMÍA DE MACRO INVERTEBRADOS POR ESTACIÓN SUB CUENCA  
DEL RIO MENA



Se observa en el Gráfico N° 2 el número de especímenes de macro invertebrados clasificados por Orden y Familia donde se puede apreciar que en la Estación E009, ubicada en la cuenca alta, se identificaron el mayor número de ordenes con un máximo de 5 órdenes, mientras que en la Estación E001, ubicada en la cuenca baja se identificaron la menor cantidad de ordenes con solamente 3; con relación al número de familias se identificaron la mayor cantidad en la estación E009 con 5 familias, y la de menor cantidad de familias en la estación E003, ubicada en la cuenca baja, con solamente 3 familias.

TABLA N.º 18 ESPECÍMENES DE MACRO INVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN RIO MENA

Nº	TIPO DE FLUJO	ORDEN	Nº	FAMILIA
1	C	Trichoptera	1	Helicopsychidae
			2	Xiphocentronidae

**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

	L	Ephemeroptera	3	Caenidae
		Trichoptera	4	Xiphocentronidae
2	C	Ephemeroptera	5	Caenidae
		Trichoptera	6	Xiphocentronidae
	L	Ephemeroptera	7	Baetidae
		Trichoptera	8	Xiphocentronidae
3	C	Odonata	9	Coenagrionidae
		Trichoptera	10	Xiphocentronidae
	L	Ephemeroptera	11	Caenidae
4	C	Ephemeroptera	12	Caenidae
		Trichoptera	13	Xiphocentronidae
	L	Ephemeroptera	14	Caenidae
		Trichoptera	15	Xiphocentronidae

5	C	Ephemeroptera	16	Caenidae
		Trichoptera	17	Xiphocentronidae
	L	Ephemeroptera	18	Caenidae
6	C	Megaloptera	19	Corydalidae
		Trichoptera	20	Xiphocentronidae
	L	Hemiptera	21	Belostomatidae
7	C	Megaloptera	22	Corydalidae
		Trichoptera	23	Xiphocentronidae
		Diptera	24	Chironomidae
		Ephemeroptera	25	Leptohyphidae
	L	Ephemeroptera	26	Leptohyphidae
8	C	Trichoptera	27	Xiphocentronidae
	L	Trichoptera	28	Xiphocentronidae
		Ephemeroptera	29	Caenidae
9	C	Trichoptera	30	Xiphocentronidae
		Ephemeroptera	31	Caenidae
		Odonata	32	Coenagrionidae

10	L	Trichoptera	33	Xiphocentronidae
		Ephemeroptera	34	Caenidae
	C	Trichoptera	35	Xiphocentronidae
		Ephemeroptera	36	Caenidae
	L	Trichoptera	37	Xiphocentronidae
		Diptera	38	Chironomidae

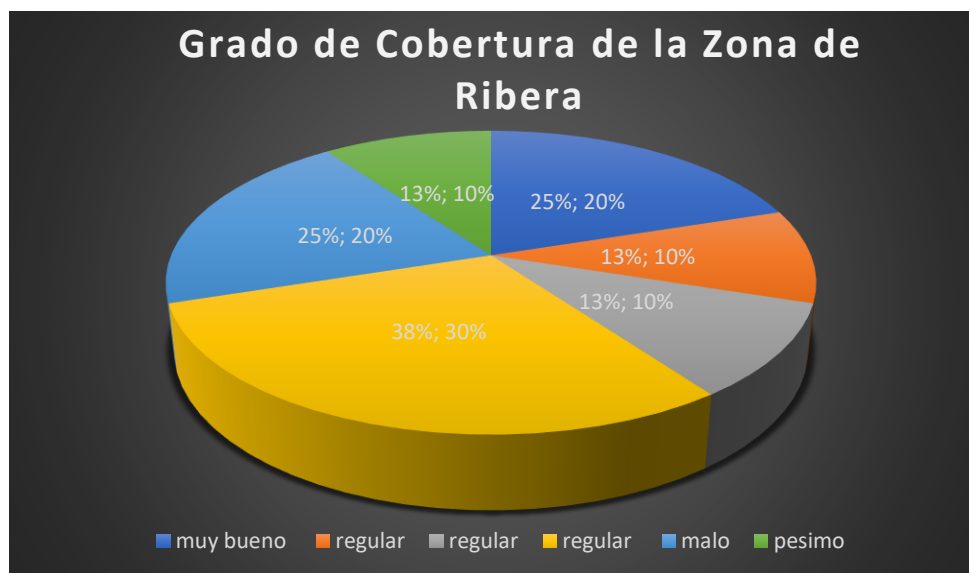
En la Tabla N° 18 se muestra el número de especímenes encontrados en el Rio Mena, identificándose 37 órdenes; 21 en flujos correntosos y 16 en flujos lenticos, así mismo se identificaron 38 familias de macro invertebrados Bentónicos.

## 6.2 índice de Calidad de Bosque de Rivera (QBR)

### 6.2.1. Grado de Cobertura de la Zona de Ribera (Bloque 1)

En este bloque se destaca el rol de la vegetación arbórea y arbustiva como elemento estructurador del bosque de ribera. El resultado se puede observar en el grafico siguiente:

GRAFICO N.º 3 GRADO DE COBERTURA DE VEGETACIÓN RIBEREÑA



38% (Deficiente (30-50) a Mala (<25)): La Mayor Incidencia de Degradación.

Este sector agrupa a las estaciones con puntuaciones de 10 puntos en las Estaciones (E002, E003, E004) se encuentra en un grado de deficiente, 5 puntos (E005, E006), y 0 puntos (E0010) es de mal estado. La alta incidencia de este porcentaje es de 0 subraya que el problema más generalizado en la sub cuenca es la reducción del espacio ribereño y la alteración de la cobertura, en lugar de la pérdida total. Estas estaciones representan el principal foco de intervención correctiva.

25% ((Muy Buena>95 a Bueno (75-90)): Los Puntos de Referencia.

Este porcentaje se concentra en las estaciones con 25 puntos (E007, E009) Muy bueno y 20 puntos (E001) y Bueno. Su existencia es fundamental porque son los tramos que mantienen la funcionalidad ecológica de referencia, sirviendo como fuente de flora y fauna para la posible restauración de otros puntos.

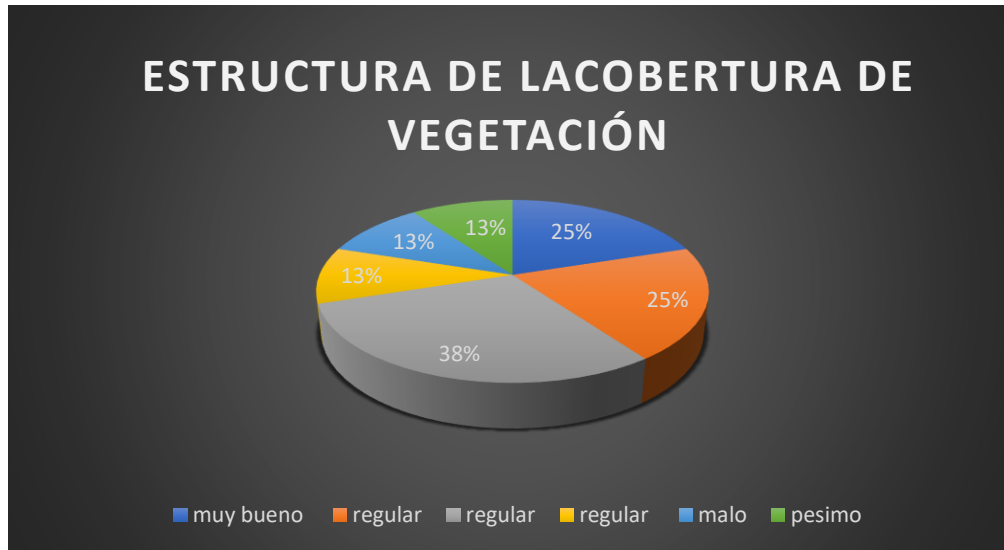
13% (Moderada (55-70)): Riesgo de Deterioro.

Este porcentaje, aunque pequeño, identifica a los tramos (como E008) que, si bien no están tan degradados como el 38%, están en la línea de ser clasificados como "Deficientes". Demuestra que la alteración está avanzando de forma intermitente a lo largo del río.

### **6.2.2 Estructura de la Cobertura Vegetal (Bloque 2)**

En este bloque se evalúa la complejidad de la vegetación que puede ser causa de una mayor biodiversidad animal y vegetal en la zona. El resultado se puede observar en la siguiente y grafico:

GRAFICO N.º 4 ESTRUCTURA COBERTURA DE VEGETACIÓN RIBEREÑA



38% (Buena a Muy Buena) Puntuaciones de Referencia: 20 y 25 puntos.

La Estructura Vegetal es el componente que mejor se conserva en la cuenca las estaciones E007, E009 (Muy Bueno con 25 puntos) E001, E002 (Bueno con 20 puntos), ya que la mayor parte (cercana al 38%) se encuentra en un estado bueno. Esto significa que, aunque la cobertura pueda estar afectada en algunos puntos, la complejidad de la vegetación (multi-estratos) se mantiene en casi la mitad de la cuenca, lo cual es vital para la fauna.

25% (Deficiente (30-50) a Moderada (55-70)): La Mayor Incidencia de Degradación.

Este porcentaje se basa en las cuatro estaciones (E003, E004, E008, E010) a 15 puntos (40%), que representan la mayor incidencia de simplificación estructural. El 25% reportado probablemente sea un sector de este grupo. En términos de calidad, estos tramos han perdido estratos vegetales y, por lo tanto, su potencial de biodiversidad ha disminuido significativamente.

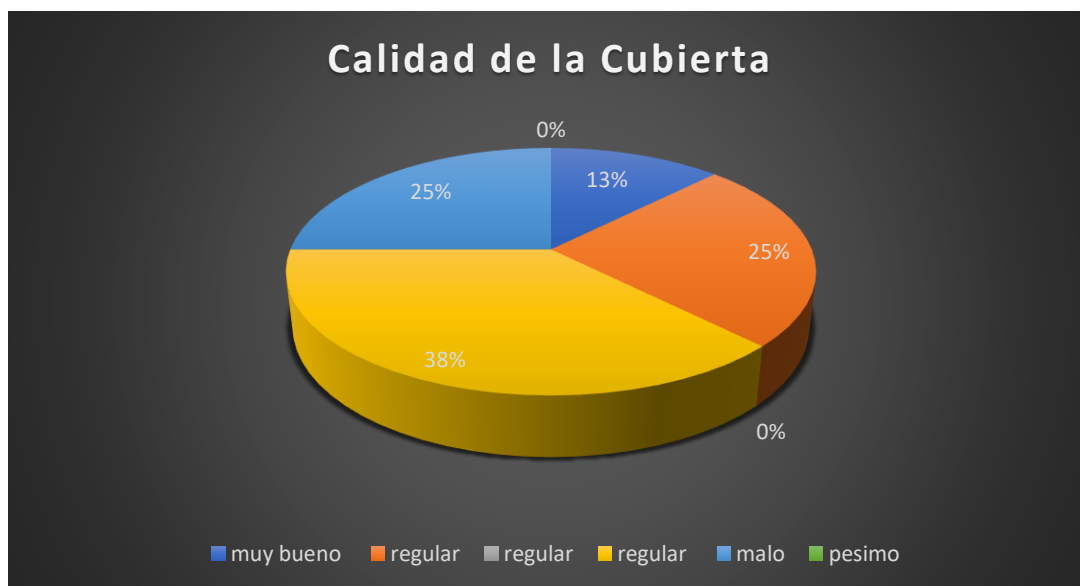
13% (Mala <25): Riesgo de Deterioro

Este porcentaje (junto con el resto) identifica los puntos más críticos. Se basa en las dos estaciones (E005, E006) que obtuvieron 0 puntos (20%) en Estructura. El 0 en 25 significa que la estructura vegetal ha desaparecido por completo (ej. solo pasto cortado o pavimento), lo que anula la función de hábitat. Este sector representa el foco de restauración ecológica urgente.

### 6.2.3. Calidad de la Cobertura Vegetal (Bloque 3)

En este bloque se destaca el rol de la cubierta vegetal para determinar este apartado, antes que nada, se determina el tipo geomorfológico, para ello es necesario utilizar la puntuación del margen izquierdo y derecho en función de su desnivel y forma. El resultado se puede observar en la tabla y el Grafico que se presenta a continuación:

GRAFICO N.º 5 ESTRUCTURA COBERTURA DE VEGETACIÓN RIBEREÑA



38% (Mala <25): Riesgo de Deterioro

Este segmento representa el problema más grave y extendido. Agrupa las tres estaciones (E005, E006, E009) que obtuvieron solo 5 puntos (30% del total). El valor del 38% es una aproximación a este grupo de Calidad Mala. Una puntuación de 5 indica que la cubierta vegetal tiene signos de alteración intensa y se considera inestable.

25% (Buena a Muy Buena) Puntuaciones de Referencia: 20 y 25 puntos

Este porcentaje agrupa las estaciones con la mejor calidad de la cubierta. Suma el 10% (E001, a 25 pts), que es una calidad excelente, más el 10% (E002, a 20 pts), que es una calidad buena. El 25% es una aproximación a este sector de conservación donde la vegetación es diversa, saludable y estable.

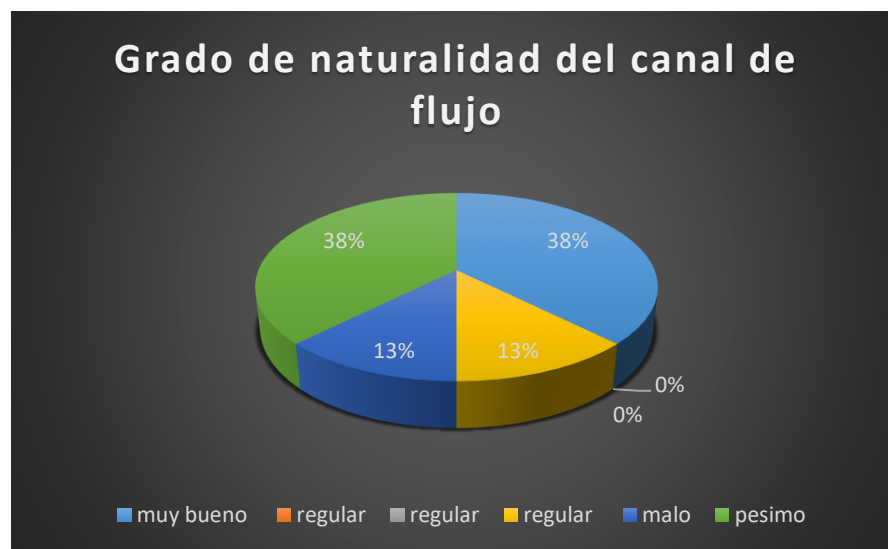
13% (Deficiente (30-50) a Moderada (55-70)): La Mayor Incidencia de Degradación

Este porcentaje identifica a los tramos con una Calidad Deficiente. Se basa en las cuatro estaciones (E003, E004, E007, E008) que obtuvieron 10 puntos (40%). El valor de 13% es bajo, pero conceptualmente, este grupo representa a los tramos cuya cubierta vegetal ha sido comprometida debido a la reducción del canal, haciéndola menos resistente a la erosión.

#### **6.2.4. Grado de Naturalidad del Canal Fluvial (Bloque 4)**

En este bloque se destaca el rol del grado de naturalidad del canal fluvial, la modificación de las terrazas adyacentes al río supone la reducción del cauce, el aumento de la pendiente de los márgenes y la pérdida de sinuosidad en el río. Los campos de cultivo cercanos al río y las actividades extractivas producen este efecto. El resultado se puede observar en el gráfico siguiente:

GRAFICO N.º 6 NATURALIDAD DEL CANAL FLUVIAL



50% (Buena a Muy Buena) Puntuaciones de Referencia: 20 y 25 puntos

Este segmento es el sector de mejor calidad y lo he asociado a las estaciones (E001, E002, E009) que lograron la máxima puntuación (25 pts), representando la Naturalidad Excelente. Aunque en la tabla solo suman 30%, el 50% sugiere que la mitad de la cuenca se percibe como ambientalmente intacta en su morfología. Este es el pilar de la conservación.

38% (Deficiente a Mala) Puntuaciones de Referencia: 10 a 5 puntos

Este segmento se corresponde con la presión antrópica intermedia. Agrupa las estaciones (E003, E004 (10), E005, E006 (5)) con puntuaciones de 10 y 5 puntos (40%). El 38% confirma que una porción muy grande de la cuenca ha visto su canal reducido (10 pts) o ha sido modificado con estructuras rígidas (5 pts), comprometiendo la dinámica fluvial natural.

25% (Mala <25): Riesgo de Deterioro

Este porcentaje representa los puntos más críticos. Se basa en las estaciones (E007, E008, E010) que obtuvieron 0 puntos, donde el río ha sido canalizado en su totalidad (30% según la tabla). El 25% destaca que una cuarta parte del río ha perdido por completo su morfología natural.

13% Mezcla de Extremos (Fracción de 25 pts y 0 pts)

Dado que los demás porcentajes ya cubren los rangos lógicos, este valor bajo podría representar una sub-categoría de los tramos Pésimos o Excelentes. Si el 30% de la tabla (E007, E008, E010) es 25% del gráfico, el 13% podría ser una identificación específica de los tramos con canalización más agresiva o que son más visibles.

### **6.2.5. Análisis de la Calidad del Bosque de Rivera (QBR)**

En la Tabla N.º 23 se presenta el resumen de los resultados de las diez Estaciones de muestreo en relación al Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR) de la Sub Cuenca del Río Mena.

El análisis evidencia una marcada polarización en la calidad del bosque a lo largo de la cuenca, con la siguiente distribución: El 60% de las estaciones (6 de 10) se clasifican en los niveles Deficiente o Mala. Solo el 30% mantiene una calidad Buena.

TABLA N.º 19 CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA SUB CUENCA DEL RIO MENA

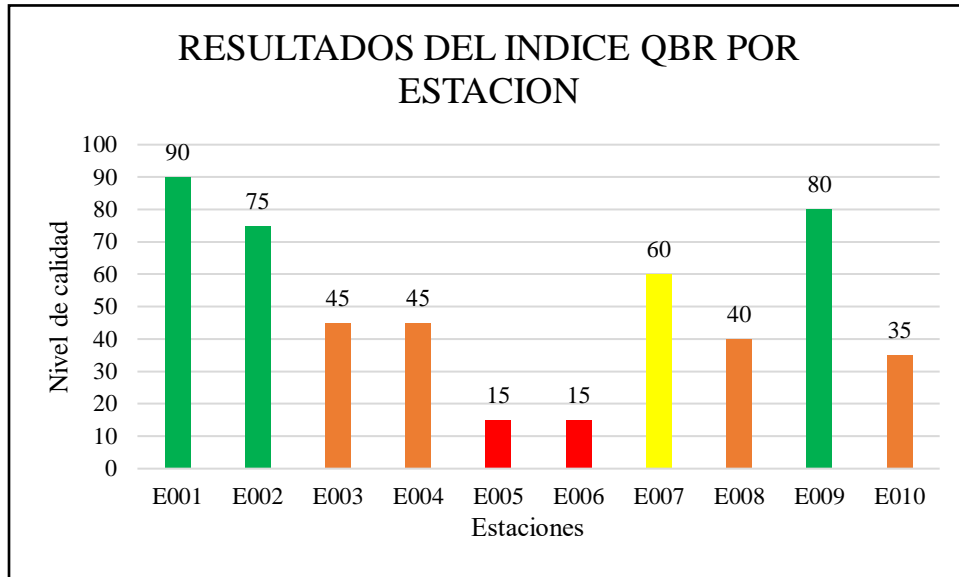
Estación	Grado de cobertura de la ribera	Estructura de la cubierta	Calidad de la Cubierta	Grado de naturalidad del canal de flujo	Total	Nivel de calidad	Interpretación de la calidad de bosques de Rivera
E001	20	20	25	25	90	Bueno	Inicio de alteración importante, calidad buena
E002	10	20	20	25	75	Bueno	Inicio de alteración importante, calidad bueno
E003	10	15	10	10	45	Deficiente	Alteración fuerte, calidad deficiente
E004	10	15	10	10	45	Deficiente	Alteración fuerte, mala calidad
E005	5	0	5	5	15	Mala	Inicio de alteración importante, calidad Moderada
E006	5	0	5	5	15	Mala	Alteración fuerte, calidad deficiente
E007	25	25	10	0	60	Moderado	Inicio de alteración importante, calidad buena
E008	15	15	10	0	40	Deficiente	Alteración fuerte, calidad deficiente
E009	25	25	5	25	80	Bueno	Alteración fuerte, calidad deficiente
E010	0	15	20	0	35	Deficiente	Alteración fuerte, mala calidad

Las estaciones E005 y E006 (Cuenca Media) son los puntos más críticos, con solo 15 puntos totales. La causa es la pérdida total de la estructura vertical (B2=0) y la mínima cobertura.

El 30% de la cuenca (E007, E008, E010) está afectado por la canalización total (B4=0). Este factor es la principal barrera para que tramos con buena vegetación (como E007) alcancen una mejor calidad.

Las estaciones E001, E002, y E009 (Cuenca Alta y Baja) son los refugios de conservación, donde la Naturalidad del Canal y la Calidad de la Cubierta alcanzan su máximo potencial.

GRAFICO N.º 7 ÍNDICE (QBR) POR ESTACIÓN SUB CUENCA



Nivel de Calidad Deficiente a Malo (60% del Total)

Seis estaciones, que representan el 60% del total, presentan un nivel de calidad Deficiente o Malo (crítico), lo que indica una alteración fuerte a muy fuerte del ecosistema ribereño.

- Calidad Deficiente (4 estaciones): E003 (cuenca alta); E004 (cuenca media); y E008, E010 (cuenca baja). En estos tramos se evidencia una alteración fuerte y homogénea, causada principalmente por la reducción del canal y el compromiso en la Calidad de la Cubierta (10 puntos).
- Calidad Mala (2 estaciones): E005 y E006 (cuenca media). Estas estaciones representan los focos de degradación crítica en la sub cuenca, con una puntuación total de solo 15 puntos. La alteración es máxima, con pérdida total de la estructura de la cubierta (0 puntos) y la presencia de estructuras rígidas en el canal.

Nivel de Calidad Bueno a Moderado (40% del Total)

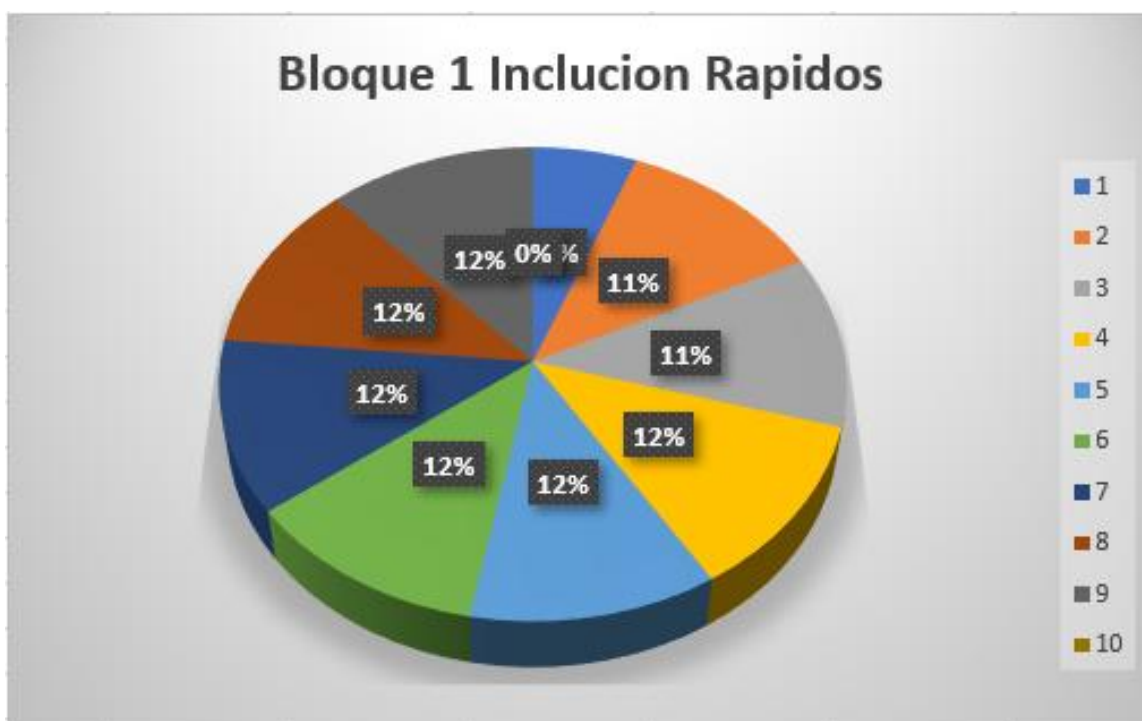
Cuatro estaciones, que representan el 40% restante del total, se encuentran con un nivel de calidad Bueno o Moderado, sirviendo como los refugios ecológicos de la cuenca.

- Calidad Buena (3 estaciones): E001 y E002, y E009 Estos tramos muestran una conservación alta, con predominio de puntajes máximos en Naturalidad del Canal y Estructura.
- Calidad Moderada (1 estación): E007 Este es un caso de polarización, donde la alteración del cauce (0 en Naturalidad) es el único factor que evita que esta estación alcance el nivel Bueno, a pesar de tener una excelente cobertura vegetal.

### 6.3. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

#### 6.3.1. Inclusión Rápidos- Sedimentación Pozas (Bloque 1)

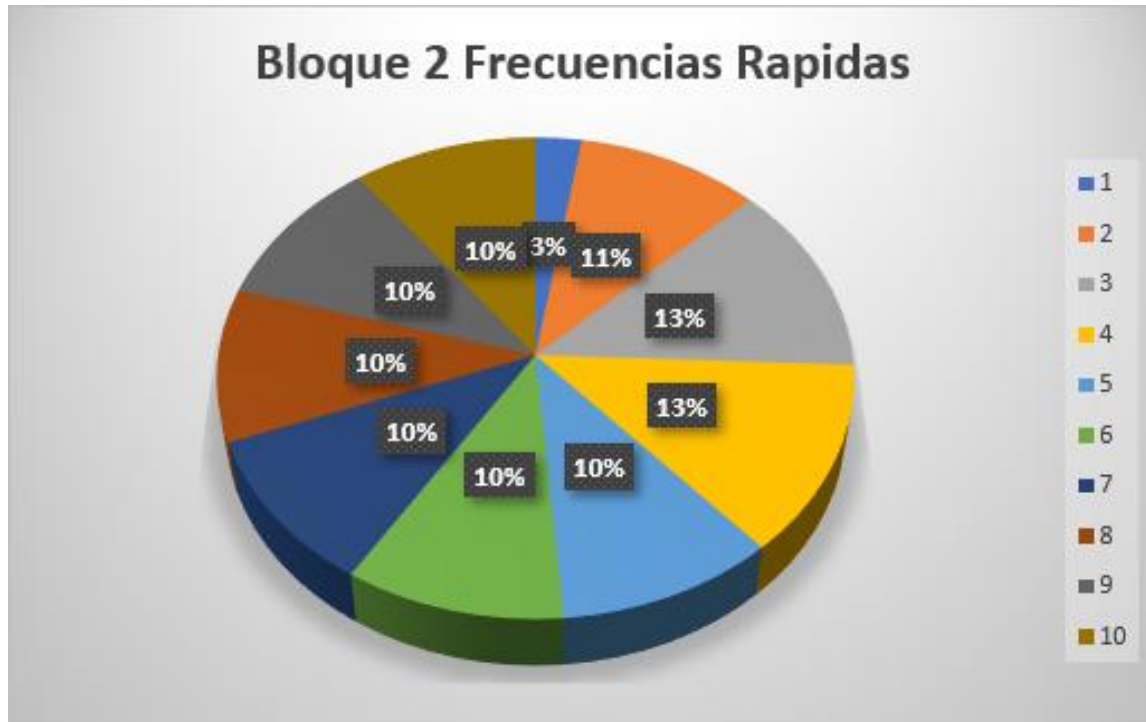
GRAFICO N.º 8 INCLUSIÓN RÁPIDOS-SEDIMENTACIÓN POZAS (IHF)



Como se puede observar en el Gráfico N° 8, se identificaron todas las Estaciones con alteración fuerte, E008, ubicada en la cuenca media, y E010, ubicada en la cuenca baja, con 0% de piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos, por lo que se le dio una valoración de 0 (cero), mientras que el resto de las Estaciones E001, E002, E003, E004; ubicadas en la cuenca alta, E005, E006, E007, E009, ubicadas en la cuenca media; ubicadas en la cuenca baja tienen una inclusión entre 0-12% de Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos, por lo que obtuvieron una calificación de 10 puntos.

### 6.3.2. Frecuencia de Rápidos (Bloque 2)

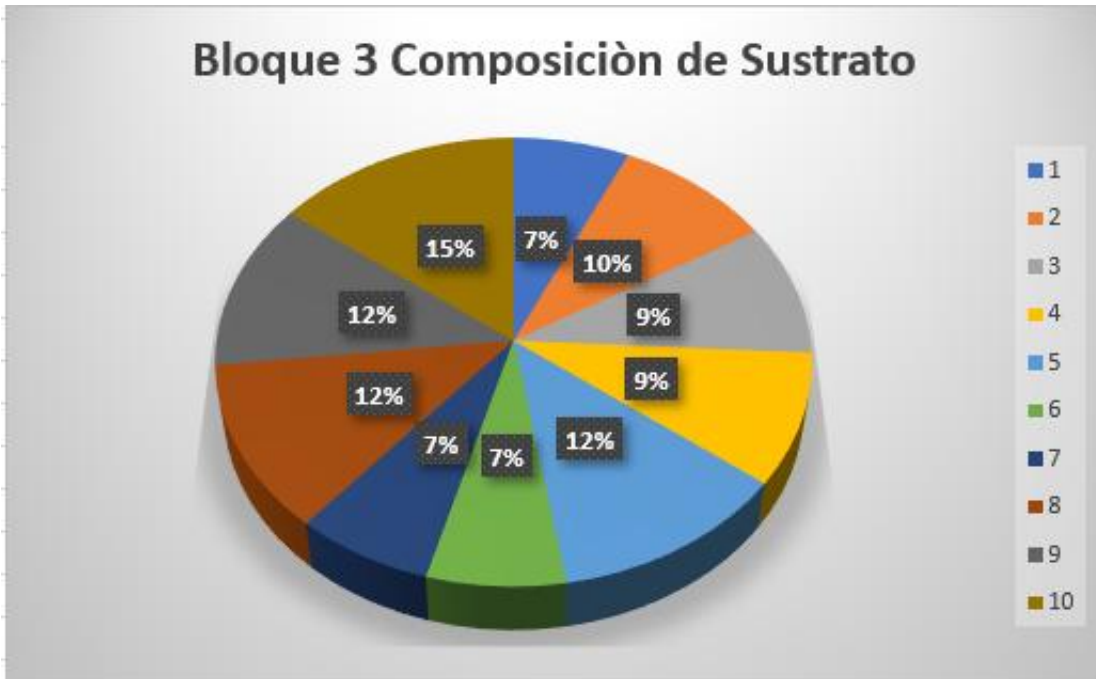
GRAFICO N° 9 FRECUENCIA DE RÁPIDOS (IHF)



Como se puede observar en el Grafico N° 9, se identificaron en las Estaciones con alta frecuencia de rápidos, E003, E004, ubicadas en la cuenca, cuya relación entre la distancia de rápidos y el ancho del río  $< 7$  por lo que se le asignó el puntaje de 10; mientras que en las estaciones E001, E002, ubicadas en la cuenca alta; E005, E006, E007, E008, ubicadas en la cuenca media; E009, E010, ubicadas en la cuenca baja la relación entre la distancia de rápidos y el ancho del río está en el rango comprendido entre 5 – 15 por lo que se le asignó el puntaje de 8.

### 6.3.3 Composición del Sustrato (Bloque 3)

GRAFICO N° 10 COMPOSICIÓN SUSTRATO (IHF)



Como se puede observar en el Grafico N° 10, se identificó 1 Estación, E010, ubicada del rio mena, con una composición de sustrato muy buena asignándole una puntuación de 10; luego 5 estaciones, E005, E008, ubicadas en la cuenca media; E009, E010 ubicadas en la cuenca baja, con una composición buena, por lo que se le asignó una puntuación, además 4 estaciones, E001, E002, E003, E004, ubicadas en la cuenca con una composición de sustrato regular, cuya puntuación le corresponde a moderada puntos, finalmente 2 estaciones, E006, E007, ubicadas en la cuenca media con una composición de sustrato baja, por lo que se le asignó una puntuación de 8.

**6.3.4. Regímenes de velocidad / profundidad (Bloque 4)**

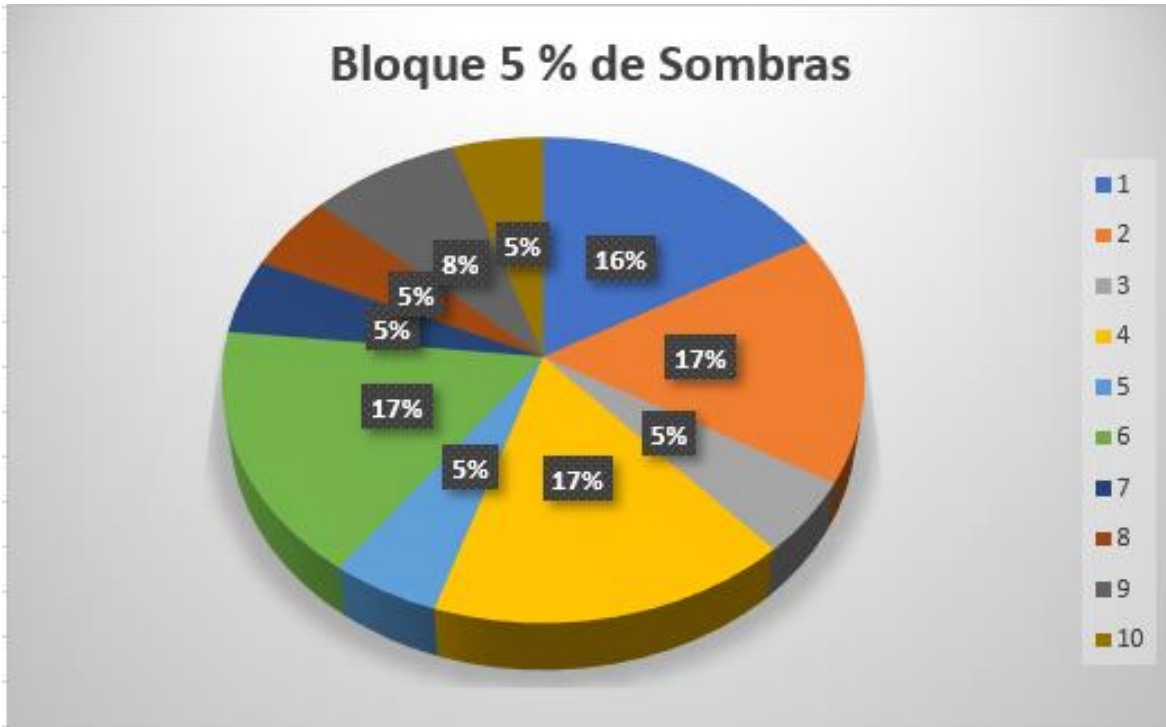
GRAFICO N° 11 REGÍMENES DE VELOCIDAD / PROFUNDIDAD (IHF) SUB CUENCA DEL RIO  
MENA



Se observa en el Grafico N° 11, una única Estación, E001, ubicada en la cuenca alta, regímenes de velocidad /profundidad solo 2 de las cuatro categorías, con una puntuación igual que los demás; luego las estaciones E002, E003, E004, ubicadas en la cuenca alta; E005, E006, E007, E008, ubicadas en la cuenca media; E009, E010, ubicadas en la cuenca baja, con regímenes de velocidad solo 1 de las cuatro categorías, con una puntuación de 4.

### 6.3.5. Porcentaje de sombra en el cauce (Bloque 5)

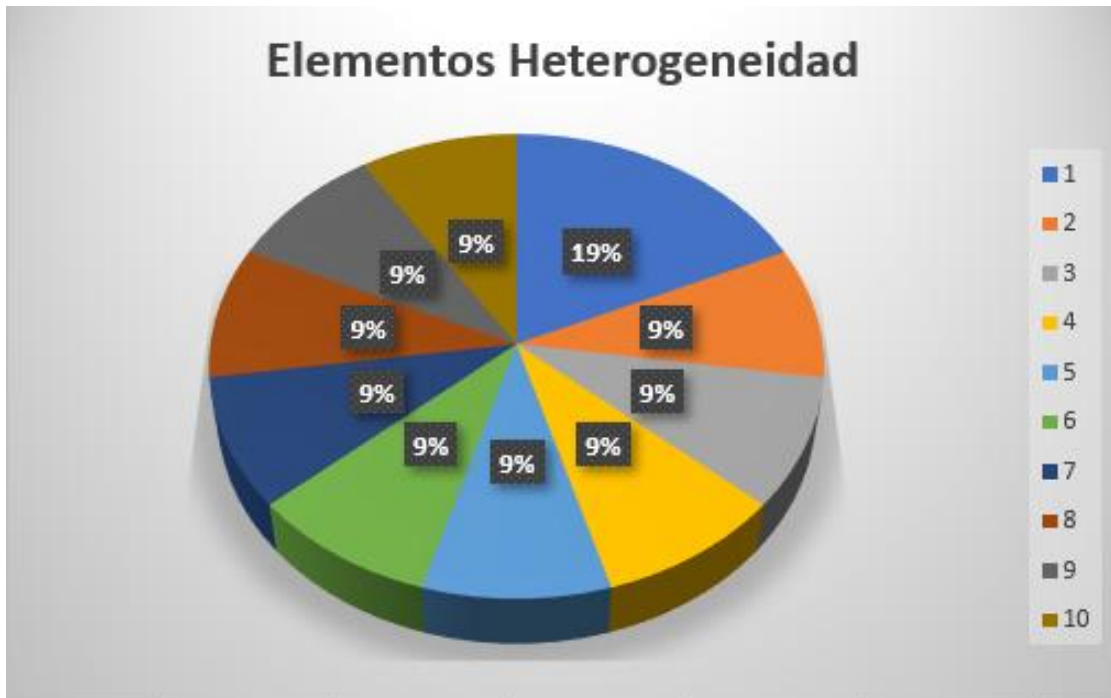
GRAFICO N° 12 % DE SOMBRA EN EL CAUCE (IHF) SUB CUENCA RIO MENA



Se observa en el Grafico N° 12, 4 Estaciones con Sombreado con ventanas, E001, E002, E004, ubicadas en la cuenca alta; E006, ubicada en la cuenca media; cuya ponderación es de 10 puntos; luego 7 Estaciones con Grandes Claros, E003, ubicada en la cuenca alta; E005, E007, E008; ubicadas en la cuenca media; y E010, ubicadas en la cuenca baja.; con una cobertura expuesta, con una ponderación de 3 puntos; finalmente una Estación E009, ubicada en la cuenca baja, con una cobertura de grandes claros, y una ponderación de 5 puntos.

**6.3.6. Elementos Heterogeneidad (Bloque 6)**

GRAFICO N° 13 ELEMENTOS HETEROGENEIDAD (IHF) SUB CUENCA DEL RIO MENA



Como se puede ver en el Grafico N° 13, hay una sola estación E001, ubicada en la cuenca alta, con una relación de hojarasca entre 10% y 75%, correspondiéndole una puntuación de 4 puntos, las demás estaciones, E002, E003, E004, ubicadas en la cuenca alta; E005, E006, E007, E008, ubicadas en la cuenca media, y E008, E010, ubicadas en la cuenca baja, con una relación de hojarasca menor al 10%, por lo que se les asigno una puntuación de 2 puntos.

### 6.3.7 Cobertura de Vegetación Acuática (Bloque 7)

GRAFICO N° 14 COBERTURA DE VEGETACIÓN ACUÁTICA (IHF) SUB CUENCA DEL RIO  
MENA



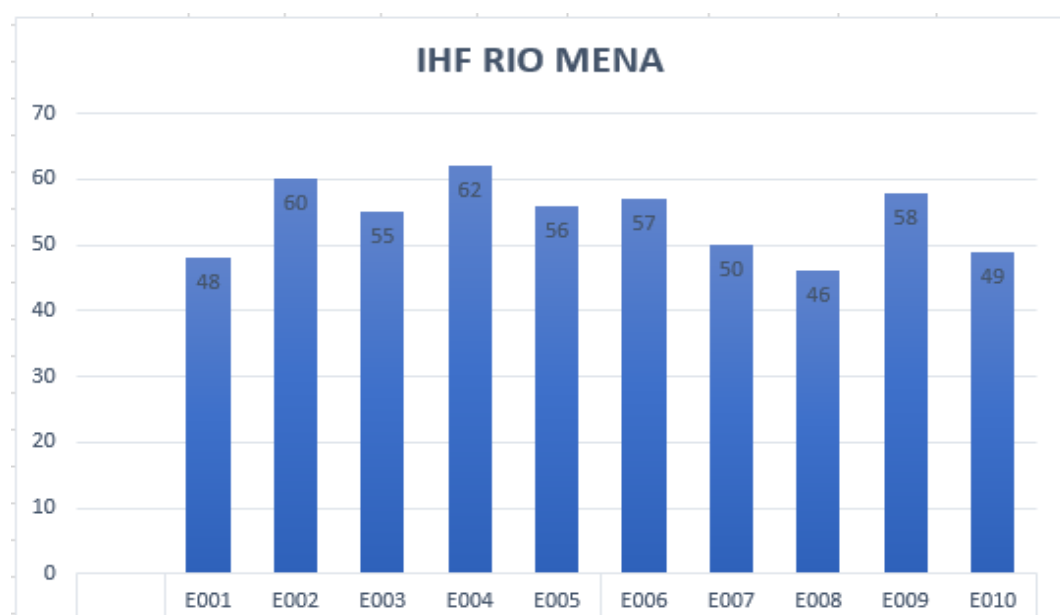
En el Grafico N° 14 se observa que en todas las estaciones se identificaron: < 10% de plocon+briofitas; con una puntuación parcial de 5 puntos; <10% de pecton; con una puntuación parcial de 5 puntos; < 10% de fanerógamos charales, con una puntuación parcial de 5 puntos, por lo que la puntuación total en las 10 Estaciones es de 15 puntos.

### 6.4 Resultados del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) Sub Cuenca Río Mena

TABLA N.º 20 ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) SUB CUENCA RIO MENA

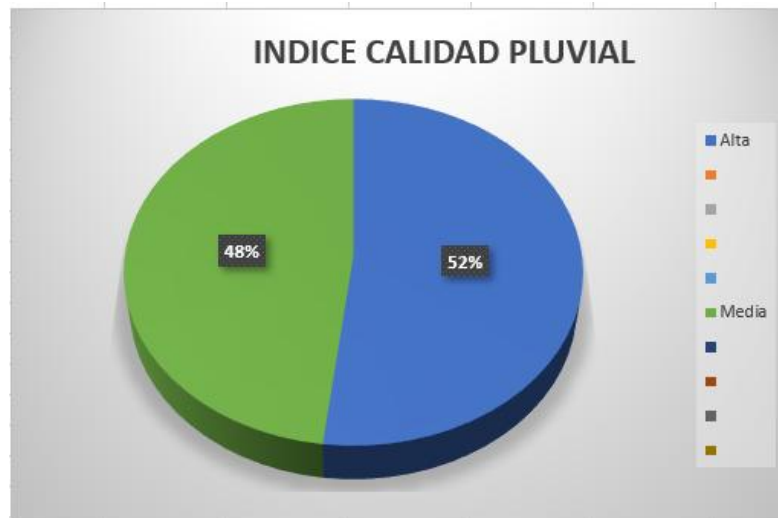
Estación	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7	TOTAL	Nivel de Calidad
E001	5	2	8	4	10	4	15	48	Diversidad de hábitats media
E002	10	8	11	4	10	2	15	60	Diversidad de hábitats media
E003	10	10	11	4	3	2	15	55	Diversidad de hábitats media
E004	10	10	11	4	10	2	15	62	Diversidad de hábitats media
E005	10	8	14	4	3	2	15	56	Diversidad de hábitats media
E006	10	8	8	4	10	2	15	57	Diversidad de hábitats media
E007	10	8	8	4	3	2	15	50	Diversidad de hábitats media
E008	0	8	14	4	3	2	15	46	Baja diversidad de hábitats
E009	10	8	14	4	5	2	15	58	Diversidad de hábitats media
E010	0	8	17	4	3	2	15	49	Diversidad de hábitats media

**GRAFICO N° 15 ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL SUB CUENCA DEL RIO MENA**



En el Grafico N° 15 se muestra el Índice de calidad Fluvial de la Sub cuenca del Rio Mena, donde se tiene 11 Estaciones (92%) con un nivel de Diversidad Media (Color Amarillo) y una sola estación E008, (8%), ubicada en la cuenca media con una baja Diversidad de hábitats (Color Naranja)

GRAFICO N° 16 ÍNDICE DE CALIDAD FLUVIAL POR UBICACIÓN DE CUENCA



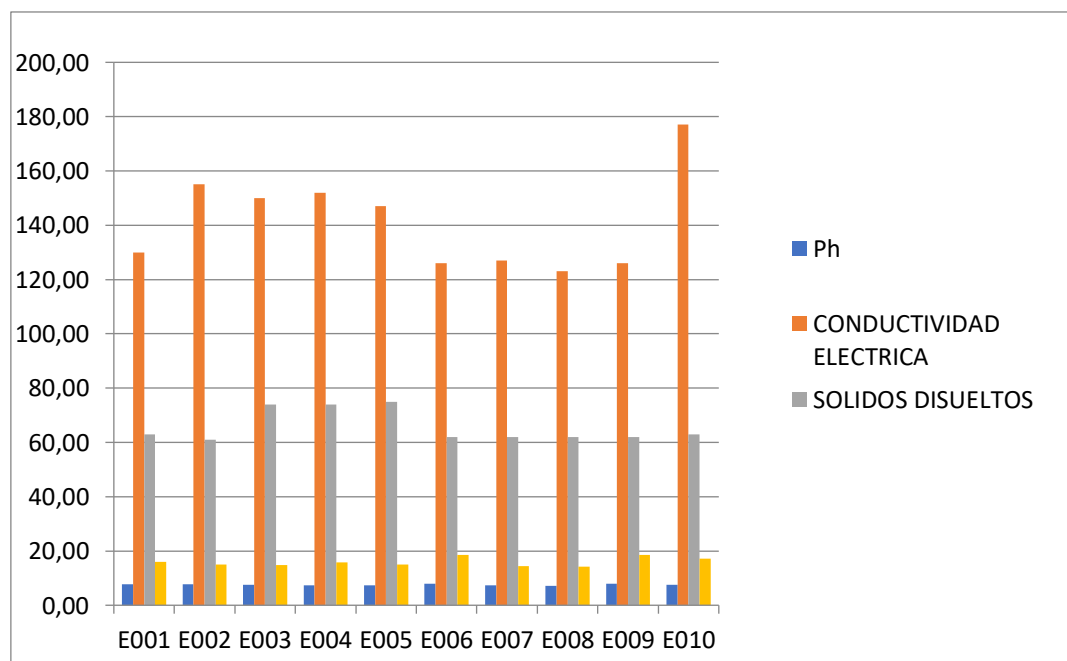
Se observa en el Grafico N° 16 que en la cuenca alta se tiene la mejor relación de calidad fluvial con 281 puntos de las estaciones E001, E002, E003, E004, E005 con un nivel de Diversidad Media, mientras que en la cuenca media se tiene la relación Fluvial más baja con 209 puntos de las estaciones E005, E006, E007, E008, E009, E010 con un nivel de Diversidad Media y con una baja Diversidad de Hábitats; finalmente en la cuenca baja se tiene una relación de la calidad Fluvial de 260 puntos de las estaciones mencionadas.

**6.5. Parámetros Físico Químicos de la Sub cuenca Rio Mena.**

TABLA N° 21 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS SUB CUENCA RIO MENA

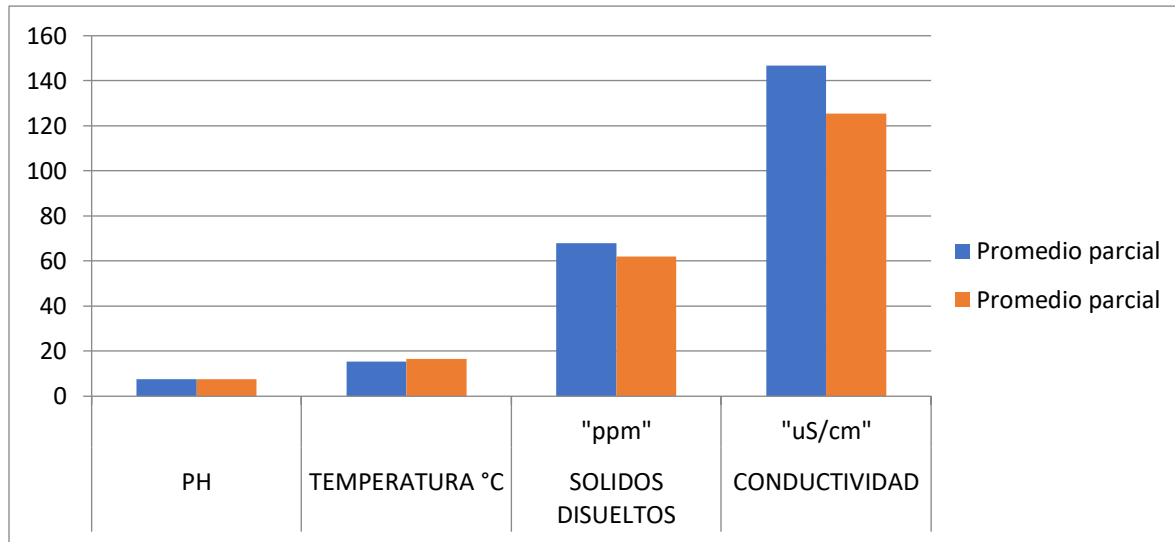
Estación	PH	TEMPERATURA °C	SOLIDOS DISUELTOS	CONDUCTIVIDAD
			"ppm"	"uS/cm"
E001	7.7	16	63	130
E002	7.8	15.1	61	155
E003	7.52	14.9	74	150
E004	7.29	15.8	74	152
E005	7.43	15	75	147
E006	7.85	18.6	62	126
E007	7.39	14.5	62	127
E008	7.14	14.3	62	123
E009	7.85	18.6	62	126
E010	7.46	17.2	63	177
<b>Promedio parcial</b>	<b>7.543</b>	<b>16</b>	<b>65.8</b>	<b>141.3</b>

GRAFICO N° 17 PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS SUB CUENCA RIO MENA POR ESTACIÓN



### 6.6 Parámetros Físico Químicos de la Sub cuenca Rio Mena por Unidad de Cuenca

GRAFICO N° 18 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS SUB CUENCA RIO MENA POR UNIDAD DE CUENCA



Como se puede ver en la gráfica numero 18 los parámetros físico químicos tienen una variación importante a lo largo de la sección de estudio donde el pH varío moderadamente pero no así si tomamos los valores de la conductividad eléctrica la cual en los lugares estancados artificialmente aumenta. En la estación numero 10 observamos una alta conductividad eléctrica debido a la contaminación agrícola posiblemente por el uso de agroquímicos.

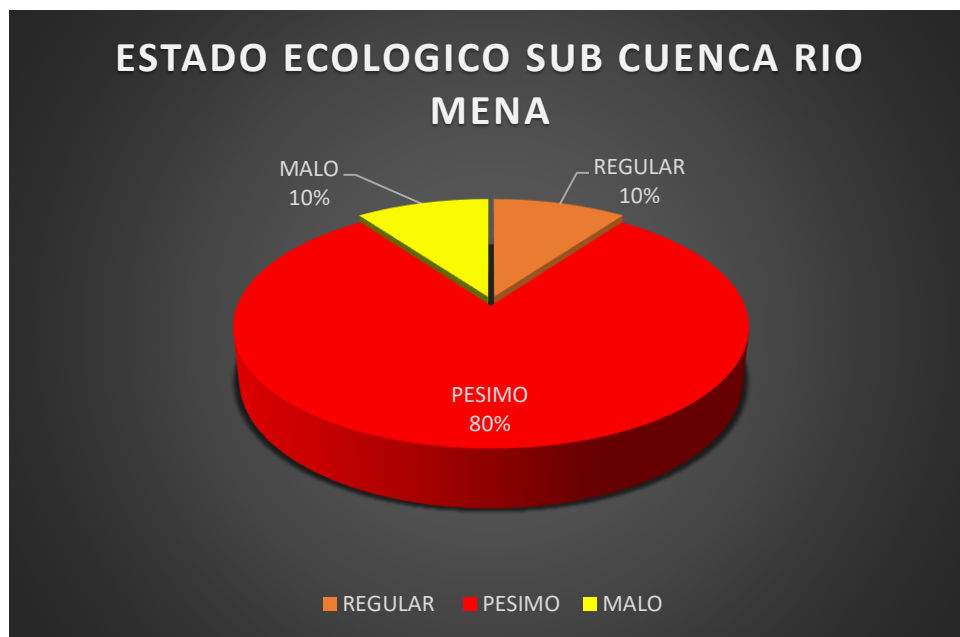
Respecto a solidos disueltos notamos que hay una correlación con la conductividad eléctrica en las mismas estaciones. En la estación numero 10 no hay correlación debido a que el agua infiltrada sale de la parte agrícola hacia el rio

**6.7. Resultados de la calidad ecológica integral de la Sub cuenca Rio Mena.**

TABLA N° 22 ESTADO ECOLÓGICO DE LA SUB CUENCA RIO MENA

Estación	INDICES				ESTADO ECOLOGICO
	IHF	BMWP	QBR	Prom.	
E001	48	30	90	56.0	REGULAR
E002	60	27	75	54.0	PESIMO
E003	55	19	45	39.7	PESIMO
E004	62	26	15	34.3	PESIMO
E005	56	17	60	44.3	PESIMO
E006	57	21	40	39.3	PESIMO
E007	50	32	80	54.0	MALO
E008	46	22	35	34.3	PESIMO
E009	58	32	55	48.3	PESIMO
E010	49	24	35	36.0	PESIMO

GRAFICO N° 19 ESTADO ECOLÓGICO SUB CUENCA RIO MENA



Se observa en el Grafico N° 19 que son 8 Estaciones (80%) que tienen un estado ecológico Pésimo cuyos rangos de puntuación están entre 34.3 y 54, así mismo la E001 presenta una puntuación de 56 catalogado como Regular; mientras que la E007 con 54 como Malo.

**6.8. Estado Ecológico en función a los Indicadores IHF, BMWP, QBR, Sub Cuenca Rio Mena**

GRAFICO N° 20 ESTADO ECOLÓGICO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE IHF

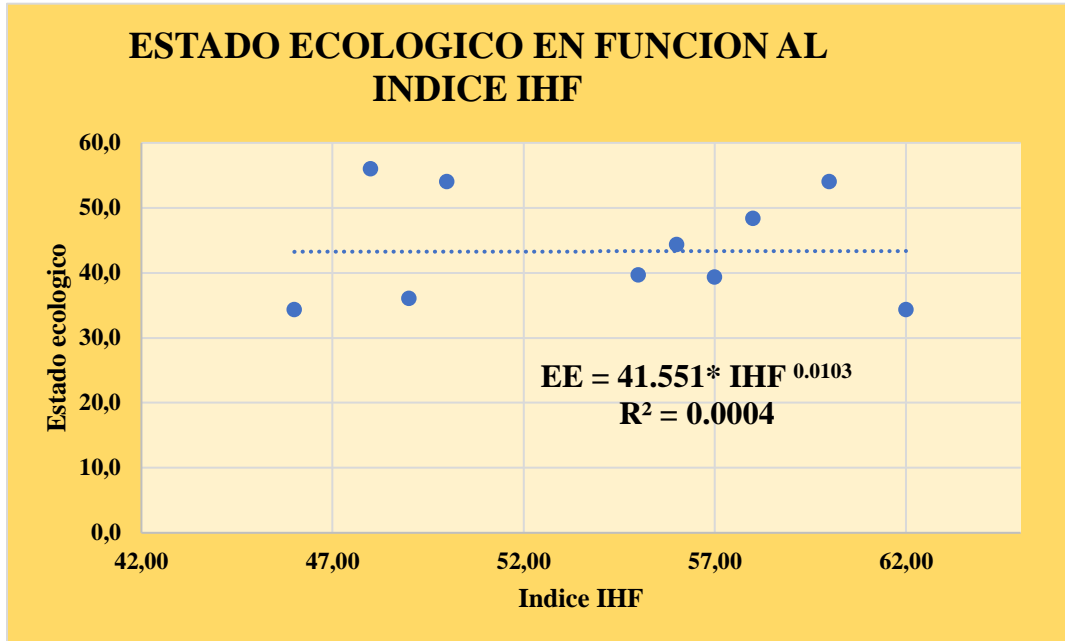


GRAFICO N° 21 ESTADO ECOLÓGICO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE BMWP

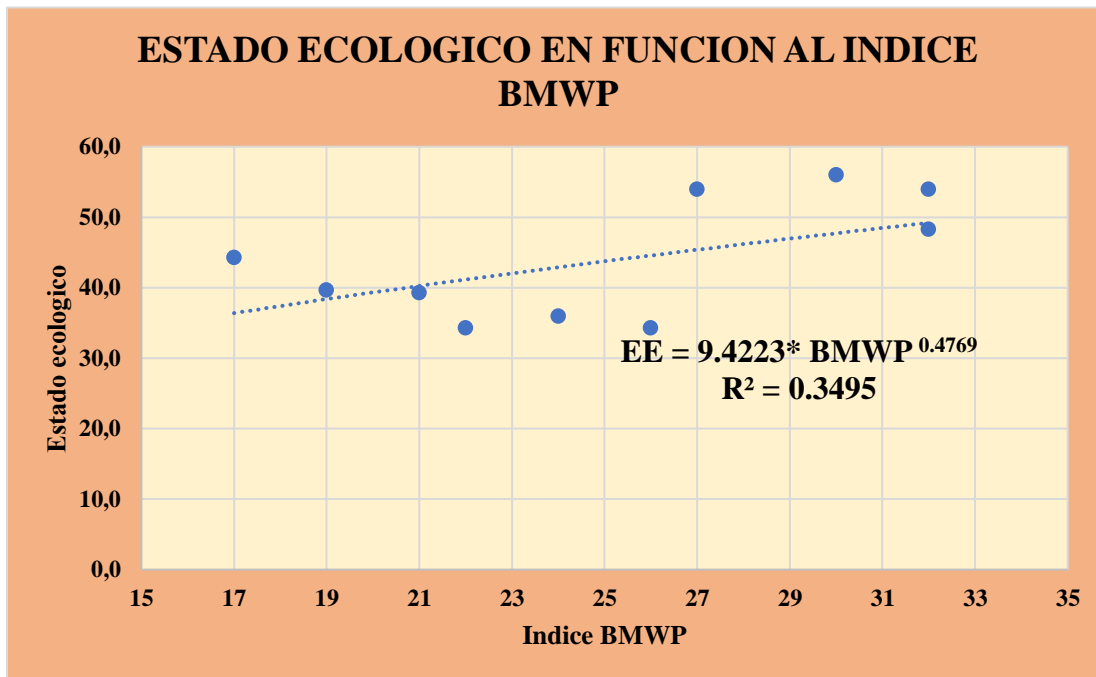
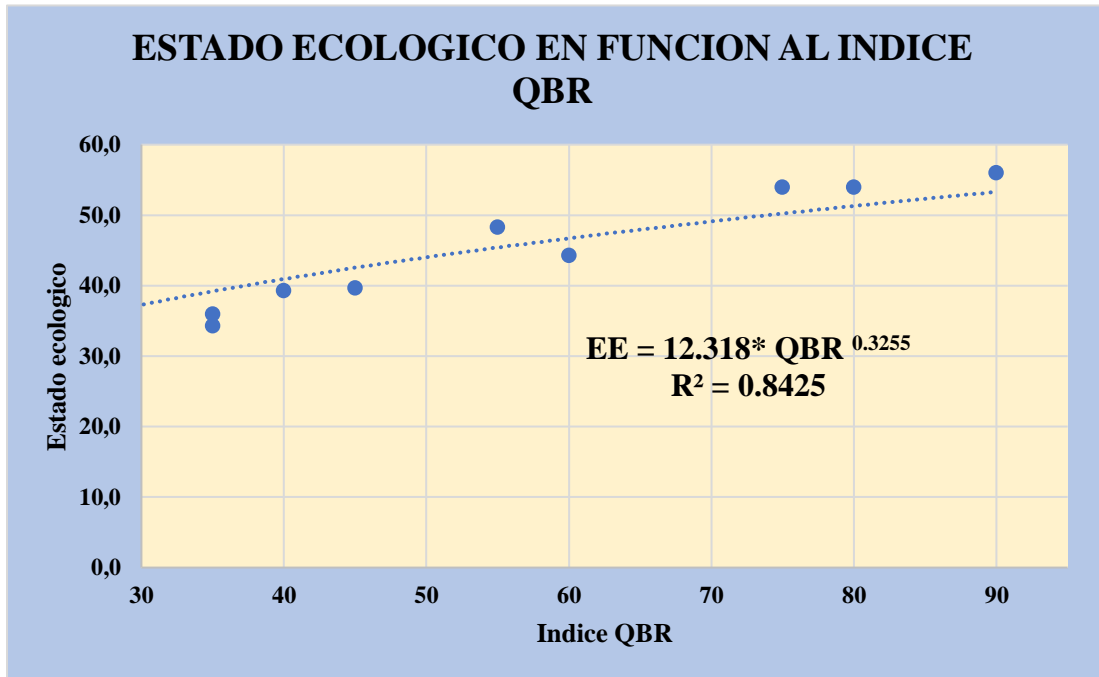


GRAFICO N° 22 ESTADO ECOLÓGICO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE QBR



Los gráficos 20, 21 y 22 muestran que el gráfico número 25 tiene la correlación más alta con un valor de 0.8425, lo cual es significativamente mayor que los otros dos gráficos. Esto indica que el índice QBR tiene una mayor influencia en el resultado del estado ecológico de la subcuenca del río Mena. Por otro lado, el índice IHF, con una correlación de 0.0004, es el que menos influye en dicho resultado.

## 6.9 Análisis de Resultados.

### 6.9.1. Estadísticas Descriptivas

TABLA N° 23 RELACIÓN ENTRE INDICADORES

Descriptive Statistics	<i>IHF</i>	<i>BMWP</i>	<i>QBR</i>
<i>Mean</i>	54.100	25.000	53.000
<i>Standard Error</i>	1.735	1.680	7.424
<i>Median</i>	55.500	25.000	50.000
<i>Mode</i>	46.000	32.000	35.000
<i>Standard Deviation</i>	5.486	5.312	23.476

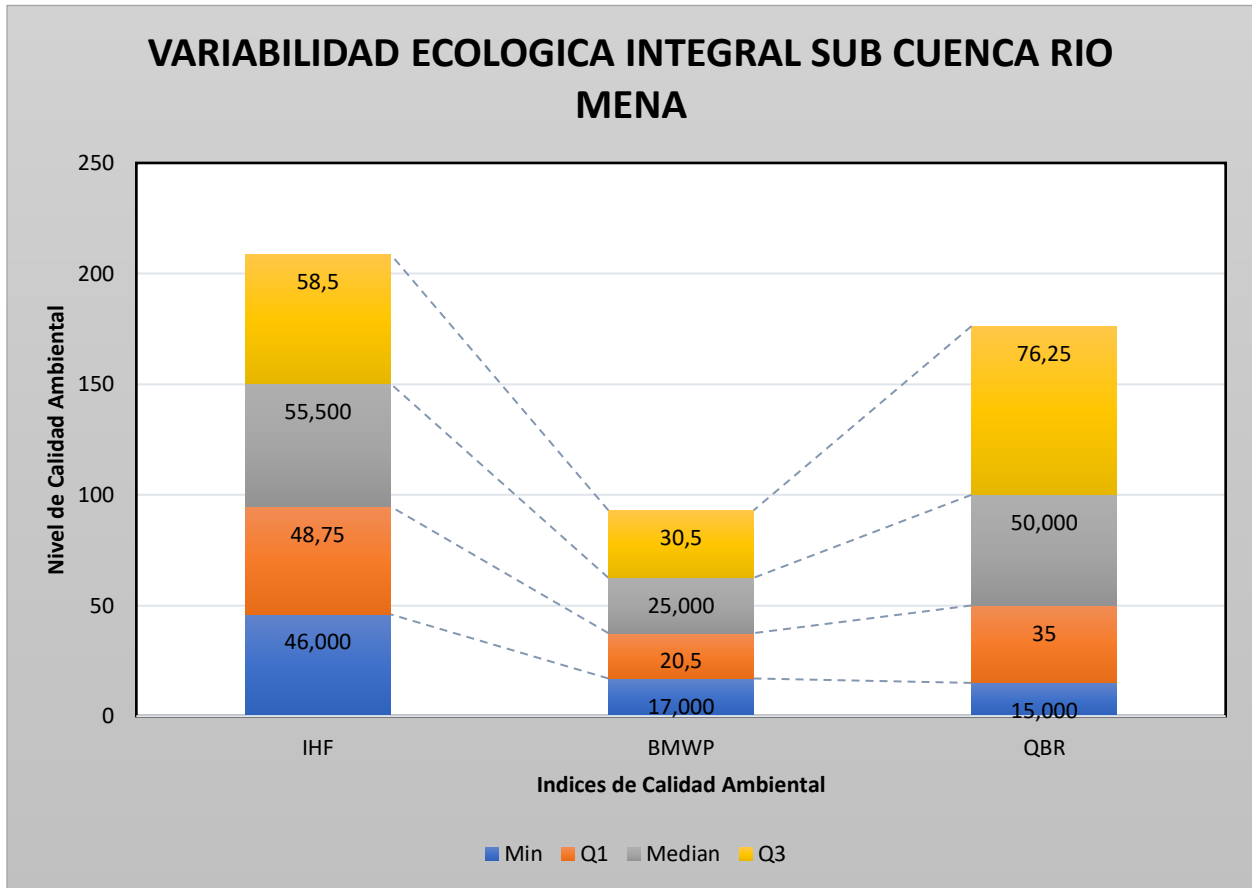
**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE SAN ANDRES (ITASA)**

<i>Sample Variance</i>	30.100	28.222	551.111
<i>Kurtosis</i>	-1.431	-1.277	-0.768
<i>Skewness</i>	-0.143	0.000	0.130
<i>Range</i>	16.000	15.000	75.000
<i>Maximum</i>	62.000	32.000	90.000
<i>Minimum</i>	46.000	17.000	15.000
<i>Sum</i>	541.000	250.000	530.000
<i>Count</i>	10.000	10.000	10.000
<i>Geometric Mean</i>	53.846	24.478	47.538
<i>Harmonic Mean</i>	53.590	23.951	41.182
<i>AAD</i>	4.680	4.400	19.000
<i>MAD</i>	4.500	4.400	19.000
<i>IQR</i>	9.750	10.000	41.250

TABLA N° 24 RELACIÓN ENTRE INDICADORES

	<i>IHF</i>	<i>BMWP</i>	<i>QBR</i>
<b>Min</b>	46.000	17.000	15.000
<b>Q1-Min</b>	2.750	3.500	20.000
<b>Med-Q1</b>	52.750	21.500	30.000
<b>Q3-Med</b>	3.000	5.500	26.250
<b>Max-Q3</b>	1,75	1,76	1,77
<b>Mean</b>	54.100	25.000	53.000
	<i>IHF</i>	<i>BMWP</i>	<i>QBR</i>
<b>Min</b>	46.000	17.000	15.000
<b>Q1</b>	48.75	20.5	35
<b>Median</b>	55.500	25.000	50.000
<b>Q3</b>	58.5	30.5	76.25
<b>Max</b>	131	132	133
<b>Mean</b>	54.100	25.000	53.000

GRAFICO N° 23 VARIABILIDAD ECOLÓGICA INTEGRAL SUB CUENCA RIO MENA



En el Gráfico N° 23 se observa la relación entre los tres índices aplicados para la determinación del Estado Ecológico Integral de la Sub cuenca del Rio Mena, donde:

### Índice BMWP

Refiriéndose al índice BMWP hay una distribución asimétrica negativa, donde el 50% central muestra baja dispersión y valores concentrados hacia el límite inferior. El IQR es 4,5, indicando poca variabilidad entre los cuantiles. La media ( $\approx 23,38$ ) es menor que la mediana (25) y también menor que la moda (30,5). Esto refleja una tendencia general a valores bajos de calidad biológica en la subcuenca.

### Índice QBR

En el índice QBR se observa una asimetría positiva, con una dispersión moderada en el 50% central, menor que en el IHF pero mayor que en el BMWP. El IQR es 15, evidenciando una

variabilidad intermedia en el índice. La media ( $\approx 57,06$ ) es menor que la mediana (50) y menor que la moda (76,25). Esto sugiere predominio de valores medios, con presencia de tramos ribereños de alta calidad.

### **Índice IHF**

El índice IHF Muestra una asimetría positiva, con un 50% central poco disperso en comparación con los otros dos índices. El IQR alcanza 6,75, lo que indica baja variabilidad en los valores centrales. La media ( $\approx 52,69$ ) es inferior a la mediana (55,5) y también menor que la moda (58,5). Esto evidencia una tendencia hacia condiciones físicas del hábitat relativamente homogéneas y favorables.

### **6.10. Pruebas de normalidad de Shapiro – Wilk**

TABLA N° 25 RELACIÓN ENTRE INDICADORES

<b>Shapiro-Wilk Test</b>			
	<b>BMWP</b>	<b>QBR</b>	<b>IHF</b>
W-stat	0.939788976	0.94655009	0.96720795
p-value	0.550667641	0.62789998	0.86382015
alpha	0.05	0.05	0.05
normal	yes	yes	yes

En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se utilizó un nivel de significancia de 0.05. Los resultados muestran que los valores p de los índices BMWP (0.551), QBR (0.628) e IHF (0.864) son todos mayores que 0.05. Esto indica que los datos correspondientes a cada uno de estos índices presentan un comportamiento consistente con una distribución normal. Por lo tanto, se puede considerar que no existen desviaciones significativas de la normalidad en los conjuntos de datos analizados, lo que permite aplicar análisis estadísticos que asumen normalidad de manera confiable.

## **7. CONCLUSIONES**

- En la evaluación de la Calidad Biológica del Agua mediante el índice BMWP, en la Subcuenca del río Mena se identificaron 37 órdenes (21 en flujos corrientosos y 16 en flujos lénticos) así mismo se identificaron 38 familias de macro invertebrados Bentónicos. Al comparar los estudios sobre la calidad biológica del río Mena con anteriores estudios, la estructura de los macroinvertebrados sigue reflejando un ecosistema impactado, lo que evidencia la continuidad de los problemas de contaminación y la necesidad de monitoreo y medidas de mitigación.
- Los resultados muestran que las 10 estaciones de muestreo (100%) presentan aguas gravemente contaminadas, de acuerdo con los valores obtenidos.
- La Estación E009 fue la que presentó mayor diversidad, donde se identificaron los 5 órdenes y 5 familias mencionados. En contraste, las estaciones E003, E005, E006, E007 y E008 registraron la menor riqueza de macroinvertebrados, con apenas 3 órdenes y 3 familias en cada una.
- La evaluación mediante índice IHF demuestra que hay un grado de contaminación debido a la alteración del hombre respecto a la rivera del río puntualmente en el desemboque donde retienen el agua artificialmente causando un cambio en la estructura ecológica y el comportamiento del río.
- La influencia que tiene la agricultura en la infiltración de agua al usar fertilizantes y tratamientos fitosanitarios altera la conductividad eléctrica y sólidos disueltos afecta la estructura del río y más donde las parcelas están cercanas al río.
- La evaluación mediante el índice QBR muestra que el 60% de las estaciones (6 de 10) se encuentran en niveles de calidad Deficiente (40%) o Mala (20%). Esto establece que la alteración fuerte es la condición más representativa de la subcuenca.
- Existe una fuerte dicotomía entre los tramos bien conservados (E001, E002, E009) y los focos de destrucción total, como E005 y E006 (cuenca media, 15 puntos totales), que son los más críticos.
- La Cuenca Media es la zona más vulnerable, concentrando las estaciones de Calidad Mala (E005 y E006) y la alteración más severa del cauce (E007, 0 puntos).

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Armando Schmidt Gómez, Deimer Fernández, Miguel Diaz Hinojosa. (2018). EVALUACION DE LA CALIDAD BIOLOGICA DEL AGUA MEDIANTE EL USO DEL METODO INDICE BIOTICO EN EL RIO MENA DE LA PROVINCIA CERCADO, DEPARTAMENTO TARIJA-BOLIVIA.
- Cammaerts, R., Schmidt Gómez, A., & Laviolette, F. (s.f.). Evaluación de la calidad biológica del agua mediante macroinvertebrados acuáticos: Índice BMWP.
- CODETAR. (1995). Estudio de Factibilidad del proyecto San Jacinto: Control de sedimentos en la cuneca del rio Tolomosa, Informe general Tarija - Bolivia: Corporación Desarrollo Tarija, 20-25.
- F.E.M Research, (s.f) Índice de calidad del bosque de ribera (QBR): Protocolo citado el 11 de noviembre de 2025 de: [https://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot\\_QBR%20cast.pdf](https://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot_QBR%20cast.pdf)
- I.T.A.S.A. (S.f.), EVALUACION DE LA CALIDAD BIOLOGICA DEL AGUA DEL RIO GUADALQUIVIR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE INDICE BIOTICO BMWP (Biológica Monitoring Working Party Score, citado el 11 de noviembre de 2025 de: <https://sihita.org/wp-content/uploads/2022/03/DOC165.pdf>.
- Junta de Extremadura. (s.f.). Índice de Heterogeneidad Fluvial (IHF): Hoja de campo y criterios de evaluación, citado el 11 de noviembre de 2025 de: <http://pescayrios.juntaextremadura.es/pescayrios/web/guest/seguimiento-de-los-rios-extremenos>.
- Molina, J., et al. (2002). Valoración hidrológica de las cuencas de los ríos Tolomosa y La Victoria. IHH-PROMETA.
- PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA, 2007. “MONITOREO DEL AGUA DE LOS RIOS DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA II” - AÑO 200. 3-18.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Hoja de Campo Metodología BMWP/BOL



### Hoja de cálculo para la determinación del índice BMWP/Bol



Localidad: .....	Tipo: Léntico <input type="checkbox"/> Lótico <input type="checkbox"/>
Cuenca: .....	Coordenada punto medio
Río/Lago: .....	
Responsable: .....	Fecha: .....

Taxón	Pts	Taxón	Pts	Taxón	Pts
<b>1.- Amphypoda</b>		Stratiomyidae	4	<b>12.- Megaloptera</b>	
Hyaellidae	4	Tabanidae	4	Corydalidae	7
<b>2.- Bivalvia</b>		Tipulidae	5	<b>13.- Nematoda</b>	4
Hyriidae	2	<b>6.- Ephemeroptera</b>		<b>14.- Odonata</b>	
Sphaeriidae	4	Baetidae	5	Aeshnidae	6
<b>3.- Coleoptera</b>		Caenidae	4	Calopterygidae	7
Dryopidae	6	Euthyplociidae	9	Coenagrionidae	6
Dytiscidae	5	Leptohyphidae	7	Gomphidae	8
Elmidae	5	Leptophlebiidae	9	Libellulidae	6
Gyrinidae	4	Oligoneuriidae	9	Megapodagrionidae	8
Haliplidae	4	Polymitarcyidae	9	Polythoridae	8
Heteroceridae	4	<b>7.- Gastropoda</b>		<b>15.- Oligochaeta</b>	1
Hydraenidae	7	Ampullaridae	5	<b>16.- Ostracoda</b>	4
Hydrophilidae	4	Ancylidae	6	<b>17.- Plecoptera</b>	
Luctrochidae	6	Hydrobiidae	5	Gripopterygidae	10
Noteridae	5	Lymnaeidae	4	Perlidae	10
Psephenidae	10	Physidae	4	<b>18.- Trichoptera</b>	
Ptilodactylidae	9	Planorbidae	4	Calamoceratidae	9
Scirtidae	7	<b>8.- Hemiptera</b>		Glossosomatidae	8
Staphylinidae	5	Belostomatidae	5	Helicopsychidae	8
<b>4.- Decapoda</b>		Corixidae	6	Hydrobiosidae	9
Aeglididae	4	Gelastocoridae	4	Hydropsychidae	5
Palaemonidae	4	Gerridae	5	Hydroptilidae	7
<b>5.- Diptera</b>		Hebridae	6	Leptoceridae	9
Athericidae	10	Mesovelliidae	6	Limnephilidae	7
Blephariceridae	10	Naucoridae	6	Odontoceridae	10
Ceratopogonidae	4	Nepidae	5	Philopotamidae	8
Chironomidae	2	Notonectidae	6	Polycentropodidae	8
Culicidae	2	Pleidae	4	Psychomyiidae	8
Dixidae	6	Veliidae	5	Xiphocentronidae	9
Dolichopodidae	4	<b>9.- Hydracarina</b>	4	<b>19.- Tricladida</b>	
Empididae	4	<b>10.- Hirudinea</b>		Planariidae	4
Ephydriidae	2	Glossiphoniidae	3		
Muscidae	3	<b>11.- Lepidoptera</b>			
Psychodidae	6	Pyrilidae	5		
Simuliidae	8				

ÍNDICE BMWP/Bol (Puntuación): .....

Condición biológica	BMWP/Bol	Interpretación	Color
Buena	> 100	Cuerpo de agua no alterado	Azul
Aceptable	61-100	Con algún efecto de contaminación	Verde
Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	Amarillo
Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Observaciones: .....





### Anexo 3. Hoja de Campo Metodología IHF

#### Evaluación del Hábitat Fluvial para Ríos Mediterráneos. Índice IHF

Estación
Fecha
Operador

Bloques	Puntuación
---------	------------

<b>1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas</b>		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
Sólo pozas	Sedimentación 0 - 30%	10
	Sedimentación 30 - 60%	5
	Sedimentación > 60%	0
<b>TOTAL (una categoría)</b>		

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

<b>3. Composición del sustrato</b>		
% Bloques y piedras	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Cantos y gravas	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Arena	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Limo y arcilla	1 - 10%	2
	> 10%	5
<b>TOTAL (sumar categorías)</b>		

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

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

<b>6. Elementos heterogeneidad</b>		
Hojasasca	> 10% ó < 75%	4
	< 10% ó > 75%	2
	Presencia de troncos y ramas	2
	Raíces expuestas	2
	Diques naturales	2
<b>TOTAL (sumar categorías)</b>		

<b>7. Cobertura de vegetación acuática</b>		
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
% Pecton	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
<b>TOTAL (sumar categorías)</b>		

**PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)**

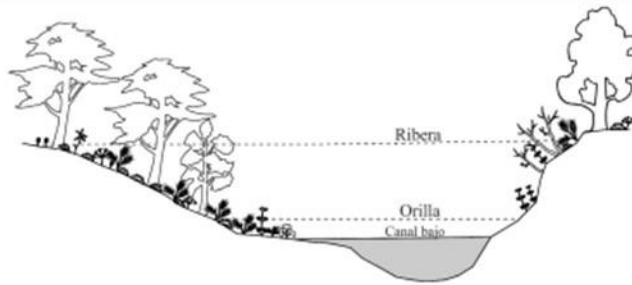
La puntuación de cada uno de los apartados no puede exceder la expresada en la siguiente tabla:

Inclusión rápidos - sedimentación pozas	10
Frecuencia de rápidos	10
Composición del sustrato	20
Régimen velocidad / profundidad	10
Porcentaje de sombra en el cauce	10
Elementos de heterogeneidad	10
Cobertura de vegetación acuática	30

## Anexo 4. Hoja de Campo Metodología QBR

Esta calificación debe ser aplicada en toda la zona de ribera de los ríos (orilla y ribera propiamente dicha). Zonas inundadas periódicamente por las avenidas ordinarias y las máximas.

Los cálculos se realizarán sobre el área que presenta una potencialidad de soportar una masa vegetal en la ribera. No se contemplan las zonas con sustrato duro donde no puede enraizar una masa vegetal permanente.



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25

Estación \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

### Grado de cubierta de la zona de ribera

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
+10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%
-5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%

### Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción
25	cobertura de árboles superior al 75 %
10	cobertura de árboles entre el 50 y 75 % o cobertura de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
5	cobertura de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %
+10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
+5	si los árboles tienen un sotobosque arbustivo
-5	si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %
-5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
-10	si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %

### Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera\*)

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	> 1	> 2	> 3
10	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	1	2	3
5	número de especies de árboles o arbustos autóctonos	-	1	1 - 2
0	sin árboles autóctonos			
+10	si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial en más del 75% de la longitud del tramo			
+5	si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial entre el 50 y 75% de la longitud del tramo			
+5	si las distintas especies se disponen en bandas paralelas al río			
+5	si el número de especies de arbustos es:	> 2	> 3	> 4
-5	si hay estructuras construidas por el hombre			
-5	si hay alguna sp. de árbol y/o arbusto alóctono** aislada			
-10	si hay sp. de árboles y/o arbustos alóctonos** formando comunidades			
-10	si hay vertidos de basuras			








### Grado de naturalidad del canal fluvial

Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	Descripción
25	el canal del río no ha estado modificado
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	río canalizado en la totalidad del tramo
-10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
-10	si existe alguna presa <o> U otra infraestructura transversal en el lecho del río

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

\* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)  
 Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda de la orilla, y sumar o restar según los otros dos apartados.

		Puntuación	
Tipos de desnivel de la zona riparia		Izquierda	Derecha
Vertical/cóncavo (pendiente > 75°), con una altura no superable por las máximas avenidas		6	6
Igual pero con un pequeño talud o orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)		5	5
Pendiente entre el 45 y 75°, escalado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre la orilla y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Pendiente entre el 20 y 45°, escalonado o no. $\Sigma a < \Sigma b$		2	2
Pendiente < 20°, ribera uniforme y llana.		1	1
<b>Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río</b>			
Anchura conjunta "a" > 5 m.		- 2	
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m.		- 1	
<b>Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente</b>			
> 80 %		No se puede medir	
60 - 80 %		+ 6	
30 - 60 %		+ 4	
20 - 30 %		+ 2	
<b>Puntuación total</b>			
<b>Tipo geomorfológico según la puntuación</b>			
> 8	<b>Tipo 1</b>	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera	
entre 5 y 8	<b>Tipo 2</b>	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos	
< 5	<b>Tipo 3</b>	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso	

## Anexo 5. Memoria Fotográfica

### 5. Índice biótico BMWP/Bol



Foto N° 1.

Etapa de Campo, Recolección de muestras de macro invertebrados, Rio Mena.



Foto N° 2

Etapa de Campo, Proceso de recolección de macro invertebrados en zonas loticas, con la ayuda de una red de arrastre, Rio Mena.



Foto N°3

Etapa de Campo, Identificación de un espécimen de macro invertebrado, Rio Mena.

## Anexo 5. Memoria Fotográfica

### 5.2 Índice de Calidad de Bosque de Rivera (QBR)

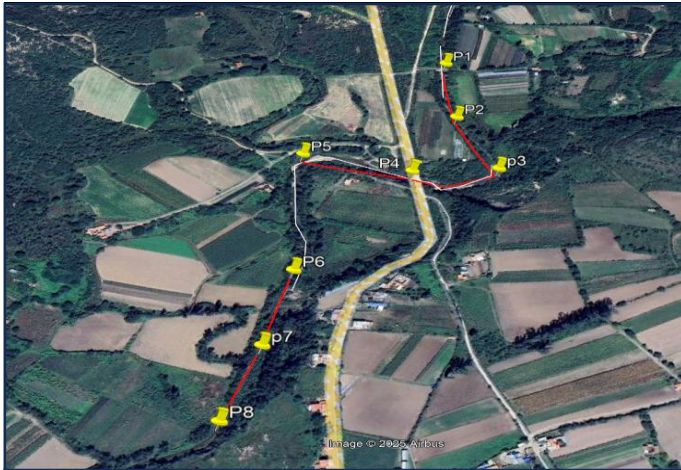


Foto N°4

Uso de GPS para la ubicación georreferenciada de las estaciones de muestreo, Rio Mena.



Foto N°5

Evaluación de la Vegetación de Rivera, para el índice QBR, Rio Mena



Foto N°6

Identificación los tipos de intervención humana en el Rio mena.

## Anexo 5. Memoria Fotográfica

### 5.3 Índice de Hábitat Fluvial (IHF)



Foto N°7

Determinación de parámetros físico químicos del agua, Rio Mena.



Foto N°8

Determinación de las velocidades de los caudal con el método del flotador en el Rio Mena.



Foto N°9.

Determinación de la composición del sustrato del rio, para el Índice IHF, Rio Mena