

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL CURSO HÍDRICO DEL
BALNEARIO HURTADO – RÍO GUATAPURÍ – A TRAVÉS DE LOS ÍNDICES
BIOLÓGICOS BMWP/COL, ÍNDICE DE BOSQUE DE RIVERA (QBR), ÍNDICE
DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) Y ANALISIS FISICOQUIMICOS, VALLEDUPAR-
COLOMBIA.**



**HERRERA MARTINEZ JESUS RAMON
NAVARRO SINING BREINER ANDRÉS**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGICAS
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2019**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL CURSO HÍDRICO DEL
BALNEARIO HURTADO – RÍO GUATAPURÍ – ATRAVÉS DE LOS ÍNDICES
BIOLÓGICOS BMWP/COL, ÍNDICE DE BOSQUE DE RIVERA (QBR), ÍNDICE
DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) Y ANALISIS FISICOQUIMICOS, VALLEDUPAR-
COLOMBIA.**

**HERRERA MARTINEZ JESUS RAMON
NAVARRO SINING BREINER ANDRÉS**

**DIRECTOR
NICOLAS MARTINEZ GARCIA
LIC. CIENCIAS NATURALES Y EDUCACION AMBIENTAL
ESP. QUIMICA AMBIENTAL
Ms. EN CIENCIAS Y TECNOLOGIAS AMBIENTALES
ENFASIS QUIMICA AMBIENTAL**

**Co- DIRECTOR
KARINA PAOLA TORRES CERVERA
ING. AMBIENTAL Y SANITARIA
Ms. MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**

**Presentación de proyecto de investigación con el fin de ser evaluado para
optar a título de ingeniero ambiental y sanitario**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGICAS
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2019**

Nota de Aceptación

Firma, Director del proyecto

Firma, Co – director del proyecto

Firma Jurado

Firma Jurado

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO DE GRADO

TITULO: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL CURSO HÍDRICO DEL BALNEARIO HURTADO – RÍO GUATAPURÍ – ATRAVÉS DE LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS BMWP/COL, ÍNDICE DE BOSQUE DE RIVERA (QBR), ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) Y ANALISIS FISICOQUIMICOS, VALLEDUPAR-COLOMBIA.

DIRECTOR: Lic. NICOLÁS MARTÍNEZ GARCÍA

ESTUDIOS SUPERIORES: Lic. En ciencias naturales y educación ambiental – Esp.
En química ambiental – Ms. En ciencias y tecnologías ambientales con énfasis en química ambiental.

FIRMA:

CO – DIRECTOR: Ing. KARINA PAOLA TORRES CERVERA

ESTUDIOS SUPERIORES: Ing. Ambiental y sanitaria – Ms. En Medio ambiente y desarrollo

FIRMA:

AUTORES DEL PROYECTO

NOMBRES	CODIGO	DEPARTAMENTO
BREINER ANDRÉS NAVARRO SINING	1065641742	Ing. Ambiental y Sanitaria
FIRMA		
JESÚS RAMÓN HERRERA MARTÍNEZ	1065818714	Ing. Ambiental y Sanitaria
FIRMA		

ENTIDADES INTERESADAS Y/O BENEFICIARIOS DEL PROYECTO:
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

A la Universidad Popular del Cesar, alma mater, fuente de conocimiento transmitido a través de sus docentes formando grandes personas y profesionales con calidad, por permitirnos avanzar en nuestro proceso de aprendizaje.

Al programa de ingeniería ambiental y sanitaria y sus docentes por formarnos como profesionales con visión de un mundo mejor con un desarrollo sostenible y sustentable para con el medio ambiente. Además, por brindar los laboratorios del programa que permitieron el desarrollo de nuestro proyecto de investigación

A nuestro director del proyecto Nicolás Martínez García, por brindarnos toda su experiencia, por darnos autonomía, confianza, seguridad, apoyo incondicional durante el desarrollo de la investigación, por transmitir sus conocimientos y darnos herramientas y nociones para la estructuración de futuros proyectos investigativos desde el contexto ambiental.

A nuestra co–directora del proyecto Karina Torres Cervera por brindar su mejor apoyo y asesoría incondicional para el desarrollo de la investigación, por ser una persona dispuesta a ayudar y servir para la estructuración del proyecto. Además, por brindar sus experiencias que ayuden a formarnos como profesionales.

A nuestros evaluadores, los ingenieros docentes Aleana Cahuana Mojica y Hernando Oñate Carranza por brindar sus conocimientos, concejos y conceptos con objetividad y claridad, los cuales permitieron estructurar esta investigación.

DEDICATORIA

...Este logro se lo dedico a mi Dios por permitirme culminar una parte de mi proyecto de vida de forma exitosa. A mi madrecita querida, que se encuentra en el cielo cuidándome y protegiéndome cada día, ella es mi ángel guardián, mi gran tesoro y mi fortaleza de lucha. A mi padre, una persona digna de ser ejemplo por todo su esfuerzo, dedicación, sacrificio, por ser un apoyo incondicional, por llevar el doble papel de padre y madre hace más de 12 años; siempre velando por tener un futuro mejor descrito en tres palabras: “educación, valores y principios”. A mi hermana querida, mi Sindy, le agradezco por ser mi mejor amiga, mi confidente y mi apoyo incondicional, gracias hermanita por estar ahí en los momentos difíciles y darme apoyo y consejos para con mi vida, le doy gracias a su familia por darme alegría cada momento a Mario su esposo y a mis sobrinitas Salomé – Mariana y Valentina prontamente. Gracias a ellos, puedo soñar por un futuro mejor, por sus palabras de apoyo, por impulsarme cada día a luchar en busca de la excelencia. A mi compañero y gran amigo Breiner Andrés por estar juntos hasta el final, trabajando de la buena mano con esfuerzo, dedicación, disciplina y armonía; lo cual seguiremos trabajando con el favor de Dios en la siguiente etapa de nuestra vida. A todos mis amigos de infancia, compañeros y amigos de la universidad les doy las gracias por estar presentes en esta etapa, me llevo una gran amistad y con el favor de Dios trabajaremos juntos por un futuro mejor.

Jesús Ramón Herrera Martínez.

...Mi dedicatoria se dirige a quien ha forjado mi camino, quien me ha enseñado que mis pensamientos solo serán afirmados cuando en sus manos encomiendo mis obras, a Dios, que en todo momento acompaña y fortalece mi confianza y fe, por brindarme salud, vida y sabiduría, quien en este buen camino siempre ha sido, es y será él que dirija cada proyecto de mi vida personal y profesional, reconociendo que solo con el todo lo puedo.

A Andrés y Mavis, mis padres, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su apoyo y dirección, que gracias a sus palabras y ejemplo de vida me han motivado a alcanzar esta gran meta.

A Nayleth por su paciencia y compañía sincera, a mi hermana y familia, a mis compañeros y demás personas que por su apoyo y cariño han contribuido al logro de mis objetivos.

Breiner Andrés Navarro Sining

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	5
2. JUSTIFICACIÓN.....	6
3. OBJETIVOS.....	9
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
4. MARCO REFERENCIAL	10
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
4.2. MARCO TEORICO	14
4.2.1. Índice de Bosque de Ribera (QBR):	14
4.2.1.1. <i>Bosques secos tropicales en Colombia.</i>	16
4.2.2. Índice de Hábitat Fluvial IHF	18
4.2.3. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) para Colombia:...	20
4.2.3.1. <i>¿Qué son los macroinvertebrados acuáticos?</i>	20
4.2.4. Aspectos físicos – químicos y microbiológicos de calidad de agua:....	25
4.2.4.1. <i>¿A qué se refiere con calidad del agua?</i>	25
4.2.5. Tipos de Muestreo de Aguas Superficiales	30
4.2.6. Tipos de Muestras y Frecuencia de Muestreo	31
4.2.7. Toma de muestras	32
4.2.8. Procedimiento para la toma de muestra.....	33
4.2.9. Llenado de botellas	34
4.3. MARCO CONCEPTUAL.....	34
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	37
4.4.1. Posición geo – astronómica.....	37
4.4.2. Característica geográfica, hidrológica, climática y paisajística	37
4.4.3. División político administrativo	38
4.4.4. Características socio – culturales y económicos	38
4.4.5. Economía del municipio.....	39

4.4.6.	Población	40
4.4.7.	Turismo Cultural, eco y etno - turístico	40
4.4.8.	Río Guatapurí	41
4.5.	MARCO LEGAL.....	43
5.	MARCO METODOLÓGICO	52
5.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	52
5.2.	POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	53
5.2.1.	Población	53
5.2.2.	Muestra	53
5.3.	POBLACION Y MUESTRA BENEFICIARIA DE ESTUDIO	54
5.3.1.	Población beneficiaria	54
5.3.2.	Muestra beneficiaria	54
5.4.	CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	55
5.4.1.	Criterio general	55
5.4.2.	Criterio particular	55
5.4.2.1.	<i>Definición de zona de estudio para el proyecto</i>	56
5.5.	DESARROLLO METODOLÓGICO	57
5.5.1.	ETAPA I: identificación de las especies de macroinvertebrados acuáticos y vegetación ribereña del curso hídrico del Balneario Hurtado – río Guatapurí.....	58
5.5.1.1.	<i>Para la recolecta e identificación de macroinvertebrados acuáticos</i>	58
5.5.1.2.	<i>Para la caracterización del bosque ribereño</i>	66
5.5.2.	ETAPA II: determinación de los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, temperatura, Solidos Suspendidos Totales, fósforo) de muestras de agua extraídas en el curso hídrico del balneario.....	68
5.5.2.1.	<i>Para la Toma de Muestras de agua superficial</i>	68
5.5.2.2.	<i>Para la determinación de los parámetros físico – químicos para muestras de agua recolectadas.</i>	71
5.5.3.	ETAPA III: Implementación de los índices de bosque de ribera (QBR), hábitat fluvial (IHF), índice biológico BMWP/COL e índice de contaminación ICO.	
5.5.3.1.	<i>Para el índice de bosque de ribera (QBR)</i>	73

5.5.3.2.	Para la caracterización de la capacidad del hábitat físico: Índice de Hábitat Fluvial	80
5.3.3.3.	Para el índice biológico de BMWP/COL	84
5.5.3.4.	Para el índice de contaminación ICO	84
5.5.4.	ETAPA IV: evaluación de la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – río Guatapurí a partir de los resultados de los índices QBR, IHF, BMWP/COL e ICO en comparación con los estándares de normatividad ambiental vigente	89
5.5.4.1.	Comparación de parámetros físico – químicos con la normatividad ambiental vigente	89
5.5.4.2.	Evaluación final de la calidad ambiental del balneario Hurtado – Río Guatapurí 92	
6.	RESULTADOS Y ANALISIS	96
6.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	96
6.2.	ETAPA I: IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y VEGETACIÓN RIBEREÑA DEL CURSO HÍDRICO DEL BALNEARIO HURTADO – RÍO GUATAPURÍ	97
6.2.1.	Recolección y registro de macroinvertebrados acuáticos	97
6.2.1.1.	Recorrido preliminar en la zona de estudio	97
6.2.1.2.	Selección de los hábitats	98
6.2.1.3.	Colecta, separación e identificación in situ	99
6.2.2.	Resultados de recolección y registro de macroinvertebrados	101
6.2.2.1.	Macroinvertebrados en temporada de sequía	101
6.2.2.2.	Macroinvertebrados en temporada de lluvia	102
6.2.2.3.	Análisis general de macroinvertebrados en temporadas de sequía Vs. Lluvia . 104	
6.2.3.	Recolección de información acerca de la vegetación ribereña	114
6.2.3.1.	Identificación y parcelación de la zona ribera del río Guatapurí	114
6.2.4.	Resultados de identificación y caracterización de vegetación ribereña 116	
6.3.	ETAPA II: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS (ALCALINIDAD TOTAL, CONDUCTIVIDAD, DUREZA TOTAL, DBO5, OXÍGENO DISUELTOS, COLIFORMES FECALES, PH, TEMPERATURA, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, FÓSFORO, COMPUESTOS FENÓLICOS, TENSOACTIVOS) DE MUESTRAS DE AGUA EXTRAÍDAS EN EL CURSO HÍDRICO DEL BALNEARIO	122

6.3.1.	Muestreo de agua en las zonas de estudio.....	122
6.3.2.	Resultados de parámetros físico químicos y microbiológicos de la zona de estudio.....	123
6.3.2.1.	<i>Resultados de los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los tramos de estudio durante la temporada de sequía. ...</i>	123
6.3.2.2.	<i>Resultados de los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los tramos de estudio durante la temporada de lluvia.....</i>	124
6.4.	ETAPA III: IMPLEMENTACIÓN DE LOS ÍNDICES DE BOSQUE DE RIBERA (QBR), HÁBITAT FLUVIAL (IHF), ÍNDICE BIOLÓGICO BMWP/COL E ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN ICO.....	134
6.4.1.	Aplicación del índice de bosque de ribera (QBR)	134
6.4.1.1.	<i>Grado de cubierta de la zona de ribera del área de estudio (solo se considera la ribera).....</i>	134
6.4.1.2.	<i>Estructura de la cubierta del área de estudio (se contabiliza toda la zona de ribera).....</i>	137
6.4.1.3.	<i>Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera). 139</i>	
6.4.1.4.	<i>Grado de naturalidad del canal fluvial.....</i>	143
6.4.1.5.	<i>Puntuación final del Índice de Bosque de Ribera (QBR).....</i>	146
6.4.2.	Aplicación del índice de hábitat fluvial (IHF)	150
6.4.2.1.	<i>Para tramo de aguas arriba</i>	151
6.4.2.2.	<i>Para el tramo de Balneario Hurtado.....</i>	155
6.4.2.3.	<i>Para el tramo de aguas abajo</i>	160
6.4.2.4.	<i>Puntuación promedio de índice de hábitat fluvial IHF:.....</i>	164
6.4.3.	Aplicación del índice biológico BMWP/COL.....	170
6.4.4.	Aplicación de los índices de contaminación ICO.....	175
6.4.4.1.	<i>Índice por mineralización (ICOMI)</i>	175
6.4.4.1.1.	<i>ICOMI para la temporada de sequía.....</i>	175
6.4.4.1.2.	<i>ICOMI para la temporada de lluvia.....</i>	178
6.4.4.2.	<i>Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).....</i>	181
6.4.4.2.1.	<i>ICOMO para la temporada de sequía.....</i>	181
6.4.4.2.2.	<i>ICOMO para la temporada de lluvia.....</i>	185
6.4.4.3.	<i>Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).....</i>	190
6.4.4.3.1.	<i>ICOSUS para temporada de sequía.....</i>	190

6.4.4.3.2.	<i>ICOSUS para la temporada de lluvia</i>	191
6.4.4.4.	<i>Índice de contaminación trófica (ICOTRO)</i>	195
6.4.4.4.1.	<i>ICOTRO para la temporada de sequía</i>	195
6.4.4.4.2.	<i>ICOTRO para la temporada de lluvia</i>	196
6.4.4.5.	<i>Índice biótico (ICOBIO)</i>	198
6.4.4.5.1.	<i>ICOBIO para la temporada de sequía</i>	198
6.4.4.5.2.	<i>ICOBIO para la temporada de lluvias</i>	199
6.4.4.6.	<i>Resultado final del índice de contaminación ICO en la zona de estudio.</i> 204	
6.5.	ETAPA IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL CURSO HÍDRICO DEL BALNEARIO HURTADO – RÍO GUATAPURÍ A PARTIR DE LOS RESULTADOS DE LOS ÍNDICES QBR, IHF, BMWPCOL E ICO EN COMPARACIÓN CON LOS ESTÁNDARES DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE	206
6.5.1.	Comparación de parámetros físico – químicos con la normatividad ambiental vigente	206
6.5.2.	Evaluación final de la calidad ambiental del balneario Hurtado – Río Guatapurí	208
7.	CONCLUSIONES	215
8.	RECOMENDACIONES	218
	BIBLIOGRAFIA	219
	ANEXOS	226

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Bosque seco tropical en Colombia	16
Ilustración 2. Macroinvertebrados usados para determinación de Calidad de Agua.	22
Ilustración 3. Área de estudio general (límite geográfico de Zona: Colombia – Cesar – Valledupar)	38
Ilustración 4. Balneario Hurtado – Río Guatapurí sitio ecoturístico de Valledupar	41
Ilustración 5. Área de estudio específica	43
Ilustración 6. Ubicación de población de estudio río Guatapurí.	55
Ilustración 12. Metodología y materiales de recolección de macroinvertebrados en zona de estudio	61
Ilustración 20. Medición de DAP	67
Ilustración 23. Interfaz del programa ICATEST	88
Ilustración 7. Ubicación de las Estaciones de Muestreo en tramo de Balneario Hurtado (Río Guatapurí) vista satelital.....	97
Ilustración 8. Recorrido preliminar de las zonas de estudio y muestreo en diferentes temporadas	98
Ilustración 9. Selección de hábitats de macroinvertebrados en zonas de estudio	98
Ilustración 10. Accesos – registro de condición – ubicación geográfica de la zona de estudio.....	99
Ilustración 11. Búsqueda y recolección de macroinvertebrados en la orilla y zona de estudio.....	100
Ilustración 13. Almacenamiento de los macroinvertebrados en solución de etanol – glicerina.....	100
Ilustración 14. Identificación de macroinvertebrados almacenados en la Universidad Popular del Cesar.....	100
Ilustración 15. Caracterización de la vegetación ribereña en ambos márgenes de zona de estudio.....	114
Ilustración 16. Transepto de muestreo en Aguas Arriba.....	114
Ilustración 17. Transepto de muestreo en Balneario Hurtado.....	115
Ilustración 18. Transepto de muestreo en Aguas Abajo	115
Ilustración 19. Representación del método de muestreo de plantas leñosas por transeptos en la zona de estudio.....	115
Ilustración 21. Metodología de muestreo puntual en zonas de estudio y almacenamiento de muestras de agua	122
Ilustración 22. Análisis de los parámetros de manera IN SITU y en laboratorio.....	123
Ilustración 24. Especie de <i>Microsorium Punctatum</i> Vs. Referencia bibliográfica de planta acuática.....	154
Ilustración 25. Especie de <i>Microsorium Punctatum</i> en Balneario Hurtado adherida en piedras	158
Ilustración 26. Especie de <i>Microsorium Punctatum</i> en Aguas Abajo adherida en piedras	164

CONTENIDO DE GRÁFICAS Y MAPAS

Pág.

Gráfica 1. Porcentaje de abundancia de ordenes de macroinvertebrados en las temporadas de sequía y lluvia.....	106
Gráfica 2. Cantidad de especies de macroinvertebrados encontradas en total.	110
Gráfica 3. Abundancia de macroinvertebrados por tramos	113
Gráfica 4. Distribución de la vegetación leñosa del bosque Ripario en la zona de estudio	117
Gráfica 5. Distribución especies leñosas del bosque ribereño por tramos de estudio	119
Gráfica 6. Comportamiento de parámetros de conductividad y pH en ambas temporadas	127
Gráfica 7. Comportamiento de parámetros de temperatura y sólidos suspendidos totales en ambas temporadas.....	128
Gráfica 8. Comportamiento de parámetros de alcalinidad y dureza total en ambas temporadas	129
Gráfica 9. Comportamiento de parámetros de coliformes totales – fecales y DBO5 en ambas temporadas.	131
Gráfica 10. Comportamiento de parámetros de fosforo total y oxígeno disuelto en ambas temporadas.	132
Gráfica 11. Comportamiento de parámetros de compuestos fenoles y tensoactivos en ambas temporadas.	133
Gráfica 12. Puntuación parcial de los bloques de QBR en los tramos de estudio	146
Gráfica 13. Puntuación final del índice QBR en zona de estudio.	147
Gráfica 14. Puntuación de bloques de IHF en las estaciones del tramo Aguas Arriba	153
Gráfica 15. Puntuación de bloques de IHF en las estaciones del tramo Balneario Hurtado ...	157
Gráfica 16. Puntuación de bloques de IHF en las estaciones del tramo Balneario Hurtado ...	162
Gráfica 17. Puntuación parcial de los bloques de IHF en los tramos de estudio	165
Gráfica 18. Puntuación final del índice IHF en zona de estudio.	166
Gráfica 19. Calificación final índice biológico BMWP/COL en ambas temporadas	171
Gráfica 20. Resultados del índice ICOMI para los tres tramos de estudio en temporada de sequía.....	177
Gráfica 21. Resultados del índice ICOMI para los tres tramos de estudio en temporada de lluvia.	179
Gráfica 22. Resultados del índice ICOMO para los tres tramos de estudio en temporada de sequía.....	184
Gráfica 23. Resultados del índice ICOMO para los tres tramos de estudio en temporada de lluvia.	187
Gráfica 24. Resultados del índice ICOSUS para los tres tramos de estudio en temporada de sequía.....	190
Gráfica 25. Resultados del índice ICOSUS para los tres tramos de estudio en temporada de lluvia.....	192
Gráfica 26. Resultados del índice ICOBIO para ambas temporadas climáticas de la zona de estudio.....	200

Pág.

Mapa 1. Estado actual de la calidad del bosque de ribera en la zona de estudio.....	149
Mapa 2. Estado actual de la calidad del hábitat fluvial del curso hídrico en la zona de estudio.....	169
Mapa 3. Estado actual de la calidad de agua en la zona de estudio.....	174
Mapa 4. Estado actual del índice de contaminación por mineralización ICOMI	180
Mapa 5. Estado actual del índice de contaminación por materia organica ICOMO.....	189
Mapa 6. Estado actual del índice de contaminación por sólidos suspendidos totales ICOSUS	194
Mapa 7. Estado actual del índice de contaminación trófica ICOTRO	197
Mapa 8. Estado actual del índice de contaminación biótico ICOBIO	203

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Niveles de calidad del bosque de ribera.....	15
Tabla 2. Rango de calidad del índice IHF.....	19
Tabla 3. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.....	23
Tabla 4. Calidad Biológica del Agua – Índice BMWP/Col.	24
Tabla 5. Escala del índice ICOTRO.....	29
Tabla 6. Significancia de los índices ICO	30
Tabla 7. Posición geo – astronómica y límites del municipio de Valledupar.....	37
Tabla 9. Dependencia de la concentración de oxígeno disuelto con respecto a la afectación de la temperatura del agua.....	72
Tabla 10. Parámetros y métodos utilizados para análisis de parámetros fisicoquímicos en agua.	73
Tabla 11. Consideraciones previas que se tendrán en cuenta en la aplicación del índice QBR.....	74
Tabla 12. Bloque 1 Determinación del grado de cobertura de la zona de ribera.	76
Tabla 13. Bloque 2 determinaciones de la estructura de la cobertura.....	77
Tabla 14. Bloque 3 determinaciones de la calidad de la cobertura.	78
Tabla 15. Bloque 4 Determinación del grado de naturalidad del canal fluvial.	79
Tabla 16. Consideraciones previas que se tendrán en cuenta en la aplicación del índice IHF.....	81
Tabla 17. Bloque 1 Determinación Inclusión rápidos - sedimentación pozas.....	81
Tabla 18. Bloque 2 Frecuencia de rápidos.....	81
Tabla 19. Bloque 3 determinaciones de Composición del sustrato.....	82
Tabla 20. Bloque 4 Determinación Regímenes de velocidad/profundidad.....	82
Tabla 21. Bloque 5 Determinación Porcentaje de sombra en el cauce.	82
Tabla 22. Bloque 6 Determinación Elementos de heterogeneidad.	83
Tabla 23. Bloque 7 Determinación Cobertura y diversidad vegetación acuática.	83
Tabla 24. Niveles permisibles para uso del recurso hídrico de contacto primario	89
Tabla 25. Consolidado de información y calificación de índices aplicados en zona de estudio.....	93
Tabla 26. Ejemplo, posición de datos con respecto al dato.....	94
Tabla 27. Ejemplo, diferencia de rangos.....	94
Tabla 28. Tabla de valores críticos de correlación de Spearman.....	95
Tabla 8. Estaciones de Muestreo en tramos del río Guatapurí.....	96
Tabla 29. Identificación de macroinvertebrados en temporada de sequía.....	101
Tabla 30. Identificación de macroinvertebrados en temporada de lluvia.....	103
Tabla 31. Comparación de especies de macroinvertebrados en temporadas de sequía - lluvia	104
Tabla 32. Cantidad de especies de macroinvertebrados encontrados en cada tramo durante las temporadas de sequía – lluvia.	107

Tabla 33. Abundancia de macroinvertebrados identificados por tramos de la zona de estudio.	112
Tabla 34. Tipos de vegetación leñosa encontradas en la zona de estudio.....	116
Tabla 35. Especies de vegetación leñosa del bosque ribereño encontradas por tramos de estudio.	118
Tabla 36. Resultados de análisis de parámetros físico – químicos en temporada de sequía.	124
Tabla 37. Resultados de análisis de parámetros físico – químicos en temporada de lluvia.	125
Tabla 38. Resultados de análisis de parámetros físico – químicos en ambas temporadas	125
Tabla 39. Resultados de índice QBR: grado de cubierta de la zona ribereña en área de estudio.	134
Tabla 40. Resultados de índice QBR: estructura de la de cubierta de la zona ribereña en área de estudio.	137
Tabla 41. Criterio de la ribera a partir de la geomorfología de la zona ribereña de estudio	140
Tabla 42. Tipo de geomorfología de la ribera de la zona de estudio.	141
Tabla 43. Resultados de índice QBR: calidad de la de cubierta de la zona ribereña en área de estudio.	142
Tabla 44. Resultados de índice QBR: grado de naturalidad del canal fluvial de la zona ribereña en área de estudio.....	144
Tabla 45. Puntaje total del índice de QBR de la zona de estudio en toda su ribera.....	146
Tabla 46. Calificación de calidad del bosque de ribera a partir del índice QBR en la zona de estudio.....	147
Tabla 47. Resultados de puntaje del IHF para las estaciones E1 – E2 – E3.....	151
Tabla 48. Resultados de puntaje del IHF para las estaciones E4 – E5 – E6.....	155
Tabla 49. Resultados de puntaje del IHF para las estaciones E7 – E8 – E9.....	160
Tabla 50. Resultados de la puntuación promedio de cada bloque y el puntaje total promedio por tramos de la zona de estudio.....	165
Tabla 51. Resultados del índice hábitat fluvial (IHF) promedio de la zona de estudio.....	166
Tabla 52. Resultados de índice biológico BMWP/COL en ambas temporadas.....	171
Tabla 53. Reporte ICOMI para los tramos de estudio en temporada de sequía	177
Tabla 54. Reporte ICOMI para los tramos de estudio en temporada de lluvia	179
Tabla 55. Reporte ICOMO para los tramos de estudio en temporada de sequía	184
Tabla 56. Reporte ICOMO para los tramos de estudio en temporada de lluvia	188
Tabla 57. Reporte ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de sequía	191
Tabla 58. Reporte ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de lluvia	192
Tabla 59. Reporte ICOTRO para los tramos de estudio en ambas temporadas.....	196
Tabla 60. Cantidad de familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo aguas arriba y aguas abajo durante la temporada de sequía.....	198
Tabla 61. Cantidad de familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo aguas arriba y aguas abajo durante la temporada de lluvia.	199

Tabla 62. Reporte ICOBIO para los tramos de estudio comparados y los taxones característicos en la zona de estudio.....	201
Tabla 63. Compendio de resultados de índice de contaminación ICO a partir de parámetros analizados en ambas épocas.	204
Tabla 64. Comparación con la normativa ambiental de uso de agua recreativo contacto primario.....	206
Tabla 65. Resultados conglomerados de los índices ICO – IHF – BMWP/COL – QBR aplicados en la zona de estudio.....	209
Tabla 66. Resultados de correlación Spearman entre los índices IHF – BMWP/COL – QBR e ICO	211

RESUMEN

Se determinó la calidad ambiental del curso hídrico del río Guatapurí sobre el balneario Hurtado en los meses de diciembre de 2018 a junio de 2019, evaluando las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, su calidad, la heterogeneidad del hábitat fluvial, la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos y del bosque de ribera, para ello, se utilizaron los índices QBR, IHF, BMWP/COL e índice de contaminación ICO evaluados en 3 tramos (aguas arriba – balneario – aguas abajo) en un trayecto de 1.387km durante las temporadas de lluvia y sequía. Los resultados obtenidos fueron correlacionados utilizando la metodología de Spearman.

Los índices biológicos mostraron los siguientes resultados en la zona de estudio; el BMWP/COL presentó calidad de agua muy limpias o poco contaminadas en ambas temporadas en los diferentes tramos de muestreo.

Según los resultados encontrados con la aplicación del índice QBR, un estado natural y bien conservado del bosque de ribera (máxima calidad; QBR:90), no se encontró sobre el área evaluada en consecuencia se presentó riberas con degradación extrema en balneario Hurtado, aguas abajo calidad mala y ligeramente perturbada en aguas arriba.

El IHF indico un hábitat medianamente diverso representado en aguas arriba, por su parte, en los tramos del balneario Hurtado y aguas abajo presentaron hábitats poco diversos.

Las concentraciones de los parámetros físico químicos y microbiológicos evaluados indicaron cumplimiento parcial con la normatividad vigente para uso de agua, en relación, que el parámetro microbiológico los Coliformes Fecales presentaron valores por encima del límite de calidad (200UFC/100ml) en todos los tramos durante los periodos evaluadas.

Los índices ICO evaluados a partir de los parámetros físicos químicos mostraron ausencia de contaminación en aguas arriba y un grado de contaminación bajo en balneario Hurtado y aguas abajo durante las temporadas de lluvia y sequía; además

estos índices mantienen una correlación entre fuerte y moderada con IHF, mientras que la relación con QBR fue moderada y BMWP/COL no fue aceptable.

La utilización de estos índices, permitió inferir que la calidad del agua en toda el área de estudio resultó ser muy buena a partir de la identificación de macroinvertebrados que subsisten en ambientes acuáticos muy limpios, así mismo la perturbación o degradación extrema del bosque de ribera en la zona de balneario asociada principalmente a las diferentes actividades antrópicas realizadas, es un factor que influye en la calidad del agua y comunidades de macroinvertebrados acuáticos, dado su aporte en la diversidad del hábitat fluvial, el cual estuvo representado en un hábitat medianamente diverso y poco diverso, con alteraciones considerables en aguas abajo.

La utilización de indicadores biológicos constituye una herramienta alternativa e importante en programas de evaluación ambiental de cuerpos de agua, pues aporta un mayor control al uso de agua, a través de un análisis integral del recurso hídrico, lo cual permitirá generar acciones de conservación efectivas de estos ecosistemas.

Palabras clave: Calidad Ambiental, Índice de Bosque de Ribera (QBR), Índice de Hábitat Fluvial (IHF), Índice BMWP/COL, Índice de contaminación (ICO)

ABSTRACT

The environmental quality of the Guatapurí river water course on the Hurtado health resort was determined in the months of December 2018 to June 2019, evaluating the physicochemical and microbiological characteristics of the water, its quality, the heterogeneity of the river habitat, the biodiversity of aquatic macroinvertebrates and from the riverbank forest, the QBR, IHF, BMWP / COL indices and ICO pollution index evaluated in 3 sections (upstream - spa - downstream) on a 1,387km path during the rainy seasons and drought. The results obtained were correlated using Spearman's methodology.

Biological indices showed the following results in the study area; The BMWP / COL presented very clean or poorly contaminated water quality in both seasons in the different sampling sections.

According to the results found with the application of the QBR index, a natural and well-preserved state of the riverbank forest (maximum quality; QBR: 90), it was not found on the area evaluated as a result, banks with extreme degradation were presented in Hurtado spa, waters Down bad quality and slightly disturbed upstream.

The IHF indicated a moderately diverse habitat represented upstream, meanwhile, in the sections of the Hurtado resort and downstream they presented little diverse habitats.

The concentrations of the physical chemical and microbiological parameters evaluated indicated partial compliance with current regulations for water use, in relation to the fact that the Fecal Coliforms microbiological parameter presented values above the quality limit (200UFC / 100ml) in all sections during The periods evaluated.

The ICO indices evaluated from the chemical physical parameters showed absence of contamination in upstream and a low degree of contamination in Hurtado and downstream spa during the rainy and dry seasons; In addition, these indices maintain a strong-moderate correlation with IHF, while the relationship with QBR was moderate and BMWP / COL was not acceptable.

The use of these indices allowed us to infer that water quality throughout the study area proved to be very good from the identification of macroinvertebrates that subsist in very clean aquatic environments, as well as the extreme disturbance or degradation of the riverbank forest in The spa area associated mainly with the different anthropic activities carried out, is a factor that influences the water quality and communities of aquatic macroinvertebrates, given its contribution to the diversity of the river habitat, which was represented in a moderately diverse and little habitat diverse, with considerable alterations in downstream.

The use of biological indicators is an alternative and important tool in environmental assessment programs of water bodies, as it provides greater control to the use of water, through a comprehensive analysis of the water resource, which will allow the generation of effective conservation actions for These ecosystems

Keywords: Environmental Quality, Ribera Forest Index (QBR), River Habitat Index (IHF), BMWP / COL Index, Pollution Index (ICO)

INTRODUCCION

La calidad ambiental se entiende como el conjunto de características que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente, que modifican sus condiciones para el aprovechamiento (Ecuador", 2017). Por ende, estos factores o calificaciones expuestas anteriormente son el principal objeto de estudio para la determinación de la prestación de los servicios ecosistémicos; que a medida que trasciende el tiempo, la progresiva demanda de territorio para el desarrollo de las actividades humanas sumado a una inadecuada planificación ambiental del territorio y alta demanda de recursos naturales, generan una presión sobre estos (agua y flora), que se manifiesta en problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, con sus graves consecuencias para los usuarios y los ecosistemas (Ecuador", 2017).

Colombia no está exento a estas problemáticas de detrimento de la calidad ambiental de los principales cursos hídricos de mayor importancia económica, ambiental y social del territorio, tales son los casos de los ríos Magdalena y Cauca que en su recorrido a lo largo del país, han sufrido de manera constante problemáticas ambientales en cuanto a su calidad debido a la inadecuada planeación del territorio y el incumplimiento de las normativas ambientales según el uso propuesto, en los que se ha logrado intensos esfuerzos por disminuir estas problemáticas que afectan a todos; pero parece que lo que se hace es intensificar aún más la situación.

A nivel local, el balneario Hurtado perteneciente al río Guatapurí como principal atractivo turístico de la ciudad de Valledupar, está expuesto de manera constante a afectaciones en cuanto a su calidad ambiental previstas para su uso recreativo, debido al incremento de turistas que a lo largo del año visitan este lugar. (Valledupar, 2016). Lo anteriormente mencionado ha adquirido importancia con respecto a los impactos ambientales negativos que generan las actividades antropogénicas tales como el turismo y el comercio, han conllevado a un aumento

progresivo de los residuos, acompañado de su mal manejo que puedan ser propensos a ser depositados tanto en el cauce del río como en las zonas ribereñas; lo que ocasionaría que alteren las características físico químicas tales como materia orgánica, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, pH, etc. de las zonas del río que son utilizadas por los bañistas.

Además; la presencia de ciertos sectores productivos primarios como fincas agrícolas y ganaderas aledañas inciden en cierta medida en la pérdida de las condiciones óptimas en cuanto a la calidad ambiental del balneario Hurtado por el aporte de microorganismo patógenos tales como coliformes fecales, que por acción de escorrentía se vierten al cauce; acompañado de las concesiones hídricas para sus distritos de riego, que logran de cierta manera alterar el equilibrio ecológico del sistema acuático afectando la biodiversidad de la zona.

Otro aspecto que influye en el equilibrio ecológico y por ende en la biodiversidad es la alteración de las características naturales que, en los últimos años ha sufrido el balneario Hurtado a través de construcciones civiles como gaviones que controlan la erosión, el parque lineal, las ciclo rutas, playas artificiales; así como las construcciones ilegales de playones para fines comerciales y económicos, lo que provoca la disminución del ancho del cauce natural y afectaciones en el bosque de ribera.

Ante las situaciones demarcadas dentro del problema, cabe destacar que, debido al poco control y estudios ambientales por parte de las autoridades competentes en esta zona, que permitan conocer la calidad del agua con fines recreacionales que debe de cumplir el balneario Hurtado con base al decreto 1076 de 2015 en su artículo 2.2.3.3.9.7 del Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible de Colombia; se ha de brindar un significado de mayor relevancia bajo el carácter ambiental a la situación planteada, que a su vez carece de una cultura ambiental de cuidado (preservación y conservación) de los visitantes y propios de la ciudad de Valledupar.

Como punto de desarrollo de este proyecto para determinar la calidad ambiental de balneario Hurtado del río Guatapurí; se pretende utilizar los aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona por medio del método de índice de Bosque de Ribera, que indica el diagnóstico de los principales problemas que afectan a las riberas, concretando las deficiencias observadas en la estructura y funcionamiento dinámico del sistema ripario (GONZÁLEZ Marta, 2006); así como el índice de Hábitat Fluvial que evalúa la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad que contribuyen a incrementar la diversidad del hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre ellos materiales de origen alóctono y autóctonos (OCAMPO ZAMORA, 2013); y por último el índice BMWP que establece el aprovechamiento de los macroinvertebrados acuáticos disponibles en la zona para determinar la calidad del agua (Roldan, 2003). Además, se complementó con el estudio de la calidad físico química y microbiológica de las aguas tales como alcalinidad total, conductividad, dureza total, dbo5, oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, temperatura, solidos suspendidos totales, fósforo, tensoactivos y compuestos fenólicos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El balneario Hurtado perteneciente al río Guatapurí como principal atractivo turístico de la ciudad de Valledupar, está expuesto de manera constante a afectaciones en cuanto a su calidad ambiental, debido al incremento de turistas que a lo largo de los años visitan este lugar. Lo anteriormente mencionado ha adquirido importancia con respecto a los impactos ambientales negativos que generan las actividades antropogénicas tales como el turismo y el comercio, han conllevando a un aumento progresivo de los residuos, acompañado de su mal manejo que puedan ser propensos a ser depositados tanto en el cauce del río como en las zonas ribereñas; lo que ocasiona que se alteren las características físico químicas tales como materia orgánica, solidos suspendidos, oxígeno disuelto, pH, etc. de las zonas del río que son utilizadas por los bañistas.

Además; la presencia de ciertos sectores productivos primarios como fincas agrícolas y ganaderas aledañas inciden en cierta medida en la pérdida de las condiciones óptimas en cuanto a la calidad ambiental del balneario Hurtado por el aporte de microorganismo patógenos tales como coliformes fecales, que por acción de escorrentía se vierten al cauce; acompañado de las concesiones hídricas para los distritos del riego, que logran de cierta manera alterar el equilibrio ecológico del sistema acuático afectando la biodiversidad de la zona.

Otro aspecto que influye en el equilibrio ecológico y por ende en la biodiversidad es la alteración de las características naturales que, en los últimos años ha sufrido el balneario Hurtado a través de construcciones civiles como gaviones que controlan la erosión, el parque lineal, las ciclo rutas, playas artificiales; así como las construcciones ilegales de playones para fines comerciales y económicos, lo que provoca la disminución del ancho del cauce natural y afectaciones en el bosque de ribera.

Ante las situaciones demarcadas dentro del problema, cabe destacar que, debido al poco control y estudios ambientales por parte de las autoridades competentes en esta zona, que permitan conocer la calidad del agua con fines recreacionales que debe de cumplir el balneario Hurtado con base al artículo 2.2.3.3.9.7 del Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; se ha de brindar un significado de mayor relevancia bajo el carácter ambiental a la situación planteada, que a su vez carece de una cultura ambiental de cuidado (preservación y conservación) de los visitantes y población de la ciudad de Valledupar.

Como punto de desarrollo de este proyecto para obtener la calidad ambiental de balneario Hurtado del río Guatapurí; se pretende utilizar los aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable para evaluar la calidad ambiental de las riberas por medio del método de índice QBR; así como la capacidad del hábitat físico que albergue una diversidad de comunidades biológicas que lo ocupan utilizando el método de índice IHF; y por último en el aprovechamiento de los macroinvertebrados acuáticos disponibles en la zona para determinar la calidad del agua del balneario Hurtado utilizando el método BMWP.

1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál será la calidad ambiental del Balneario Hurtado – río Guatapurí, si se implementan los índices biológicos BMWP/COL, IHF, QBR; y los índices de contaminación ICO a partir de los parámetros físicos químicos?

2. JUSTIFICACIÓN

El recurso hídrico en Colombia es uno de los recursos naturales del país que cuenta con un mayor interés en cuanto a la implementación de controles legales que aseguren la conservación y protección del agua de forma que; a las futuras generaciones se les pueda asegurar la satisfacción de sus necesidades entorno a este recurso sin deslindar las necesidades que los sistemas productivos y económicos tiene en las fuentes hídricas en pro de cumplir con el desarrollo sostenible. A partir de esto se hace necesario en el país todo un sistema complejo de leyes, mecanismos, tecnologías y estudios que permitan asegurar, controlar y comprobar el cumplimiento de este objetivo por parte de las diferentes autoridades ambientales nacionales (Minambiente), regionales (CARS) y locales (alcaldías, gobernación) como principales actores de regulación, vigilancia, pues son los encargados de la administración de los recursos naturales que son propiedad de la Nación.

Los diferentes permisos, concesiones y autorizaciones no regulados en temas de captaciones y vertimientos que las autoridades ambientales han otorgado sobre el recurso hídrico de los ríos en Colombia sumado a la creciente eliminación de la cobertura boscosa de las zonas ribereñas que, según el artículo 3 del Decreto 1449 de 1977 (República de Colombia, 1977), en una franja por lo menos 30 metros a partir de la cota máxima de inundación; son consideradas como áreas forestales protectoras, reafirmado en el artículo 204 del Decreto 2811 de 1974 el cual dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, aseverando que estas áreas deben ser conservadas permanentemente con bosques naturales o plantados para la protección de los recursos naturales renovable (agua); además surge un problema adicional asociado a la contaminación generada por los residuos sólidos arrojados a los cursos de agua en zonas de uso turístico o recreacional; toda esta situación ha generado la disminución de la calidad ambiental de los servicios ecosistémicos de los ríos del país. (Posada Marta, 2015)

El departamento del Cesar se caracteriza por una economía basada en la agricultura, ganadería y en los últimos años una fuerte influencia del turismo motivada por la expansión de la música vallenata que le ha dado reconocimiento a la capital del departamento convirtiéndola en un sitio turístico de Colombia; hecho que ha permitido que lugares emblemáticos de la ciudad como el río Guatapurí en su balneario Hurtado sufra modificaciones de sus condiciones naturales tanto de ribera como de calidad hídrica provocado por el uso de este recurso de contacto directo o recreacional, lo que ha incitado a las autoridades construir obras que garanticen la seguridad a los bañistas como los gaviones, que, de forma directa la actividad recreacional del río ha provocado ciertas alteraciones por los residuos sólidos dispuestos en el agua por parte de los visitantes, sin presencia notable de controles de las autoridades como CORPOCESAR o la alcaldía municipal en disminuir estas acciones que ejercen deterioran la condición ambiental.

Por lo anteriormente expuesto; una de las principales finalidades que conllevaron al desarrollo de esta investigación son: inventariar los macroinvertebrados dulceacuícolas, con la intención de evaluar la calidad del agua aplicando el índice BMWP/COL; realizar un listado de especies de vegetación o flora disponible a lo largo del bosque ripario existentes en las orillas de dicho río dentro del tramo de estudio, con la finalidad de evaluar el estado de la misma con el índice de bosque de ribera (QBR); además, evaluar las condiciones de albergue o hábitat para las especies acuáticas que influyan en su desarrollo o supervivencia, que conlleve a establecer la calidad del curso hídrico a partir de las características del hábitat fluvial para especies autóctonas acuáticas usando el índice de hábitat fluvial (IHF). El interés por diagnosticar la calidad ambiental del balneario fue motivado, por situaciones como las siguientes:

- a. En el balneario Hurtado solo existe un estudio realizado durante el año 2010, por lo que no existe un estado de arte significativo que evidencie la condición

de la calidad del agua de este tramo del afluente. Usualmente la determinación de calidad en una fuente hídrica, se realiza con parámetros fisicoquímicos, pero en este caso se pretende implementar una evaluación aplicando el método BMWP/Col que permita establecer su calidad, se complementó con parámetros fisicoquímicos para evaluar el estado ambiental de los tramos. Con los resultados alcanzados se logró conocer que, la actividad del uso recreacional del balneario está generando impacto.

- b.** Los resultados de este estudio proporcionan información acerca de las condiciones del agua en el que se recrean los valduparenses y turistas, logrando que, simplifique las actividades de campo y laboratorio, ya que solo requiere de la identificación y la cuantificación de los organismos, basados en el índice BMWP/COL que califica la calidad del agua.
- c.** A partir de la implementación de los sistemas de biomonitoreo ambiental con macroinvertebrados acuáticos, proporciona ventajas debido a que, son abundantes, fáciles de recolectar y tienen el suficiente tamaño para ser observados sin necesidad del estereoscopio, o cuando menos se prescinde de infraestructura sofisticada (Rosemberg, 1996):
- d.** El río Guatapurí no cuenta con un plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas POMCA en donde se contemple el uso recreacional del afluente. Adicionalmente, este uso con el que cuenta este tramo del río Guatapurí motiva la adecuación de espacios que garanticen seguridad y comodidad a los bañistas, lo que provoca un impacto a las condiciones naturales del río (erosión progresiva, acumulación de residuos sólidos en zonas inapropiadas, disminución de la población acuática, reducción del espacio del bosque ripario, el cauce natural del río).
- e.** Se ha podido observar que, por ausencia de educación ambiental y de infraestructuras para el depósito de residuos sólidos, estos llegan al río ya sea por acción del viento o por los bañistas, los cuales, son arrastrados por la corriente, lo que provoca el incremento de las concentraciones de contaminantes y materia orgánica que afecta su calidad hídrica.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – Río Guatapurí utilizando los Índices biológicos BMWP/Col, de Bosque De Rivera (QBR) e Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y análisis de los parámetros fisicoquímicos en la ciudad de Valledupar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las especies de macroinvertebrados acuáticos y vegetación ribereña del curso hídrico del Balneario Hurtado – Río Guatapurí
- Determinar los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, temperatura, Solidos Suspendidos Totales, fósforo, Tensoactivos y Compuestos Fenólicos) de muestras de agua extraídas en el curso hídrico del balneario.
- Implementar los índices de bosque de ribera (QBR), hábitat fluvial (IHF), biológico BMWP/Col y el índice de contaminación ICO
- Evaluar la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – Río Guatapurí a partir de los resultados de los índices QBR, IHF, BMWP/Col e ICO en comparación con los estándares de normatividad ambiental vigente.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- Quintero Payan Alex Camilo (2017). *Tesis de grado. Integración de índices de calidad de hábitat con modelos físico químicos y ecológicos orientados a la recuperación del ecosistema acuático del Rio Meléndez bajo el marco de acción de proyecto corredor verde de Cali.* Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Departamento de ciencias ambientales, programa de ingeniería ambiental. Cali. Pág. 119.

Se evaluó la calidad de agua mediante la aplicación de índices de calidad y contaminación del ecosistema usando parámetros físico – químicos e hidrobióticos (macroinvertebrados acuáticos) en la cuenca media y baja del río Meléndez. Se evaluaron 5 estaciones para el estudio de la calidad del bosque de ribera mediante la aplicación del índice QBR y 4 estaciones para el estudio de la calidad física – química y microbiológica haciendo uso de los índices de calidad propuestos por la NATIONAL SANITATION FUNDATION y los índices de contaminación de las aguas. Mediante el estudio de la composición, estado y densidad del bosque de ribera se determinó que en la cuenca media existe una alteración importante en el bosque y en la parte baja la degradación es extrema. En cuanto a los parámetros físico – químicos los resultados son: buenos niveles OD (7,21mg/L en cuenca media y 6,6mg/L en cuenca baja), pH muy cercano a la neutralidad, DBO5 y DQO con valores no superiores a 12mg/L, coliformes fecales con altos niveles en la cuenca baja (66000UFC), indicando un grado de contaminación en la cuenca baja del río. Por otra parte, se encontraron 7 familias diferentes de macroinvertebrados acuáticos, lo cual indica según el índice de BMWP/COL que el río presenta aguas muy contaminadas en el tramo final del río debido a las descargas de las aguas residuales. Los parámetros físicos – químicos medidos y las familias de macroinvertebrados acuáticos como Hydropsychidae, Elmidae y Megapodagrionidae presentan buenas correlaciones según el análisis de

correspondencia canónica donde se presentan asociaciones en el X con el pH (0,940) y el OD (0,919) mientras que en el eje Y se presentó una fuerte correlación con el DBO (0,819). El modelo muestra que los vertimientos más importantes sobre la cuenca baja del río se dan por la descarga de la unidad residencial Ciudadela del Río y el canal ingenio, mostrando que el río presenta un déficit de OD hasta la descarga de la unidad y de ahí en adelante presenta una recuperación de oxígeno que no llega a cumplir con los objetivos de calidad planteados por la autoridad ambiental (OD: 4mg/L).

- Posada, Martha Isabel. Arroyave Maya, María del Pilar. (2015) *Análisis de la calidad del retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río la miel, caldas, Colombia*. Revista de Escuela de Ingeniería de Antioquia – Escuela de Ingeniería de Antioquia, Envigado. Vol. 12 Edición No. 23. Pág. 117 – 128.

El índice de calidad del bosque de ribera (QBR) fue estudiado con el fin de aplicarlo en la cuenca de un río interandino tropical. Dado que el QBR fue desarrollado para la evaluación de la calidad de los retiros ribereños de ríos mediterráneos, fue necesario adaptarlo para su aplicación en el trópico. Con este índice se evaluaron 50 tramos a lo largo de 20 km de la zona baja de la cuenca del río La Miel, Caldas, Colombia. Se encontró que el 86 % del área de estudio presentaba una calidad no óptima, donde la cobertura vegetal es pasto principalmente. Solo un 14 % del área presentó una cobertura de bosque natural con buena conectividad. Se caracterizó la vegetación natural de la zona y con base en estos resultados se propusieron cinco estrategias de restauración ecológica: franja de protección de orillas, arreglos agrosilvopastoriles, asistencia a la regeneración natural, enriquecimiento de rastrojos y conservación de bosques.

- Morales Vega, Andrea Paola. Soto Trespalacios, María Angélica (2015). *Tesis de grado. Evaluación de la calidad del agua del río Badillo, en el balneario La Vega – Cesar, implementando los índices BMWP e ICO para*

Colombia. Universidad Popular del Cesar, Facultad de Ingenierías y Tecnológicas, Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

En el presente estudio se realizó la evaluación de la calidad de agua del río Badillo a la altura del balneario La Vega, utilizando para ello macroinvertebrados acuáticos, los cuales son referenciados como bioindicadores de calidad de agua de acuerdo al índice biológico BMWP/COL, estableciendo además las componentes físico químicos y biológicos del río, antes y después de la zona del balneario, así como también las áreas de uso recreacional. Como complemento al análisis biológico del ecosistema estudiado se emplearon los índices de contaminación ICO/COL, los cuales puntualizaron los posibles problemas ambientales desde un punto de vista físico – químico y microbiológico para visualizar una perspectiva integradora del impacto generado o que se podría generar y así cualificar las medidas ambientales que generarían los cambios pertinentes para la mejora continua en el área de influencia.

- Bustamante Toro, Cesar A; Corredor Coy, Nancy V; Marín Villegas, Nidia C (2011). *Estudio de la Calidad Ambiental en la Quebrada La Florida, Unidad de Manejo de Cuencas del Río Quindío*. (Armenia – Quindío, Colombia). Revista de Asociación Colombiana de Ciencias. Vol. 23 pág. 65 – 76.

Se estudió la calidad ambiental de la quebrada La Florida entre febrero y junio de 2009. Para ello se establecieron seis estaciones de muestreo donde se recolectaron macroinvertebrados y muestras de agua para análisis físico – químicos y bacteriológicos; a estas variables se les realizó un análisis descriptivo y multivariado de componentes principales. Para la evaluación del estado ecológico se aplicaron los índices bióticos BMWP/COL y ASTP; los índices de contaminación acuáticos (ICOMI, ICOMO, ICOSUS); y la evaluación de hábitat fluvial (IHF) y la comunidad vegetal de ribera (QBR - AND). Según los resultados, los índices bióticos indican que la quebrada; (1) buena calidad, (2 y 3) levemente contaminadas y (4, 5 y 6) medianamente contaminadas. Los índices (ICA); muestran que las aguas están medianamente contaminadas por materia orgánica y baja contaminación por

mineralización y sólidos suspendidos. Con respecto a los índices de calidad ecológica de ríos andinos el QBR-And; vegetación ribereña en las estaciones de muestreo ligeramente perturbada excepto la estación 4 que presenta una alteración importante. El IHF; (1, 2 y 3) hábitat medianamente diverso y (4, 5 y 6) presentan poca heterogeneidad de hábitat fluvial para el desarrollo de comunidades bénticas.

- Martínez García, Nicolás (2010). *Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del balneario Hurtado – río Guatapurí, Valledupar – Cesar*. Universidad Industrial de Santander UIS, Decanato de Ciencias Básicas, Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental.

Entre junio y septiembre, temporada seca y de lluvias, de 2009 se realizó un estudio Limnológico en el Balneario Hurtado, Rio Guatapurí de la ciudad de Valledupar, en siete estaciones. El objetivo principal del estudio fue evaluar la calidad del agua del Balneario Hurtado, rio Guatapurí, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua y además revalidar los resultados obtenidos a través de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y aplicar los índices de contaminación ICO/Col, que posteriormente permitirán concluir si este balneario cumplen con los criterios de calidad estipulados en el decreto 1594 de 1984 para su destinación como un recurso recreativo de contacto primario y secundario. La colecta muestral de macroinvertebrados acuáticos se llevó a cabo en los micro hábitats según el método Kick Sampling (Fide, 1989), la cual se caracterizó en campo y se confirmó en el laboratorio utilizando estereoscopio, los datos registrados se utilizaron para aplicar el índice BMWP/Col. Como lo sugiere Roldán, 2003. En cuanto los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se tomaron una muestra simple en cada estación. Los resultados obtenidos revelaron que todas las estaciones muestreadas, según los valores arrojados por del índice BMWP/Col, corresponden a aguas muy limpias. Según las variables fisicoquímicas estudiadas y a las microbiológicas se pudo determinar que: Est. (4, 5, 6, 7) hubo un incremento de los valores de coliformes totales (NMP) en comparación con las Est. (1, 2, 3);

esto es debido principalmente a la actividad recreacional que se lleva a cabo en el balneario y por la materia orgánica que en este se deposita por los bañistas incrementando a si el crecimiento de microorganismos bacterianos influyentes en la calidad del agua.

4.2. MARCO TEORICO

4.2.1. Índice de Bosque de Ribera (QBR):

El QBR es un índice de aplicación rápida y sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas. Se estructura en cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes y atributos del sistema (Posada Marta, 2015):

- En la primera sección (**grado de cobertura vegetal natural de la zona ribereña**) la calidad del ecosistema ribereño disminuye a medida que se pierde la vegetación nativa y la conectividad con los ecosistemas adyacentes.
- La segunda sección evalúa la **estructura de la cobertura vegetal**, mediante el análisis de similitud entre la cobertura vegetal existente y la vegetación que debería estar presente de manera natural en la zona ribereña.
- La tercera sección evalúa la **calidad de la cobertura vegetal**, y hace referencia específicamente a su naturalidad y complejidad. La naturalidad está relacionada con las especies arbóreas nativas que se tendrían que encontrar en una situación sin alteración de ribera, y la complejidad incluye diferentes elementos como la continuidad a lo largo del río de las comunidades vegetales naturales, la disposición en galería de las diferentes comunidades o la existencia de distintas especies arbóreas y arbustivas.

- La cuarta sección califica el **grado de alteración del canal fluvial**, teniendo en cuenta no solo las modificaciones en el lecho de la corriente, sino también, las alteraciones en las riberas.

Cada bloque recibe una puntuación entre 0 y 25, y la suma de los cuatro bloques da la puntuación final del índice, que expresa el nivel de calidad de la zona de estudio. En la puntuación del QBR suman todos los elementos que aportan cierta calidad al ecosistema de ribera, y resta todo aquello que supone un distanciamiento respecto a las condiciones naturales. El QBR es pues una medida de las diferencias existentes entre el estado real de las riberas y su estado potencial, de modo que el nivel de calidad es máximo sólo cuando las riberas evaluadas no presentan alteraciones debidas a la actividad humana. (Posada Marta, 2015)

Tabla 1. Niveles de calidad del bosque de ribera.

NIVEL DE CALIDAD	PUNTAJE QBR	COLOR RESPECTIVO
Bosque de rivera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural.	≥ 95	Blue
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena.	75-90	Green
Inicio de alteraciones importantes, calidad intermedia.	55-70	Yellow
Alteración fuerte, mala calidad.	30-50	Orange
Degradación extrema, calidad pésima.	≤ 25	Red

Fuente. (Munné A. C., 1998)

Según Marta Posada y María Arroyave (2015), el índice QBR puede ser adaptado fácilmente a las condiciones locales para evaluar la calidad del bosque ribereño, en las que; a partir del análisis del estado del ecosistema en cada uno de los componentes evaluados se podrían diseñar diferentes estrategias de manejo y restauración del mismo, con las cuales se pretende brindar no sólo beneficios ecológicos y de servicios ambientales de los bosques, sino también sociales y económicos al proponer especies que puedan ser utilizadas por las comunidades que hagan uso de este recurso en la zona.

De cierto modo, afirma Marta González (2006) que el QBR es un índice que valora la calidad ambiental de las riberas a través de los procesos y la dinámica riparia, en contraste con otros métodos centrados casi exclusivamente en la valoración del estado actual de la cubierta vegetal. La vegetación es considerada en el QBR un elemento dinámico de la estructura de las riberas, cuya “salud” debe estimarse no solo a partir de su composición y estructura actual, sino considerando también otros factores que determinan su persistencia en el tiempo, como son las dimensiones del espacio Ripario, la tasa de regeneración natural ligada al régimen de caudales y conectividad transversal del cauce con su ribera, o la conectividad vertical del suelo Ripario con el medio hipérico, que puede condicionar los niveles de humedad edáfica requeridos por las especies presentes.

4.2.1.1. Bosques secos tropicales en Colombia.

El bosque seco tropical (**BST**) es propio en tierras bajas y se caracteriza por presentar una fuerte estacionalidad de lluvias. En Colombia se encuentra en seis regiones: el Caribe, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, la región NorAndina en Santander y Norte de Santander, el valle del Patía, Arauca y Vichada en los Llanos. (Pizano, y otros, 2014)



Ilustración 1. Bosque seco tropical en Colombia
Fuente. (Pizano, y otros, 2014)

Originalmente este ecosistema cubría más de 9 millones de hectáreas, de las cuales quedan en la actualidad apenas un 8%, por lo cual es uno de los ecosistemas más amenazados en el país. Esto se debe a que el bosque seco existe en zonas con suelos relativamente fértiles, que han sido altamente intervenidos para la producción agrícola y ganadera, la minería, el desarrollo urbano y el turismo. Esta transformación es nefasta para la biodiversidad asociada al bosque seco y los servicios que presta este bosque. (Pizano, y otros, 2014)

De hecho, los análisis del mapa de distribución del BST en el país indican que el 65% de las tierras que han sido deforestadas y eran bosque seco presentan desertificación. Esto quiere decir que esas tierras están tan degradadas que ya la producción agrícola o ganadera, es insostenible. Lo más preocupante es que tan sólo el 5% de lo que queda, es decir el 0.4% de lo que había, está presente en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). De ahí que el Ministerio del Medio Ambiente lo haya declarado como un ecosistema estratégico para la conservación, y el interés del Instituto Humboldt de trabajar en su estudio y conservación. La mayor cobertura de bosque seco natural y transformado del país se encuentra en la región Caribe (Magdalena, Bolívar, Sucre, Cesar, La Guajira, San Andrés y Providencia), pero hay zonas como el Patía donde la cobertura restante de bosque seco es mínima. Dado que la gran mayoría de la cobertura actual de bosque seco se encuentra en fincas y propiedades privadas productivas, es urgente hacer un gran esfuerzo de vincular y motivar a los diferentes sectores para asegurar la conservación de lo poco que queda de este bosque. (Pizano, y otros, 2014)

El BST tiene una biodiversidad única de plantas y animales que se han adaptado a condiciones de estrés hídrico, por lo cual presenta altos niveles de endemismo. Es decir que contiene especies que no se dan en ningún otro tipo de ecosistema. Por ejemplo, la vegetación del bosque seco tropical se caracteriza por estar adaptada al déficit de agua con estrategias como la pérdida de hojas durante la época de

sequía. Además, presenta modificaciones físicas en su estructura como hojas compuestas pequeñas, cortezas de troncos lisas y presencia de agujones o espinas. Otros organismos como los insectos y los mamíferos, presentan particularidades fisiológicas como adaptación a la fuerte estacionalidad y largos periodos de sequía. En los estudios que se han hecho hasta el momento, se ha reportado que los bosques secos de Colombia tienen casi 2600 especies de plantas de las cuales 83 son endémicas, 230 especies de aves de las cuales 33 son endémicas, y 60 especies de mamíferos de los cuales 3 son endémicos. El Bosque Seco Tropical presta además servicios fundamentales para las comunidades humanas como la regulación hídrica, la retención de suelos, y la captura de carbono que regula el clima y la disponibilidad de agua y nutrientes. Finalmente, los bosques secos suministran especies de leguminosas forrajeras, ornamentales y frutales importantes para el sustento y el bienestar de los pobladores aledaños a ellos. Por su ubicación dentro de mosaicos de paisajes dominados por zonas agrícolas y ganaderas, estos bosques secos brindan la posibilidad de mantener especies de insectos que ayudan en el control de plagas y vectores de enfermedades. (Pizano, y otros, 2014)

4.2.2. Índice de Hábitat Fluvial IHF

Este índice evalúa la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad que contribuyen a incrementar la diversidad del hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre ellos materiales de origen alóctono y autóctonos. (Ocampo Zamora, 2013)

El índice de hábitat fluvial consta de siete bloques o apartados en los que se valora de manera independiente la presencia de distintos componentes en el cauce fluvial, entre ellos aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente. Entre ellos, la frecuencia de rápidos, la existencia de distintos regímenes de

velocidad y profundidad, el grado de inclusión y sedimentación en pozas, y la diversidad y representación de sustratos (Según FOX, 1996, aclara que la vegetación acuática autóctona de los ríos está determinada por las condiciones de exposición a la luz, hidrología, nutrientes y la existencia de un sustrato apropiado). También se evalúa la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad, que contribuyen a incrementar la diversidad de hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre ellos materiales de origen alóctono (hojas, madera) y de origen autóctono, como la presencia de diversos grupos morfológicos de productores primarios. La puntuación final del índice es el resultado de la suma de la puntuación obtenida en cada uno de los bloques y nunca puede ser mayor que 100. (Palma Alejandro, 2009)

Tabla 2. Rango de calidad del índice IHF

Puntuación	Nivel de Calidad
>75	Hábitat fluvial óptimo
51 - 74	Hábitat fluvial medianamente diverso
40 – 50	Hábitat fluvial poco diverso
<40	Hábitat fluvial con serias limitaciones

Fuente: (Ocampo Zamora, 2013)

El IHF se relaciona de forma positiva con otras variables utilizadas en la determinación del estado ecológico, implicando relaciones de interdependencia ya conocidas. Las condiciones del hábitat son el resultado de las interrelaciones complejas entre los factores hidromorfológicos y las alteraciones antropogénicas del paisaje (Gregory et al., 1991), habiendo ejercido estas últimas una gran influencia en la zona mediterránea. La evaluación de la calidad del hábitat permite detectar impactos en la estructura del hábitat, y en último término, sobre las comunidades acuáticas (Barbour & Stribling, 1994). En este estudio, se han encontrado relaciones de dependencia positiva entre los valores del IHF, y el número de familias de invertebrados y su calidad biológica, con independencia del efecto de la alteración de la composición química del agua debida a la contaminación. Las relaciones entre la complejidad estructural del hábitat físico y la diversidad de especies, son un

aspecto interesante a analizar en el contexto de los ríos mediterráneos estudiados.
(Pardo I. e., 2004)

4.2.3. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) para Colombia:

4.2.3.1. ¿Qué son los macroinvertebrados acuáticos?

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista. (Roldán Pérez G. , 2016)

Según Roldán Pérez (2016) constata que; es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua.

De acuerdo con el conocimiento que se tenga de la fauna acuática en cada país, esta evaluación podrá hacerse en diferentes niveles de precisión. Los índices son una de las formas numéricas biológicas que generan información y criterios para la evaluación de la contaminación, basados en la integridad ecológica. Estos índices pueden ser unimétricos, multimétricos, multivariados y de rasgos biológicos. Los índices multimétricos combinan en una puntuación final el valor independiente de diversas métricas, que pueden ser simples o índices bióticos. (Roldán Pérez G. , 2016)

En contraste con la idea anterior; también asegura Silva Luz Andrea Silva (2015) que los macroinvertebrados comúnmente se encuentran en cuerpos de agua dulce como lagos, ríos y humedales. Se ubican principalmente debajo de rocas, entre la vegetación y raíces sumergidas, entre el lodo del fondo o incluso suspendidos o nadando en la superficie del agua.

4.2.3.2. ¿Por qué los macroinvertebrados son usados como indicadores de contaminación?: Los macroinvertebrados son uno de los grupos más útiles para la evaluación de la calidad biológica del agua, debido a las siguientes características (Silva, 2015):

- Son organismos que responden a cambios en las condiciones del ecosistema acuático.
- Su cantidad en el agua señala el grado de contaminación. En las aguas contaminadas los macroinvertebrados sensibles a la contaminación desaparecen y los más tolerantes abundan.
- Presentan muchas especies que no cambian fácilmente de hábitat y, por tanto, permiten indicar efectos de contaminación en el sitio de muestreo.
- Algunas especies de larga vida pueden indicar efectos de contaminación en el tiempo al cambiar de aspecto o mudarse a un nuevo hábitat.
- Tienen características biológicas y ecológicas conocidas.

Dentro del contexto de la temática, constata Silva (2015) que los macroinvertebrados que suelen ser usados son:

- ✓ **Insectos:** son animales de seis patas, con tubos traqueales para el intercambio de gases y un exoesqueleto duro. Es el grupo de animales con mayor número de especies de nuestro planeta, entre las que se encuentran moscas, libélulas, grillos, cucarachas, chinches, escarabajos, entre otros.

- ✓ **Moluscos:** son animales de cuerpo blando, por lo general protegido por una cubierta dorsal. Comprende almejas, ostras, pulpos, caracoles, babosas y calamares.
- ✓ **Crustáceos:** son animales que presentan un exoesqueleto duro y comúnmente cinco pares de patas ambulatorias. Son el alimento de muchos peces y otros animales. Comprenden langostas, cangrejos, camarones y especies afines.

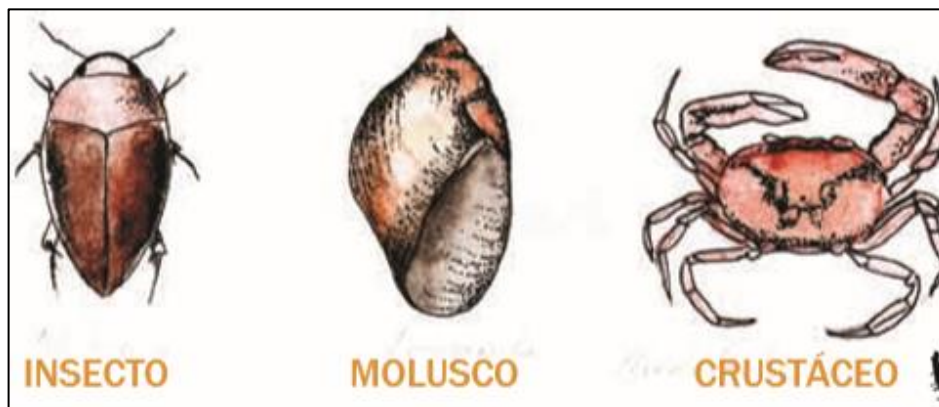


Ilustración 2. Macroinvertebrados usados para determinación de Calidad de Agua.
Fuente: (Silva, 2015)

4.2.3.3. Definición; Índice BMWP/COL: El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se necesita invertir. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de

1.0 (Armitage et al. 1983). La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP (Roldán Pérez G. , 2016).

La bioindicación en Colombia se remonta a los años setenta con los trabajos en el río Medellín (Roldán et al. 1973). Posteriormente Matthias & Moreno (1983) realizaron un estudio fisicoquímico y biológico del mismo río, utilizando los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Bohórquez & Acuña (1984) realizaron los primeros estudios para la sabana de Bogotá. (Zúñiga et al. (1993) hicieron una adaptación de este método para algunas cuencas del Valle del Cauca. Reinoso (1999) realizó un estudio del río Combeima en el Departamento del Tolima. Zamora (2000) hizo una adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. Roldán (2001) aplica esta metodología para la cuenca de Piedras Blancas en el Departamento de Antioquia. Riss et al. (2002) establecen valores de bioindicación para la Sabana de Bogotá. Roldán (2003) adapta el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia mediante el uso de los macroinvertebrados acuáticos. Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, propone utilizar el método BMWP/Col, como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos de montaña. (Roldán Pérez G. , 2016).

A continuación, se presentan la valoración de familias de acuerdo a los ecosistemas acuáticos a través de la experiencia de los estudios realizados anteriormente y recopilados por Roldán Pérez (2016):

Tabla 3. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnassiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentromidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente: (Roldán Pérez G. , 2016)

Además, se presentan los valores de calidad de agua según el método BMWP/COL y su significancia; propuestos por Roldán Pérez en el año 2003.

Tabla 4. Calidad Biológica del Agua – Índice BMWP/Col.

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col.	SIGNIFICADO
I	BUENA	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias.
II	ACEPTABLE	61-100	Aguas ligeramente contaminadas.
III	DUDOSA	36-60	Aguas moderadamente contaminadas.
IV	CRÍTICA	16-35	Aguas muy contaminadas.
IV	MUY CRÍTICA	<15	Aguas fuertemente contaminadas.

Fuente: (Roldán P G. , 2003)

4.2.4. Aspectos físicos – químicos y microbiológicos de calidad de agua:

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua y en la presencia o ausencia de organismos acuáticos —que pueden ser de origen natural o antropogénico— define su composición física, química y microbiológica. (Barrenechea Martel, 2004)

4.2.4.1. ¿A qué se refiere con calidad del agua?

Según el químico Ada Barrenechea Martel (2004), el término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. Es importante anotar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminología empleadas. A continuación, se tratan en detalle las principales características fisicoquímicas y biológicas que definen la calidad del agua, el origen de los constituyentes, su importancia en la salud:

4.2.4.2. Parámetros físicos: Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. (Barrenechea Martel, 2004)

✓ **Turbiedad:** La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera); es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua

en menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

- ✓ **Sólidos suspendidos totales (SST):** Corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido. El residuo total del agua se determina a 103–105 °C.
- ✓ **Temperatura:** Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos.

4.2.4.3. Parámetros químicos: El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud. (Barrenechea Martel, 2004)

- ✓ **Alcalinidad:** Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad; la alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua.
- ✓ **Materia orgánica:** Las aguas naturales pueden llevar en suspensión sustancias orgánicas provenientes del lavado de los suelos (ácidos húmicos) o del metabolismo de los organismos que viven en ellos (urea, la cadaverina y la putrescina). Como es muy difícil determinar analíticamente la presencia de estas sustancias orgánicas en el agua, se han establecido métodos globales de determinación:
 - ✓ **Demanda Bioquímica de Oxígeno:** Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Se expresa en mg/L. El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una

muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20°C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO5.

- ✓ **Oxígeno Disuelto:** Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua. Puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación. La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua.
- ✓ **pH:** Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua. La medición del pH debe realizarse in situ, ya que puede sufrir variación importante en el transcurso del tiempo, debido a diversas causas, entre las cuales se encuentran la sobresaturación de CO₂, como consecuencia de la presencia de plantas acuáticas o su contenido en el aire, reacciones químicas, temperatura, etcétera.

4.2.4.4. Parámetros microbiológicos: En las aguas superficiales existe un grupo de organismos que actúan en los procesos de biodegradación. Este grupo está conformado principalmente por bacterias y hongos. Estos organismos transforman la materia orgánica muerta en compuestos inorgánicos simples. La biodegradación de la materia orgánica favorece la autodepuración de las aguas, que se produce cuando la materia está constituida por sustancias que pueden ser biodegradadas por los microorganismos responsables de esta actividad biológica. (Aurazo de Zumaeta, 2004)

Además de este tipo de microorganismos auto depuradores de agua; existen también bacterias patógenas de transmisión hídrica provienen de seres humanos y de animales de sangre caliente (animales domésticos, ganado y animales silvestres). Estos agentes microbianos llegan a los cursos de agua a través de las descargas de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente, drenaje de

lluvias, descargas de plantas de procesamiento de carne de ganado y de aves, escorrentías que pasan por los corrales de ganado; las bacterias patógenas que tienen un alto significado para la salud son el *Vibrio cholerae*, la *Escherichia coli* enteropatógena, la *Salmonella typhi*, la *Shigella*, el *Campylobacter jejune* y la *Yersinia enterocolitica*, entre otras. (Aurazo de Zumaeta, 2004)

- **Indicadores microbiológicos de calidad de agua:** La gran variedad de microorganismos patógenos que pueden encontrarse en una muestra de agua, así como la complejidad de la mayor parte de las técnicas de enriquecimiento y aislamiento e identificación, hacen inviable el control rutinario de todos estos microorganismos. Los que comúnmente se utilizan son los *coliformes totales* (capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas; se reproducen en el ambiente, no constituyen un indicador de contaminación fecal.). Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de *tubos múltiples* y la *de filtración con membrana*. (Aurazo de Zumaeta, 2004)

4.2.4.5. Evaluación de parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación ICO

ICOMI índice de contaminación por mineralización: En él se expresan numerosas variables, de las cuales se elegirá la Conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos, (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

ICOSUS índice de contaminación por sólidos totales: se determinará tan sólo mediante la concentración de sólidos totales suspendidos. Si bien esta variable presentará alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO) y con el amonio, se desagregará de las anteriores por cuanto estas últimas

corresponden con claridad a procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos bajo muchas circunstancias, podrían perfectamente hacer referencia tan sólo a compuestos inorgánicos. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

ICOMO: este índice se expresa en diferentes variables fisicoquímicas entre ellas: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como lo demuestra la ausencia de correlaciones entre ellas. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

ICOTRO: índice de contaminación por trofia, causado solo por fósforos totales. Se correlaciona tan sólo con el orto-fosfato; estos últimos forman parte del primero. Por ser usualmente el nutriente limitante, define el tipo de organismos vegetales que habrán de prevalecer, así como la eutrofización de los ecosistemas acuáticos. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

Los datos obtenidos se compararán con los rangos estandar preestablecidos por el metodo en la siguiente tabla para así concoder el tipo de calidad de agua según este indice.

Tabla 5. Escala del índice ICOTRO

Calidad de Agua	Fosforo total (mg/L)
Oligotrofia	<0,01
Mesotrofia	0.01-0.02
Eutrofia	0,02-1.00
Hipereutrofia	>1.00

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

ICOBIO índice Biótico: para estimarlo se tendrá en cuenta tanto los parámetros fisicoquímicos como también las taxas de macroinvertebrados acuáticos determinados; posteriormente, con estos resultados se harán comparaciones entre

dos estaciones, presencia ausencia de taxas, es decir, las que fueran comunes entre dos estaciones y luego comparando el número de las que fueran propias de cada estación. Este índice partirá del análisis comparativo de las comunidades entre dos estaciones y se realizará a través de índices de disimilaridad como el de Jaccar, 1908 o el de Bray-Curtis, 1957. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

A partir de los resultados que se obtienen de cada índice; se suman cada valor y es analizado según la siguiente tabla que determina el grado de contaminación de agua:

Tabla 6. Significancia de los índices ICO

ICO	Grado de Contaminación	Escala de Color
0 - 0.2	Ninguna	
0.2 - 0.4	Baja	
0.4 - 0.6	Media	
0.6 - 0.8	Alta	
0.8 - 1	Muy Alta	

Fuente. (Fernández, Ramos, & Solano, 2005)

4.2.5. Tipos de Muestreo de Aguas Superficiales

Antes de iniciar el muestreo es importante tener claramente definido la forma como serán tomadas las muestras, revisando detalladamente el presupuesto, el personal con se cuenta y su disponibilidad, la capacitación del personal, el transporte, los costos de inversión, los costos de operación y mantenimiento, la vida útil de los equipos, los requerimientos de energía y espacio y la disponibilidad de los mismos, entre otros (Rodier, 2011). Existen muestreos manuales y automáticos.

- **Muestreo manual:** El muestreo manual se realiza cuando se tienen sitios de fácil acceso o aquellos que por medio de ciertas adaptaciones puedan facilitar la toma de muestras. La ventaja de este tipo de muestreo es permitir al encargado de tomar la muestra, observar los cambios en las

características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor, aumento o disminución de caudales, etc. (Rodier, 2011)

- **Muestreo automático:** El muestreo automático es aconsejable cuando los sitios son de difícil acceso o cuando se justifica y se tiene la facilidad de contar con un muestreador automático. Tiene como ventaja más precisión en la toma de muestras y como desventaja la complejidad de su montaje y calibración, además de que requieren revisiones continuas para evitar atascamientos u otras fallas. (Rodier, 2011)

En la actualidad se pueden poner en marcha programas de muestreo que involucren la utilización de los dos tipos de muestreo (muestreo mixto), convirtiendo el monitoreo en un sistema integrado que permite la verificación manual de los resultados obtenidos de forma automática. Dicha verificación es realizada aleatoriamente, de tal manera que se pueda realizar la calibración, ajuste y mantenimiento de los equipos automáticos.

4.2.6. Tipos de Muestras y Frecuencia de Muestreo

Existen tres tipos de muestra: puntual, compuesta e integrada. (Rodier, 2011)

- **Muestra puntual:** Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento. (Rodier, 2011)
- **Muestra compuesta:** Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcional al caudal durante el periodo de muestras. (Rodier, 2011)
- **Muestra integrada:** La muestra integrada es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra

ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad. (Rodier, 2011)

La frecuencia de muestreo va a depender del tipo de cuerpo de agua que se pretenda monitorear, así como de los objetivos que se persigan.

4.2.7. Toma de muestras

- **Medición de parámetros en campo:** La medición de parámetros en campo (pH, OD, Conductividad, Turbidez y Temperatura) se realiza generalmente mediante equipos portátiles, tales como sondas multiparamétricas, pH metros y conductímetros. Para la captura de los datos de campo es necesario seguir las indicaciones de revisión y calibración de los equipos y diligenciar completamente la información requerida en el formato de captura de datos de campo, el cual varía según el tipo de agua a muestrear. (IDEAM, 2010)

Todos los parámetros tomados en campo deberán quedar consignados en el formato de captura de datos de campo inmediatamente se realicen las correspondientes mediciones. Los parámetros insitu deberán ser tomados de las muestras puntuales dado que la representatividad de éstos, se pierde si se toman de muestras compuestas o integradas. (IDEAM, 2010)

Aguas superficiales: En aguas superficiales (río, laguna, entre otros) el equipo (sondas multiparamétricas, pH metros y conductímetros) se sumerge directamente en la mitad de la sección transversal, a una profundidad entre 20 y 30 cm de la superficie, en una zona de poca turbulencia y se procede a la lectura. (IDEAM, 2010) Si esto no es posible, ya sea por la turbulencia o por la longitud del cable, se purga el muestreador, se toma una muestra, que se transfiere a un balde plástico evitando la agitación e inmediatamente se procede a la medición. (IDEAM, 2010) Es deseable que el valor de oxígeno disuelto se verifique con el método Winkler sobre al menos

una alícuota de otra porción de muestra, evitando la agitación y la formación de burbujas.

4.2.8. Procedimiento para la toma de muestra

En caso de que la muestra sea compuesta o integrada, se sugiere mantener los recipientes de las diferentes muestras puntuales, ubicados a la sombra y tapados para evitar alteraciones en las características de la muestra por elementos extraños. (IDEAM, 2010)

- **Muestras puntuales:** El procedimiento para la toma de muestras puntuales se podrá desarrollar a través de la utilización de un muestreador (agua superficial y subterránea) o de un balde (aguas superficiales y vertimientos). (IDEAM, 2010)
- **Muestras compuestas:** Este tipo de muestras se compone tomando y mezclando en un mismo recipiente un volumen (alícuota) de muestra que se calcula de la siguiente forma:

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p} \quad \text{donde:}$$

V_i	= Volumen de cada alícuota o porción de muestra,
V	= Volumen total a componer
Q_i	= Caudal instantáneo de cada muestra,
Q_p	= Caudal promedio durante el muestreo
n	= Número de muestras tomadas

Se recomienda exceder el volumen de muestra requerida en un 20%, con el fin de suplir posibles pérdidas o derrames en la manipulación. (IDEAM, 2010)

- **Muestras integradas:** Para el caso del muestreo integrado (aplicable a ríos de 10 a 100 metros de ancho), para la toma de las muestras puntuales es deseable el uso de un muestreador, de lo contrario se puede utilizar un balde. Se usa el método del incremento-de-ancho-igual (EWI) para obtener una

serie de muestras puntuales, cada muestra puntual representa un volumen de agua tomado a anchos iguales. (IDEAM, 2010)

Para emplear este método, se usa una cinta métrica para medir el ancho de orilla a orilla de la corriente en el canal; el ancho se divide en cuatro incrementos iguales, de manera que se obtengan 3 verticales para la toma de la muestra, esto es a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de la sección transversal del río. Luego se purga el muestreador y el recipiente para la integración de la muestra con agua del río. Para determinar el volumen que se debe tomar en cada vertical, el volumen total de muestra requerida se divide en tres partes iguales. (IDEAM, 2010)

4.2.9. Llenado de botellas

Se recomienda organizar el total de botellas a llenar por tipo de analito. Las botellas deben estar marcadas con un rótulo en el que se indica código de campo (preestablecido de acuerdo con el formato de captura de datos), sitio de muestreo, el método analítico a que va destinada cada muestra, el tipo de muestreo (puntual, compuesto o integrado), la preservación necesaria y la identificación en caso de que se trate de muestra de control, blanco, testigo o muestra adicionada. (IDEAM, 2010)

4.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Bioindicación:** es una técnica de evaluación ambiental que consiste en la utilización de organismos vivos, ya sean animales o vegetales, para medir y controlar la contaminación de un entorno determinado debido a que reaccionan de una manera concreta ante ciertos agentes contaminantes que determinan el tipo de contaminante y el grado de toxicidad a través de la asignación de valores numéricos correspondientes a esos efectos. (Sanz, 2002)

- **Bosque de ribera (retiro ribereño):** El retiro ribereño, también denominado corredor ribereño o Ripario, comprende la zona transicional entre un río, quebrada o corriente de agua (ecosistema acuático) y el ecosistema terrestre adyacente caracterizada por un nivel freático alto y es altamente influenciada por las fluctuaciones en los niveles de agua que cumple funciones como regulación hídrica, el mejoramiento de la calidad del agua, la estabilización de las bancas y los lechos de los canales, la conservación del suelo, la protección de la biodiversidad. (Posada & Arroyave, 2015)
- **Calidad ambiental:** El Observatorio Ambiental de la Unión Europea (2010) define la calidad ambiental como “el conjunto de propiedades, elementos o variables del medio ambiente, que hacen que el sistema ambiental tenga mérito suficiente como para ser conservado”. Las características propias del medio que por la acción de la naturaleza y el hombre preservan sus condiciones en niveles óptimos para la vida armónica de todos los seres vivos, razón por la cual, deben ser considerados prioridad de conservación para la humanidad (Rojas Benavides, 2011)
- **Calidad del agua:** Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito, determinado a partir de la comparación de las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices o estándares de su misma naturaleza. (Ambrose, y otros, 1997)
- **Cuenca hidrográfica:** se define como una unidad natural, cuyos límites físicos son definidos por la divisoria superficial de las aguas, también conocida como "parte aguas", que ante la ocurrencia de precipitaciones y la existencia de flujos o caudales base, permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos y embalses artificiales y naturales; desde la parte más

alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona de menor altitud.
(Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad, 2012)

- **Hábitat Fluvial:** Según Newson (2002) constituye el sistema hidro-fluvial que reúne la red de canales y los intercambios de energía, materia y biota al interior del sistema fluvial, con sus zonas aledañas, inundables y aguas subterráneas, donde también debe respetarse la continuidad del sistema en el tiempo y los atributos de esa continuidad, que son los regímenes de caudales y de sedimentos.
- **Indicador Ambiental:** Se puede definir como una medida directa o indirecta del estado de situación o condición de un fenómeno particular; corresponde a una o más variables combinadas, que adquiere a partir de una expresión sintética y específica, que señala una condición, característica o valor determinado en el tiempo (¿Cuándo?), en la cantidad (¿Cuánto?) y en la calidad (¿De qué tipo?) que logra entregar señales acerca de aspectos fundamentales o prioritarios (Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad, 2012)
- **Macroinvertebrados Dulceacuícola:** Son los macroinvertebrados que habitan en ambientes dulceacuícolas como aquellos invertebrados que se pueden ver a simple vista que son retenidos por una red de malla de aproximadamente 125µm. Estos ambientes dulceacuícolas pueden ser de aguas con corriente (incluye ríos y quebradas) y aguas sin corriente (incluye lagos, lagunas, pantanos). (Hanson, Springer, & Ramirez, 2010)
- **Servicios Ecosistémicos:** Los servicios ecosistémicos son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad. (FAO, 2018)

4.4. MARCO CONTEXTUAL

La ciudad de Valledupar es la capital del Departamento del Cesar Fundada por los conquistadores españoles el 6 de enero de 1550 y dominada por los pueblos indígenas de Aruhacos, Kogüi, Kankuamos, Wiwa y Yukpa. (Valledupar, 2016)

4.4.1. Posición geo – astronómica

Tabla 7. Posición geo – astronómica y límites del municipio de Valledupar.

POSICIÓN GEOASTRONOMICA	LIMITES
<p>LATITUD: 10°29'47" N LONGITUD: 73°15'11" O AREA: 4.192 Km² ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR: 165m TEMPERATURA PROMEDIO: 39°C.</p>	<p>NORTE: Departamento de la guajira y Magdalena. SUR: Municipio El Paso – Cesar ESTE: municipios de La Paz, San Diego y Manaure – Cesar OESTE: Municipios de Bosconia, Pueblo Bello y El Copey – Cesar</p>

Fuente: (Valledupar, 2016)

4.4.2. Característica geográfica, hidrológica, climática y paisajística

Se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m.s.n.m. al norte y 150 m.s.n.m. a sur, siendo la altitud media de 168 m.s.n.m. A nivel térmico, es la ciudad de Colombia con la temperatura media más elevada si se tienen en cuenta sólo las capitales departamentales según el IDEAM, (2005). Las precipitaciones son moderadas en torno a 1.000 mm anuales, repartidos entre abril y noviembre con máximas en mayo y octubre. Valledupar cuenta con todos los pisos térmicos, desde los picos nevados de la Sierra Nevada de Santa Marta y las alturas de la Serranía del Perijá hasta el fértil Valle bañado principalmente por los ríos Guatapurí, Badillo y Cesar. El valle del río Cesar pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical (Instituto Alexander von Humboldt. 1998). El territorio del municipio de Valledupar es regado por los ríos Cesar, Badillo, Guatapurí (con su afluente el río Donachuí), Ariguaní, Cesarito, Rio Seco, Diluvio y Mariangola. (Valledupar, 2016)

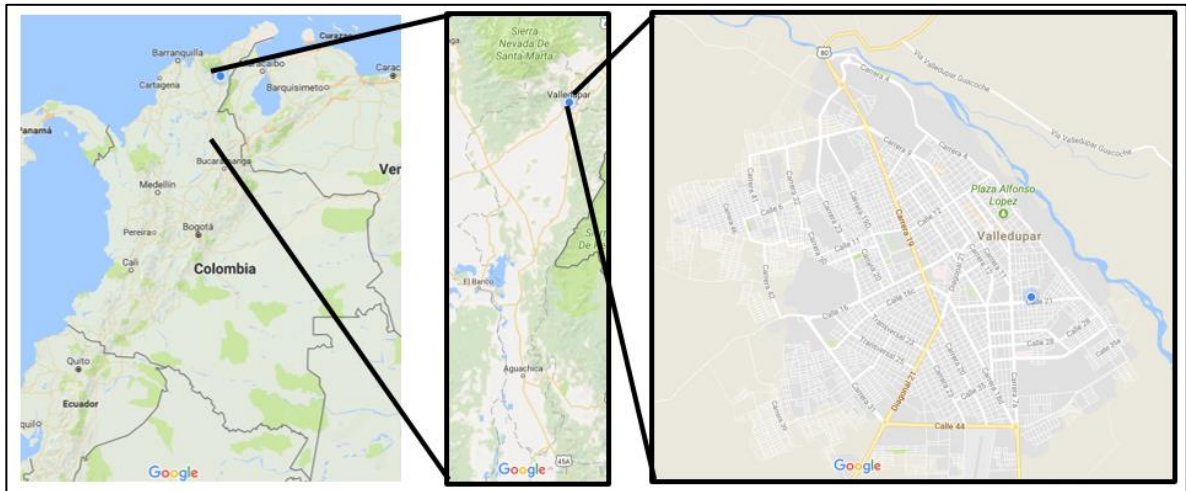


Ilustración 3. Área de estudio general (límite geográfico de Zona: Colombia – Cesar – Valledupar)
 FUENTE. Google Maps 2019

4.4.3. División político administrativo

Valledupar cuenta con 204 barrios, 15 asentamientos, 25 corregimientos y 102 veredas, con una extensión de 4.192KM² (el 18% de la extensión del departamento) de los cuales el 40% corresponden a área de protección forestal según la Ley 2^a de 1959. El perímetro urbano abarca 50.5KM y está dividido en seis comunas. Además de limitar al norte con el departamento de La Guajira, Valledupar es la capital del Área Metropolitana del Valle del Cacicue Upar, conocida actualmente como MetropoliUpar, que agrupa en un mismo proyecto de desarrollo a los municipios de Valledupar, La Paz (Los Robles), Manaure Balcón del Cesar, San Diego y Agustín Codazzi. (Valledupar, 2016)

4.4.4. Características socio – culturales y económicos

Valledupar se caracteriza por ser un importante centro musical y cultural con un invaluable potencial turístico derivado de su tradición de la música vallenata, sus hermosos paisajes y su centro histórico declarado como Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional desde el 16 de junio del año 2000. Hoy Valledupar cuenta con

una industria musical vallenata que compone más de 170 grupos profesionales y, según la Cámara de Comercio (CCV), más de 30 estudios de grabación de sonido registrados y dedicados exclusivamente al vallenato. Anualmente se celebra a finales del mes de abril el Festival de la Leyenda Vallenata, lo que se convierte en una fuente de empleo e ingresos temporales para gran parte de la economía local. (Valledupar, 2016)

4.4.5. Economía del municipio

En la ciudad se han establecido hasta la fecha 150 hoteles con una capacidad instalada promedio de 22 habitaciones. De igual forma, la confluencia de los yacimientos minerales de carbón en el sur de La Guajira y Centro del Cesar, con una explotación anual de aproximadamente 80 millones de toneladas, han convertido a Valledupar en un importante centro de transacciones comerciales, construcciones civiles y prestación de servicios comunales y financieros. (Valledupar, 2016)

La ciudad cuenta con acceso vía terrestre hacia Santa Marta y Barranquilla a través de Bosconia, también hacia el centro y sur del departamento por el corredor minero y hacía el norte con los municipios del sur de La Guajira con los que comparte estrechos lazos económicos, étnicos, gastronómicos y culturales. Se cuenta con un terminal aéreo conocido como aeropuerto Alfonso López, y un Terminal de Transportes terrestre que presentan alto tráfico durante la celebración del Festival de la Leyenda Vallenata. En el 2014 se transportaron por el aeropuerto un total de 354 mil pasajeros (11 mil durante el Festival) y un movimiento de carga equivalente a 50 toneladas. Según la Dirección de Tránsito y Transporte de la Policía Nacional en un reporte de la CCV, 26.250 vehículos entraron a la ciudad durante el Festival en 2015. El Terminal de Transportes es de carácter público con autonomía administrativa y transporta casi 2.4 millones de pasajeros al año. (Valledupar, 2016)

Estos rasgos económicos de Valledupar indican que la ciudad produce el 25% del PIB del departamento del Cesar según lo señala el DANE, con un entorno regional dominado por la explotación minera. Nuestras cuentas nacionales indican que hemos cambiado la agricultura por la minería, al notar que el 42.7% de la producción del Cesar la concentra la explotación de minas y canteras (esta cifra era del 35.9% hace 10 años) mientras que la agricultura y ganadería han perdido relevancia con una participación en la producción regional que pasó de 15% a 9.9%. Las actividades de servicios sociales que concentra la administración pública, personal docente y de hospitales posee el segundo renglón de producción regional, con una participación que ha permanecido relativamente constante en la última década. Igualmente, el DANE calcula que la producción por habitante (PIB per cápita) equivale a 13 millones 600 mil pesos. (Valledupar, 2016)

4.4.6. Población

Valledupar en el 2015, contó con una población total de 453.215 vallenatas y vallenatos concentrados principalmente en la cabecera municipal (el 40% del departamento). Tan sólo el 15% de nuestra población vive en las zonas rurales y corregimentales. No obstante, esta proporción parece destinada a disminuir con el tiempo. Nuestra población crece a una tasa de 2.2% anual, pero se proyecta que este crecimiento tienda a disminuir a 2% al terminar los cuatro años de gobierno, de acuerdo a los modelos y proyecciones demográficas del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). En donde, se podría aumentar la población alrededor de los 40 mil habitantes ya sean nacidos o migrantes a la ciudad, por lo tanto, la población será de 493.367 habitantes. (Valledupar, 2016)

4.4.7. Turismo Cultural, eco y etno - turístico

Según el Plan de Desarrollo del municipio de Valledupar (2016), el importante crecimiento del sector turístico en el municipio y el impacto de la economía de la

región, ha incentivado la búsqueda y creación de espacios turísticos y culturales que buscan darle reconocimiento a la ciudad a nivel nacional como un destino que cautive la inversión nacional y extranjera que conlleve a aumentar la productividad y competitividad del sector turístico a través del aprovechamiento de los recursos turísticos – culturales y medio ambientales; incluyendo en este aspecto la historia de la música vallenata dentro de los escenarios eco turísticos. Uno de los lugares con gran potencial turístico es el Balneario Hurtado, que cuenta con gran cantidad de visitantes lo que favorece las actividades comerciales dentro de la margen derecha del río Guatapurí, en donde también incluye diseños estructuras civiles tales como el parque lineal, los monumentos a los grandes juglares de la música vallenata y cercanos a este balneario se encuentran algunos centros comerciales y casas campo que en cierta parte generan actividad económica y productiva por su atractivo turístico.

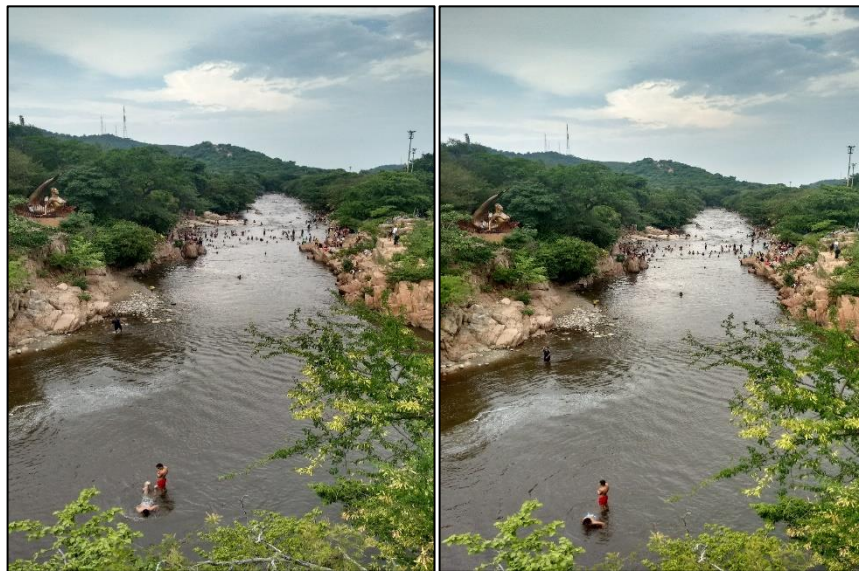


Ilustración 4. Balneario Hurtado – Río Guatapurí sitio ecoturístico de Valledupar
FUENTE. Autores del proyecto 2019

4.4.8. Río Guatapurí

El río Guatapurí (Su nombre proviene de la lengua chimila y significa "agua fría") es un corto río de Colombia de la Costa Caribe, al norte del país, ubicado en el

departamento del Cesar. Nace en la laguna Curigua, en la Sierra Nevada de Santa Marta, a 3.500 msnm y desemboca en la margen derecha del río Cesar, cerca de la ciudad de Valledupar. A lo largo de su curso recibe, entre otros, los ríos Donachuí, Curiba, Los Mangos y Mamanqueca. En un descenso de 80 km, sus aguas son vertidas en la capital del departamento del Cesar. (Valledupar, 2016)

El río Guatapurí es importante para la ciudad de Valledupar debido a que es oferente del recurso hídrico hacia el acueducto administrado por Emdupar S.A. E.S.P. Además, se destaca que según mediciones del IDEAM, el caudal medio del río Guatapurí y su oferta hídrica ha cambiado ostensiblemente en los últimos años con un caudal que hace 20 años alcanzaba los 60m³/s en algunas épocas del año, en la actualidad no supera los 35m³/s en los picos del año. La Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR no ha terminado los estudios para la elaboración del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca para el Río Guatapurí. (Valledupar, 2016)

Las demandas de agua del río Guatapurí han ocasionado un grave daño que se agrava con la constante deforestación en la margen de su cauce. La demanda antrópica, aquella derivada de la actividad comercial, doméstica y agropecuaria, está marcada por las desviaciones que el cauce del río sufre con mayor incidencia en la parte baja de la cuenca. (Valledupar, 2016)

A su paso por el norte de Valledupar se encuentra el balneario de Hurtado, principal lugar de recreación y diversión de la capital del Cesar, se encuentra localizado en la carrera 19, en la vía que de Valledupar conduce a Patillal. Un gran número de turistas se citan cada fin de semana en el balneario Hurtado. (Valledupar, 2016)

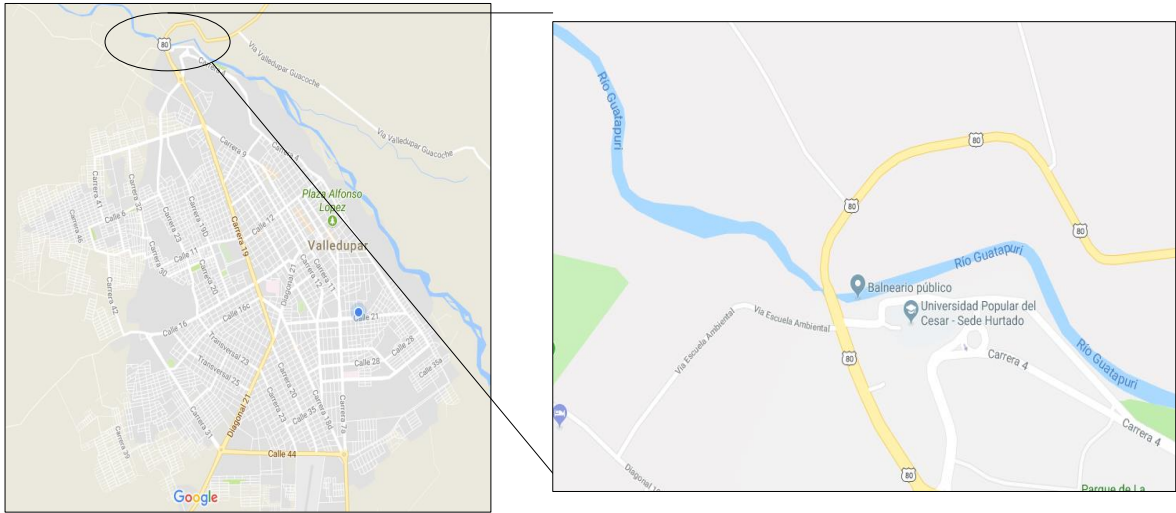


Ilustración 5. Área de estudio específica
FUENTE. Google Maps 2019

4.5. MARCO LEGAL

<p>Constitución Política de Colombia 1991</p>	<p>Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</p> <p>Artículo 80: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.</p>
--	--

<p>RECURSO FLORA</p>	
<p>Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio</p>	<p>Artículo 5: funciones del ministerio. Corresponde al ministerio de medio ambiente:</p> <p>42) Fijar los cupos globales y determinar las especies para el aprovechamiento de bosques</p>

<p>ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.</p>	<p>naturales y la obtención de especímenes de flora y fauna silvestres, teniendo en cuenta la oferta y la capacidad de renovación de dichos recursos, con base en los cuales las Corporaciones Autónomas Regionales otorgarán los correspondientes permisos, concesiones y autorizaciones de aprovechamiento.</p>
<p>Decreto Ley 2811 de 1974: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible)</p>	<p>Artículo 204: Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y sólo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque.</p>
<p>Decreto 1449 de 1977: Para los efectos del inciso primero del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el decreto ley 2811 de 1974, se entenderá que los propietarios de predios rurales han cumplido en lo esencial con las normas establecidas sobre la conservación de los recursos naturales renovables. (Ministerio de Agricultura & Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible)</p>	<p>Artículo 3: En relación con la protección y conservación de los bosques, los propietarios de predios están obligados a:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. Mantener en cobertura boscosa dentro del predio las Áreas Forestales Protectoras. <p>Se entiende por Áreas Forestales Protectoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> A.1. Los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 metros a la redonda, medidos a partir de su periferia. A.2. Una faja no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua. A.3. Los terrenos con pendientes superiores al 100% (45°). <ul style="list-style-type: none"> B. Proteger los ejemplares de especies de la flora silvestre vedadas que existan dentro del predio. C. Cumplir las disposiciones relacionadas con la prevención de incendios, de plagas forestales y con el control de quemas.
<p>Decreto 2372 de 2010: Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el</p>	<p>Artículo 10: ÁREAS PROTEGIDAS DEL SINAP. Las categorías de áreas protegidas que conforman el SINAP son: Áreas Protegidas Públicas:</p>

<p>Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible)</p>	<p>a) Las del Sistema de Parques Nacionales Naturales b) Las Reservas Forestales Protectoras c) Los Parques Nacionales Regionales d) Los Distritos de Manejo Integrado e) Los Distritos de Conservación de Suelos f) Las Áreas de Recreación Áreas Protegidas Privadas: g) Las Reservas Naturales de la Sociedad Civil Parágrafo. El calificativo de pública de un área protegida hace referencia únicamente al carácter de la entidad competente para su declaración.</p>
<p>Decreto 1076 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible</p>	<p>Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 1/ Sección 18: Conservación de los recursos naturales en predios rurales Artículo 2.2.1.1.18.2. Protección y conservación de los bosques: en relación con la protección y conservación de los bosques, los propietarios de predios están obligados a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantener en cobertura boscosa dentro del predio las Áreas Forestales Protectoras. Se entiende por Áreas Forestales Protectoras: a. Los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 metros a la redonda, medidos a partir de su periferia. b. Una faja no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua. c. Los terrenos con pendientes superiores al 100% (45°). 2. Proteger los ejemplares de especies de la flora silvestre vedadas que existan dentro del predio. Cumplir las disposiciones relacionadas con la prevención de incendios, de plagas forestales y con el control de quemas.
	<p>Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 2/ Sección 2: Categorías de las áreas protegidas:</p>

	<p>Artículo 2.2.2.1.2.3. Las reservas forestales protectoras: espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosques mantienen su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales y naturales.</p>
--	---

RECURSO AGUA	
<p>Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.</p>	<p>Artículo 64: funciones de los departamentos: corresponde a los Departamentos en materia ambiental, además de las funciones que le sean delegadas por la ley o de las que se le deleguen a los Gobernadores por el Ministerio del Medio Ambiente o por las Corporaciones Autónomas Regionales, las siguientes atribuciones especiales:</p> <p>6) Promover, cofinanciar o ejecutar, en coordinación con los entes directores y organismos ejecutores del Sistema Nacional de Adecuación de Tierras y con las Corporaciones Autónomas Regionales, obras y proyectos de irrigación, drenaje, recuperación de tierras, defensa contra las inundaciones y regulación de cauces o corrientes de agua, para el adecuado manejo y aprovechamiento de cuencas hidrográficas.</p>
<p>Decreto Ley 2811 de 1974: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible</p>	<p>Artículo 86: Toda persona tiene derecho a utilizar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades elementales, las de su familia y las de sus animales, siempre que con ello no cause perjuicios a terceros. El uso deberá hacerse sin establecer derivaciones, ni emplear máquina ni aparato, ni detener o desviar el</p>

	curso de las aguas, ni deteriorar el cauce o las márgenes de la corriente, ni alterar o contaminar aguas que en forma que se imposibilite su aprovechamiento por terceros.	
Decreto 1594 de 1984: por el cual se reglamenta parcialmente el TITULO I de la Ley 9 de 1979, así como el decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a los usos del agua y residuos líquidos (Ministerio de Agricultura)	Artículo 42: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario, son los siguientes:	
REFERENCIA	EXPRESADO	VALOR
Coliformes fecales	NMP	200microorganismos/100ml
Coliformes totales	NMP	1000microorganismos/100ml
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
pH	Unidades	5 – 9
Tensoactivos	Sustancias activas de azul de metileno	0,5
Decreto 3930 de 2010: Por el cual se reglamenta usos del agua y residuos líquidas y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible)	Artículo 15: Uso recreativo; Se entiende por uso del agua para fines recreativos, su utilización, cuando se produce: 1. Contacto primario, como en la natación, buceo y baños medicinales. 2. Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.	
Decreto 1076 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Capítulo 2: Uso y aprovechamiento del agua/ sección 1: disposiciones generales Artículo 2.2.3.2.1.1. Objeto. Para cumplir los objetivos establecidos por el artículo 2 del Decreto -Ley 2811 de 1974, este Decreto tiene por finalidad reglamentar las normas relacionadas con el recurso de aguas en todos sus estados, y comprende los siguientes aspectos: 1. El dominio de las aguas, cauces y riberas, y normas que rigen su aprovechamiento sujeto a prioridades, en orden a asegurar el desarrollo humano, económico y social, con arreglo al interés general de la comunidad.	

	<p>2. La reglamentación de las aguas, ocupación de los cauces y la declaración de reservas de agotamiento, en orden a asegurar su preservación cuantitativa para garantizar la disponibilidad permanente del recurso.</p> <p>3. Las condiciones para la construcción de obras hidráulicas que garanticen la correcta y eficiente utilización del recurso, así como la protección de los demás recursos relacionados con el agua.</p>
	<p>Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 3/ Sección 2/ Sub sección 24. Prohibiciones, sanciones, caducidad, control y vigilancia</p> <p>Artículo 2.2.3.2.24.1. Prohibiciones. Por considerarse atentatorias contra el medio acuático se prohíben las siguientes conductas:</p> <p>1. Incorporar o introducir a las aguas o sus cauces cuerpos o sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o formas de energía en cantidades, concentraciones o capaces de interferir con el bienestar o salud de las personas, atentar con la flora y fauna y demás recurso relacionados con el recurso hídrico.</p> <p>3. Producir, en desarrollo de cualquier actividad, los siguientes efectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. La alteración nociva del flujo natural de las aguas b. La sedimentación en los cursos y depósitos de agua; c. Los cambios nocivos del lecho o cauce de las aguas; d. La eutroficación; e. La extinción o disminución cualitativa o cuantitativa de la flora o de la fauna acuática, y f. La disminución del recurso hídrico como la fuente natural de energía
	<p>Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 3/ Sección 3/ Sub sección 1: ordenamiento del recurso hídrico.</p>

	<p>Artículo 2.2.3.3.1.7. De los modelos simulación de la calidad del recurso hídrico. Para efectos del Ordenamiento del Recurso Hídrico, previsto en el artículo anterior y para la aplicación de modelos de simulación de la calidad del recurso, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico, con base en los insumos que aporte el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).</p> <p>Parágrafo. Mientras el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, expide la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico, las autoridades ambientales competentes podrán seguir aplicando los modelos de simulación existentes que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables, utilizando, por lo menos los siguientes parámetros:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. DB05: Demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días. 2. DQO: Demanda química de oxígeno. 3. SS: Sólidos suspendidos. 4. pH: Potencial del ion hidronio (H+). 5. T: Temperatura. 6. OD: Oxígeno disuelto. 7. Q: Caudal. 8. Datos Hidrobiológicos 9. Coliformes Totales y Coliformes Fecales.
	<p>Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 3/ Sección 2: destinación genérica de las aguas superficiales y subterráneas</p> <p>Artículo 2.2.3.3.2.1: Usos del agua. Para los efectos del presente decreto se tendrán en los siguientes usos del agua:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Consumo humano y doméstico. 2. Preservación de fauna y flora 3. Agrícola. 4. Pecuario. 5. Recreativo.

	<p>6. Industrial 7. Estético. 8. Pesca, maricultura y acuicultura. 9. Navegación y transporte acuático. Artículo 2.2.3.3.2.7. Uso recreativo. Entiende por uso del agua para fines su utilización, cuando se produce: 1. Contacto primario, como en la natación, buceo y baños medicinales. 2. Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.</p>	
	<p>Libro 2/ Parte 2/ Capitulo 3/ Sección 3/ Sub sección 4. Vertimientos Artículo 2.2.3.3.4.3. Prohibiciones. No admite vertimientos 3. En los cuerpos de agua o aguas costeras, destinadas para la recreación y usos afines que impliquen contacto primario, que no permita cumplimiento del criterio de calidad para este uso.</p>	
	<p>Libro 2/ Parte 2/ Capitulo 3/ Sección 3/ Sub sección 9. Disposiciones transitorias Artículo 2.2.3.3.9.7. TRANSITORIO. Criterios de calidad para fines de uso recreacional mediante contacto primario: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario, son los siguientes:</p>	
REFERENCIA	EXPRESADO	VALOR
Coliformes fecales	NMP	200microorganismos/100ml
Coliformes totales	NMP	1000microorganismos/100ml
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
Compuestos fenólicos	Fenol	0,002
pH	Unidades	5 – 9
Tensoactivos	Sustancias activas de azul de metileno	0,5
<p>Parágrafo 1: No se aceptarán en el recurso película visible de grasas y aceites flotantes, presencia de material flotante proveniente de actividad humana, sustancias toxicas o irritantes cuya acción por contacto, ingestión o inhalación produzcan reacciones adversas sobre la salud humana.</p>		

Parágrafo 2: El nitrógeno y el fosfato deberán estar en proporción que no ocasionen eutrofización.

**Libro 2/ Parte 2/ Capítulo 9/ Sección 7/
Sub sección 6/ Disposición Finales:
Artículo 2.2.9.7.6.2. Monitoreo del
recurso hídrico:** las autoridades
ambientales competentes deberán realizar
Programas de Monitoreo de las fuentes
hídrica en por lo menos, los siguientes
parámetros de calidad: temperatura
ambiente y del agua in situ, DBO5, SST,
DQO, Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales
y pH.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La clase de investigación en la cual se estructuró el proyecto de grado fue exploratoria, debido a que se examinó el tema de investigación que ha sido estudiado de forma mínima o no se ha abordado antes; en donde solamente se tiene unas guías investigativas e ideas con menor relevancia que demuestre la objetividad del problema a investigar. Este estudio exploratorio ayuda a aumentar el grado de familiaridad con fenómenos pocos conocidos que conllevo a estructurar una investigación mucho más completa con relación a la condición de la zona actual correspondiente al balneario Hurtado. La investigación exploratoria permitió identificar y determinar potenciales relaciones entre variables con el fin de establecer el ritmo y la lógica de la investigación, y el comportamiento de las variables hacia el problema investigativo a realizar. (Hernandez Sampieri, Fernandez - Collado, & Baptista Lucio, 2006)

Se tiene evidencia de un estudio de calidad de agua de la misma zona, pero este estudio fue realizado alrededor de 9 años aproximadamente; por lo que se cuenta con alguna información relevante del objeto de estudio a realizar como parte sustancial del marco teórico, pero no hay evidencias investigativas relacionada a la utilización de los índice IHF y QBR como instrumentos para la determinación de la calidad ambiental de esta misma zona y en la región Caribe.

Para apoyo de dicha investigación, se realizó una búsqueda de información secundaria sobre estudios realizados con los índices expuestos tanto a nivel internacional como nacional; es decir, se realizó una investigación exploratoria de manera informal; con la intención de obtener mayor información relevante a dicho estudio.

Además, se contempló para el marco comprendido el tipo de investigación fue de campo; debido a que se requirió de la recopilación de información en la zona de estudio, incluyéndose datos y muestras a recolectar con el fin de obtener una información veraz y confiable al momento de ser estudiados, para lograr una conclusión, análisis e interacción de las variables encontradas de forma concreta que estructuraron la situación actual del problema planteado, y su importancia en la toma de decisiones por otros investigadores a futuro.

5.2. POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO

5.2.1. Población

La población de estudio estuvo conformada por el río Guatapurí, en la ciudad de Valledupar – Cesar, delimitado en tres tramos de la siguiente manera: *Balneario Hurtado* correspondiente a 0,501km a partir del puente Hurtado, *Aguas arriba* correspondiente a 0,320km *en relación al Balneario Hurtado* y *Aguas abajo* correspondiente a 0,566km después del balneario. Esta población incluye la vegetación ribereña, las especies de macroinvertebrados y la ronda hídrica de los tramos en mención.

5.2.2. Muestra

La muestra de estudio estuvo conformada por 9 estaciones de muestreos, es decir, tres estaciones por tramo de monitoreo. Fueron enumeradas de la siguiente manera:

- ✓ Aguas arriba: (0,320km) estaciones de muestreos enumerados como E1, E2 y E3.
- ✓ Balneario Hurtado: (0,501km) estaciones de muestreo enumeradas como E4, E5 y E6.
- ✓ Aguas abajo: (0,566km) estaciones enumeradas como E7, E8 y E9.

Además, la muestra de estudio abarco en cada estación de los tramos en mención las especies de macroinvertebrados y la vegetación ribereña presente.

5.3. POBLACION Y MUESTRA BENEFICIARIA DE ESTUDIO

5.3.1. Población beneficiaria

La población beneficiada de forma directa con el proyecto en curso y sus resultados son: los ciudadanos valduparenses, los visitantes/turistas, establecimientos comerciantes, trabajadores informales asentados en las estribaciones del balneario Hurtado, los dueños de las fincas agropecuarias y ganaderas cercanas a la ronda hídrica del río Guatapurí, las universidades y las autoridades locales. El beneficio que tiene el proyecto de investigación es que permite tener un estado de arte o una línea base investigativa, que promueva a que esta población formule o estructure diversos planes de manejo de conservación y mejora entorno a los recursos naturales del balneario Hurtado, y control de las actividades económicas que se realizan en las zonas ribereñas de afectación.

5.3.2. Muestra beneficiaria

La muestra beneficiada de forma con el proyecto en curso y sus resultados son: La Corporación Autónoma Regional del Cesar “CORPOCESAR”; la secretaría de ambiente del municipio de Valledupar, grupos sociales y ambientalistas con funciones y actividades en pro de la conservación del río Guatapurí, estudiantes y grupos de investigación de las universidades de interés. Dichos beneficiarios tendrán afectaciones de forma positiva con respecto a las diferentes medidas, planes y controles que formulen y estructuren las autoridades ambientales correspondientes.

5.4. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.4.1. Criterio general

La zona de estudio desde el punto de vista general estuvo conformada por el recorrido que realiza el río **Guatapurí y las riberas del río en mención**, que comienza desde su nacimiento en la laguna Curigua, ubicado en la Sierra Nevada de Santa Marta a 3.500 msnm y desemboca en la margen derecha del río Cesar, cerca de la ciudad de Valledupar en donde recibe en su curso los ríos Donachuí, Curiba, Los Mangos y Mamanqueca con un recorrido de aproximadamente 80 km. (Valledupar, 2016)

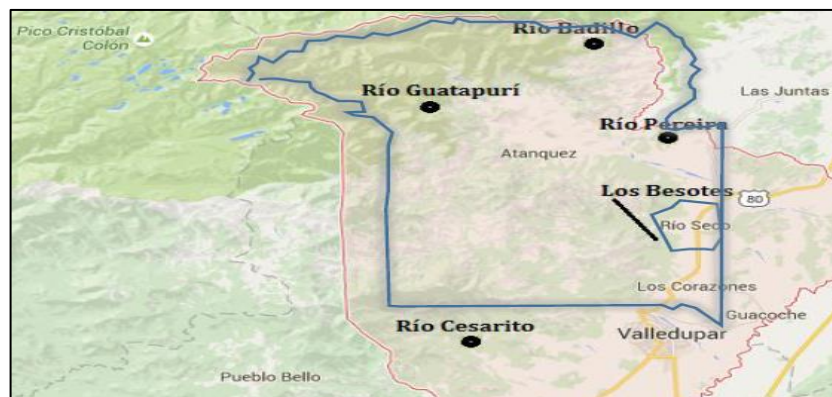


Ilustración 6. Ubicación de población de estudio río Guatapurí.
Fuente: (Valledupar, 2016)

5.4.2. Criterio particular

El estudio se realizó en el río Guatapurí en Valledupar –Cesar, delimitado en tres tramos, de la siguiente manera: *Balneario Hurtado, Aguas arriba en relación al Balneario y Aguas abajo*, entre las temporadas de sequía y lluvias de diciembre de 2018 y mediados de junio del año 2019. Con base a la distancia del tramo de estudio y las perturbaciones más importantes desde el punto de vista antrópico del balneario Hurtado, se ubicaron 9 estaciones de muestreo distribuidos a lo largo del trayecto,

las cuales fueron enumeradas de manera secuencial (E seguido del No. Estación) y en las zonas donde se evidencia posibles afectaciones a la calidad ambiental de cada tramo (ver **Tabla 28**). El propósito fue determinar y comparar la calidad ambiental del curso hídrico en estos tramos en diferentes épocas climáticas.

5.4.2.1. Definición de zona de estudio para el proyecto

Se establecieron 9 estaciones de muestro en un trayecto de 1,387 kilómetros (ver **6.1**); comprendidos por los siguientes tramos:

- ✓ Aguas arriba: Tramo comprendido con un total de 0,320 Km antes de llegar al balneario; donde se ubicaron las estaciones de muestro enumeradas como E1, E2 y E3.
- ✓ Balneario Hurtado: Comprendido en toda la zona turística y recreativa, utilizada para un total de 0,501 Km; se ubicaron tres estaciones de muestro enumeradas como E4, E5 y E6.
- ✓ Aguas abajo: Este tramo comprende una longitud total de 0,566 Km posteriormente al parque lineal; se ubicaron las estaciones enumeradas como E7, E8 y E9.

Las estaciones fueron ubicadas (ver **Ilustración 10**) en la zona de estudio, y a la vez se registró su georreferenciación (ver **Tabla 28**), en cada estación se caracterizó físicamente el lecho del río, el hábitat fluvial y la biota acuática presente, además, sus riberas y el estado del bosque ripario. *Cabe destacar que esta caracterización tuvo mucha atención en la zona del balneario Hurtado ya que en este punto es donde se ha generado la mayor actividad turística y problemas de afectación al cauce y bosque ripario.* También, se obtuvieron evidencias fotográficas con relación a las condiciones topográficas de cada estación, que lograrán definir la accesibilidad a cada muestro.

5.5. DESARROLLO METODOLÓGICO

La evaluación de la calidad ambiental del ecosistema del río Guatapurí en el tramo del balneario Hurtado se llevó a cabo con la utilización de las valoraciones de los índices biológicos QBR (índice de bosque de ribera), IHF (índice de hábitat fluvial); cuyas aplicaciones permiten describir a las riberas como elemento clave en la calidad de los ríos y su integridad biológica (Bustamante, Corredor, & Marin, 2011) destacando que este hábitat se considera como uno de los principales factores de influencia de la riqueza de especies de macroinvertebrados acuáticos. Bajo esta premisa se estableció este índice en la zona de estudio para evaluar la calidad biológica en función de los macroinvertebrados donde se contempló el muestreo de todos los hábitats fluviales existentes para obtener un listado de las especies presentes. (Arancibia Fortes & Silva Haun, 2015). Al igual, se aplicó el índice BMWP/COL (índice macroinvertebrados, calidad hídrica) como bioindicadores de la calidad del agua en Colombia (Roldán Pérez G. , 2016), y con la obtención de datos acerca de los parámetros físico químico (Alcalinidad total, Conductividad, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, temperatura, Solidos Suspendidos Totales, fósforo) los cuales fueron analizados por medio de los índices de contaminación ICO a través de la aplicación ICATest versión 1.0 ; las cuales definieron la calidad sobre uso del curso hídrico. Además, estos parámetros a obtener se relacionaron con el artículo 2.2.3.3.9.7 del Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015 ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de muestras de agua recolectadas en el curso del río Guatapurí.

La ejecución del proyecto; fue comprendido de tres fases primordiales y una fase final de evaluación de la calidad ambiental:

5.5.1. ETAPA I: identificación de las especies de macroinvertebrados acuáticos y vegetación ribereña del curso hídrico del Balneario Hurtado – río Guatapurí.

5.5.1.1. Para la recolecta e identificación de macroinvertebrados acuáticos

Los muestreos de macroinvertebrados acuáticos se realizaron en nueve estaciones de monitoreo (**E**), distribuidas así: Aguas arriba (**E1, E2, E3**), Balneario Hurtado (**E4, E5 Y E6**) y Aguas Abajo (**E7, E8 y E9**); para la ejecución de dicha actividad fue especificado en el siguiente ítem:

A. Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos

Recorrido preliminar: Antes de iniciar el muestreo, se realizó un recorrido visual a lo largo de los tramos con el fin de identificar los diferentes hábitats presentes. Para aplicar los métodos de evaluación fue muy importante la selección de lugares del río que se caracterizaron por tener todos o la mayor parte de los tipos de hábitats, lo que permitió recoger la mayor diversidad de organismos acuáticos (ver **6.2.1.1**)

Selección de los hábitats: Estos hábitats se definieron de acuerdo con la profundidad en el río (de somero a profundo), velocidad del agua (rápida, mediana, lenta), naturaleza del sustrato (pedregoso, fangoso, arenoso) y presencia de vegetación acuática y de ribera. De acuerdo a Roldán (2003) el tamaño del material del sustrato se consideró así: piedras: >20mm; grava: 2-20 mm; arena: 0.2-2 mm; cieno o barro: <2mm (ver **6.2.1.2**)

Los tres tramos a evaluar permitieron obtener datos para hacer comparaciones bióticas, fisicoquímicas y de calidad ambiental. Con el fin de disminuir los errores en el muestreo se monitorearon siempre las mismas estaciones, cada una de estas

fueron señalizadas. Por ello se documentó con mucho detalle sus características (ver **6.2.1.2**):

- Ubicación geográfica (coordenadas tomadas con GPS)
- Accesos
- Dibujos
- Registro fotográfico.
- Detalles de los sustratos, vegetación y condiciones de la ribera.
- Los sitios se señalaron claramente en un mapa.

Para la medición de los factores físico químico in situ en tramos de muestreo. Estas actividades se desarrollaron durante las colecciones muestréales, entre estas se midieron:

Factores del curso de agua: Temperatura, Oxígeno disuelto, pH, conductividad.

Colecta, separación e identificación in situ. Las muestras de macroinvertebrados acuáticos fueron identificadas hasta la categoría taxonómica de familia y posteriormente fueron liberados con cuidado los macroinvertebrados acuáticos en cada uno de los tramos correspondientes a la zona de estudio del balneario Hurtado - Rio Guatapurí.

A continuación, se detalló el método que se utilizó en los muestreos de macroinvertebrados (**método Kikc-Sampling**). Hay que enfatizar que este método ha sido utilizado para ríos cortos y poco profundos, caso de los tramos objeto de estudio, el cual permitió la captura de una amplia gama de Macroinvertebrados de agua dulce. Este método es cualitativo y está suficientemente estandarizado para permitir comparaciones entre muestras (ver **6.2.1.3**)

- *Método de muestreo de corriente (kick-sampling):* Este es el método de muestreo típico para arroyos y ríos. La técnica se empleó de la siguiente manera: Se tomó una muestra durante tres minutos por hábitat

identificado y en cada estación de monitoreo haciendo un barrido y retroceso utilizando una red de mano hecha de tela de poliéster con porosidad estandarizada de máximo 0,5. Fue importante moverse por el sitio durante este tiempo para muestrear los diferentes hábitats en el área de muestreo, como lo fueron las corrientes de movimiento rápido, aguas poco profundas, aguas lentas, orillas, hierbas, raíces de árboles, hojarasca y detritos. Esto garantiza que todo el conjunto de animales (macroinvertebrados dulceacuáticos) del lugar este representado en la muestra. (Silva, 2015)

Una vez que fueron identificados los diferentes hábitats en cada estación de monitoreo, se designó el tiempo total de muestreo proporcionalmente según las áreas de hábitat relativas para que así el tiempo de muestreo en cada hábitat dentro de una estación de monitoreo fuera el mismo. Se ubicó la red tipo Súber en el lecho del río y se procedió a perturbar (con el pie, generando remoción por patear el lecho) el área justo arriba de la red para el tiempo asignado a ese tipo de hábitat. Así los macroinvertebrados se movilizaban a favor de la corriente hasta llegar al fondo de la red.

Para las plantas herbáceas, las raíces de los árboles y arbustos del bosque ripario, se hizo un barrido en el área con la red de mano con las mismas características de porosidad anteriores durante un tiempo especificado para este hábitat, por punto de muestreo.

También se realizó una búsqueda manual adicional en micro hábitat como superficies de piedras, troncos, hojarasca, sedimentos y material detrítico, se extrajeron los macroinvertebrados acuáticos con pinceles y pinzas de disección frotando suavemente las piedras en el agua dejando que los animales sean transportados por la corriente abajo hasta la red. (Silva, 2015)



Ilustración 7. Metodología y materiales de recolección de macroinvertebrados en zona de estudio
Fuente. Autores del proyecto, 2019

En una bandeja blanca, con dos centímetros de agua, se depositaron los macroinvertebrados colectados para identificarlos. Al recoger muestras grandes, su contenido se examinó tomando sub – muestras para así poder tener mayor manejo y disminución de errores posibles. Para hacer esto se vació el contenido de la red en un balde plástico lleno hasta la mitad de agua. Se extrajo una muestra de ese balde con un tamiz con ojo de malla no superior a las 500 micras. Luego se vació el contenido en una bandeja blanca. Se continuó con esto hasta terminar con todas las submuestras del balde. Los macroinvertebrados acuáticos se identificaron in situ, a simple vista según (Roldán Pérez G. , 2016). Para esto se usaron lupas, Lente Zoom 60X – 100X adaptables a teléfonos celulares inteligentes, la guía de macroinvertebrados de (Roldán P G. , 2003), (Roldán, y otros, 2014) publicación cuyo contenido es hasta el presente el documentado más completo en taxonomía de macroinvertebrados acuáticos para nuestro país; además, claves taxonómicas como las de (McCafferty, 1981); (Roldán G. , 1988); (Machado, 1989); (Pennak, 1978); (Merritt, 1996); (Domínguez., 2009). A cada espécimen se le tomaron fotografías, con cámara de alta definición, para una posterior revisión o comparación que dé lugar. Al terminar, fueron devueltos los especímenes recolectados garantizando así un menor impacto en las poblaciones de artrópodos, moluscos y gusanos de esos hábitats.

Al encontrar, eventualmente, macroinvertebrados acuáticos muertos se colectaron y preservaron en una mezcla de Etanol – glicerina en proporción 2:1 con la finalidad de servir de material didáctico en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar, donde se desarrollaron los análisis (ver **6.2.1.3**)

Los muestreos se llevaron a cabo de 7:00 AM hasta las 5:00 PM. Se establecieron estas horas teniendo en cuenta que los macroinvertebrados acuáticos presentan mayor actividad ecológica en horario diurno. Se realizaron dos muestreos por estación en cada época de sequía y lluvias.

- **Control de Calidad para la separación de macroinvertebrados bentónicos.**

Para esta fase se procedió como lo indica la guía de macroinvertebrados acuáticos, determinación taxonómica – conteo, (IDEAM, 2006)

Personal de Control de Calidad en identificación de macroinvertebrados acuáticos, experimentados en el tema, acompañaron las jornadas de muestreo y examinaron al menos 10% de las muestras separadas en cada lote. (Un lote se define como un estudio especial, estudio base, período entero de indizado o separación individual). Los encargados de control de calidad examinaron los tamices y bandejas usadas en la separación y observación de los organismos que se pudieron haber olvidado en la separación. Los organismos encontrados se adicionaron a las muestras. Si los encargados del control de la calidad encontraron menos de 10 organismos en los tamices o bandejas de separación, la muestra pasara; si se encuentran más de 10 organismos, la muestra será rechazada. Si el primer 10% del lote de muestras no pasa, el encargado de control de calidad deberá chequear un segundo 10% del lote de muestras.

- **Registro de los datos**

Los datos tenidos en cuenta para el monitoreo de macroinvertebrados dulces acuícolas (presencia de taxones, ubicación, fecha, hora, clases de hábitats, sustrato) se registraron en libretas de campo y/o formato de campo para macroinvertebrados y muestras de agua para análisis fisicoquímicos. Esta hoja de campo también se incluirán las lecturas de los parámetros fisicoquímicos a considerar: pH, temperatura del agua, conductividad y oxígeno disuelto, medidos in situ.

- **Aseguramiento de la calidad para la toma de muestras de macroinvertebrados**

Para esto se realizó el mismo esfuerzo durante la toma de cada una de las submuestras. Se permaneció exactamente en el mismo tiempo de toma de la muestra en cada uno de los sitios de muestreo para no sesgar la información de los muestreos de un determinado sitio.

B. Para la identificación de los macroinvertebrados

Al encontrar, eventualmente, macroinvertebrados acuáticos muertos se colectaron y preservaron en una mezcla de Etanol – glicerina en proporción 2:1 con la finalidad de servir de material didáctico en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar, donde se desarrollaron los análisis (ver **6.2.2**)

Dado el gran volumen de muestra y para economizar tiempo en una labor tan dispendiosa algunos investigadores recomiendan a no observar toda la muestra, sino la separación y observación de submuestras de la muestra integrada. Sin embargo, otros científicos desaprueban esta práctica. Por tanto, en esta investigación se analizaron las muestras en su totalidad.

Debido a que el nivel de conocimiento en Colombia de las taxas de macroinvertebrados acuáticos de agua dulce es aún escaso e incompleto, es decir, no se ha podido desarrollar un inventario taxonómico hasta el nivel de especie, se propuso utilizar un método de determinación taxonómica a nivel de familia o género, hasta donde sea posible, y donde se tenga un mejor conocimiento actualmente (Roldán P G. , 1996).

- **Determinación taxonómica de macroinvertebrados**

Para la identificación de las muestras de macroinvertebrados in situ hasta la categoría taxonómica de familia se utilizó las siguientes guías que presentan imágenes fotográficas y claves taxonómicas, que posteriormente fueron liberados con cuidado en cada uno de los tramos correspondientes a la zona de estudio del balneario Hurtado - rio Guatapurí. La identificación respectiva se realizó con ayuda de lupas o lentes de aumento con el fin de analizar los rasgos característicos de cada especie según las imágenes fotográficas de las guías a llevar a la zona.

En caso de encontrar eventualmente, macroinvertebrados acuáticos muertos serán colectadas y preservadas en una mezcla de Etanol – glicerina en proporción 2:1 con la finalidad de servir de material didáctico en los laboratorios de la universidad Popular del Cesar, donde se realizó los análisis.

1. **“Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia” de Gabriel Roldán (1988).**
2. **“Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col.” de Roldán (2003).**
3. **“Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” (Roldán, 1987).**

Además de las anteriores guías se contó con un gran archivo fotográfico y muestras conservadas de macroinvertebrados acuáticos de diferentes tramos de la cuenca baja del río Guatapurí, entre este el Balneario Hurtado, que ha venido enriqueciéndose desde el año 2010 hasta la fecha que han sido parte de diferentes actividades académicas y que son de propiedad del director de esta investigación.

La clasificación e identificación taxonómica de los individuos se realizó hasta la Categoría de familia, exigido así por el método BMWP/COL (ver **5.3.3.3**). Sin embargo, se pudo hasta la categoría taxonómica de Género. La información taxonómica fue útil para el cálculo de la calidad ambiental del recurso hídrico en Aguas arriba, Balneario Hurtado y Aguas abajo.

- **Control de Calidad para la Taxonomía de macroinvertebrados acuáticos colectados.**

Es una modificación del método indicado en la guía macroinvertebrados acuáticos, determinación taxonómica y conteo, (IDEAM, 2006)

Un segundo taxónomo (el director del proyecto) no responsable de la determinación original realizó un chequeo de las muestras correspondientes y el nombre registrado de la familia del espécimen en los formatos de hojas de campo para el respectivo registro. Igualmente, se usaron lupas, aplicaciones de lupas para teléfonos celulares inteligentes, lente Zoom 60X – 100X y el material fotográfico, previamente almacenado en teléfonos celulares. En la columna control de calidad del segundo taxónomo de la hoja de campo, se dio el dictamen respecto a la validación o desestimación de la identificación realizada inicialmente.

5.5.1.2. Para la caracterización del bosque ribereño

Los muestreos de vegetación ripario se realizaron en nueve estaciones de monitoreo (**E**), distribuidas así: Aguas arriba (**E1, E2, E3**), Balneario Hurtado (**E4, E5 Y E6**) y Aguas Abajo (**E7, E8 y E9**) en ambas riberas, las cuales presentan características de vegetación de Bosque Seco Tropical (**BST**).

A. Vegetación del bosque ripario.

La caracterización florística del bosque de ribera de los tramos a estudiar en el río Guatapurí fue establecida por censo con identificación taxonómica in situ, recolección de muestras botánicas que se les realizó su respectivo análisis para su identificación hasta el nivel de especie, otras especies fueron identificadas en laboratorio. Se definió como zona de bosque ripario las franjas de árboles y arbustos que se encuentran a lo largo de las riberas, no se tuvo en cuenta las plantas anuales. Sin embargo, se prestó especial cuidado con aquellas plantas que pueden estar ubicadas debido a campañas de reforestación o aquellas que no son nativas de este ecosistema como es el caso más frecuente, el mango (*Mangifera indica*) entre otras (ver **6.2.3.1**)

Para establecer la estructura y composición de la vegetación del bosque de ribera, se establecieron áreas de muestreo de 500m² en cada tramo en ambos márgenes del río, teniendo en cuenta que las dos generaron un solo valor de puntos ya que no se tomaron como independientes sus condiciones bióticas (ver **Ilustración 18, Ilustración 19, Ilustración 20, Ilustración 21**). En cada área se establecieron transeptos paralelos de 50m de largo por 10 m de ancho separados por 2 metros aproximadamente. Todas las plantas enraizadas dentro del transepto y con diámetro a la altura del pecho (DAP) mínimo de 2.5 cm fueron censadas (ver **Ilustración 8**)

Al tener solo en cuenta las plantas leñosas, se consideraron como árbol aquel que presento características estándar como ser erguidos con un tronco definido y el arbusto a las plantas leñosas erguidas sin un tronco definido o que ramifican muy cerca del suelo. A cada planta se le midió el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) a 1,3 m del suelo, las de menor diámetro que 0,9 cm no fueron considerados para muestreo.

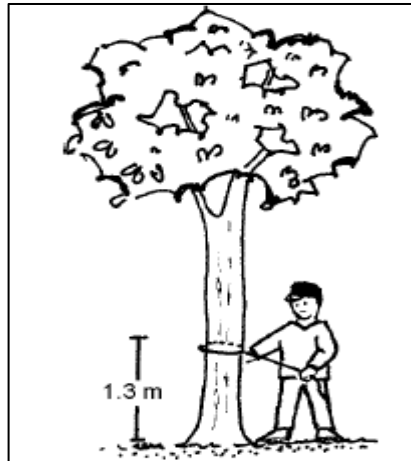


Ilustración 8. Medición de DAP

Fuente: (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2006)

Se tomaron datos morfológicos y se recolectaron muestras (hojas y flores) las cuales se preservaron bajo etanol al 70% para evitar desprendimiento de hojas, luego se continuó con el protocolo de empaquetamiento en papel periódico y posteriormente en bolsas plásticas transparentes acomodándolas en paquetes entrecruzados y amarrados con cabuyas para ejercer efecto de prensado, (Álvarez E. C., 2001) y (Villarreal H., 2006). Estas muestras sirvieron para la determinación taxonómica de la especie, de cada transecto en cada tramo, las características morfológicas de la planta facilitaron, también, su identificación. Además, se estableció su abundancia y rango de cobertura. Para estimar la cobertura, se registró el radio mayor y el menor de la copa de cada planta, mediante una cinta métrica. Las muestras botánicas fueron transportadas hasta los laboratorios de biología de la Universidad Popular del Cesar para su posterior identificación, utilizando guías o manuales especializados para bosque seco tropical como el de

(Morales, 2008) , (Vélez, 2004) y del **Manual de flora de Colombia del Instituto de Ciencias Naturales y Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Colombia**, que cuentan con claves taxonómicas e imágenes que sirvieron para la identificación de los taxones botánicos. Por último, se elaboró un inventario forestal a partir de un listado con el nombre científico (familia) o nombre común, especies, y la cantidad y los correspondientes datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de cada especie de los tramos estudiados.

5.5.2. ETAPA II: determinación de los parámetros físico – químicos (Alcalinidad total, Conductividad, dureza total, DBO5, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, temperatura, Solidos Suspendidos Totales, fósforo) de muestras de agua extraídas en el curso hídrico del balneario.

5.5.2.1. Para la Toma de Muestras de agua superficial

Para la determinación de los parámetros físico – químicos tales como alcalinidad, dureza total, DBO5, sólidos suspendidos, fósforo total, coliformes totales, coliformes fecales, tensoactivos y compuestos fenólicos (estos dos últimos solo evaluados aguas arriba y en temporada de lluvia), se realizó un muestreo de agua tipo puntual (IDEAM, 2010) en cada tramo: *Aguas arriba, Balneario y Aguas abajo* en recipientes acorde con las especificaciones de preservación para impedir la alteración de las muestras. Estas muestras fueron selladas y rotuladas para su respectiva caracterización en laboratorio, donde se almacenaron de forma provisional en embalajes isotérmicos que las conservaron a una temperatura ideal de 0 a 6°C evitando su evolución por acción de microorganismos. (Rodier, 2011) (Ver **6.3.1**)

Para tal fin, se tomó una muestra en cada tramo, considerando la poca variabilidad de las características del agua de una estación a otra, las cuales presentaron distanciadas de menos de 100 metros en cada tramo, donde cada muestra será

recolectada a una distancia de 3 a 5m del margen del río a una profundidad de 50cm de la superficie (Rodier, 2011) (ver **6.3.1**):

- a. Para las muestras de agua se recolectaron un volumen de 1 litro para un análisis completo de los parámetros, en donde la muestra fue llevada al laboratorio de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad Popular del Cesar sede Sabanas para determinar los parámetros de alcalinidad, dureza total y sólidos suspendidos totales.
- b. La toma de las muestras que fueron analizadas en un laboratorio independiente se realizó en recipientes de plástico de un litro y de 500 ml y de vidrio ámbar de un litro, a las cuales se les realizó análisis de los parámetros de fósforo total, coliformes totales y fecales, oxígeno disuelto, (convertido luego a porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, ver 5.5.2.2) tensoactivos y compuestos fenólicos (estos dos últimos solo evaluados en aguas arriba del balneario), durante el muestreo se realizó una purga de los recipiente a través de un triple lavado con el agua del afluente antes de tomar la muestra. Estas muestras fueron transportadas hacia la sede del laboratorio Bioindalamb para el análisis respectivo de los parámetros mencionados.

Los parámetros tales como conductividad, temperatura, pH, oxígeno disuelto (convertido luego a porcentaje de saturación) fueron analizados de forma in situ durante la temporada de sequía en cada una de los tramos de muestreo por medio de un equipo multiparamétrico propiedad del director del proyecto. El procedimiento fue realizado a partir de la **Guía de Monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del IDEAM del año 2010**. Para tal fin, se sumergió el equipo calibrado con anterioridad directamente en la mitad de la sección transversal del río de cada tramo donde presente poca turbulencia a una profundidad entre 20 a 30cm de la superficie; en caso de que no se pudo realizar este procedimiento, se tomó una muestra de agua que se transfirió a un balde plástico evitando la agitación y en donde se realizó inmediatamente la medición. (IDEAM, 2010)

➤ **Criterios para toma de muestras de agua:**

Para la toma de muestras de agua y procedimientos respectivos a determinar los análisis físico químicos y microbiológicos; se basó en los protocolos que establece el **IDEAM** para muestreos de agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2014). Además, se tomaron una serie de criterios a la hora de realizar el muestreo de aguas superficiales; entre estos serán:

- Se usaron envases compatibles con los parámetros analizados.
- Se enjuagaron los envases con el agua muestreada por lo menos dos veces de manera consecutiva.
- En el caso del empleo de muestreadores, inmediatamente después de la extracción de la muestra, enjuagarlo varias veces hasta eliminar cualquier vestigio de impureza y finalmente enjuagarlo con agua destilada.
- Se identificaron clara e inmediatamente las muestras. En algunos casos es mejor emplear un número correlativo o una clave que indique la fuente o el lugar de procedencia de la muestra.
- Las muestras se tomaron en los sitios de mayor mezcla, o inmediatamente después de ésta, para asegurar la representatividad del agua contenida en el punto de muestreo.
- Se evitó tomar las muestras en sitios muy cercanos a la orilla o bordes del cuerpo de agua.
- No se recolectaron sedimentos o materiales adheridos a la orilla o bordes del cuerpo de agua o superficie del mismo, así como tampoco se recolectaron partículas grandes.
- El análisis debe ser lo más pronto posible para garantizar una mínima alteración de la muestra de agua desde su origen hasta el laboratorio de análisis, sobre todo para muestras con alto contenido bacteriano.

5.5.2.2. Para la determinación de los parámetros físico – químicos para muestras de agua recolectadas.

Para parámetros In situ:

Los parámetros de conductividad, temperatura, pH, oxígeno disuelto (convertido luego a porcentaje de saturación de oxígeno disuelto) fueron analizados de forma in situ en cada una de los tramos de muestreo descritas anteriormente por medio de un equipo multiparamétrico (propiedad del director del proyecto) y fueron registradas en una planilla de formato de muestreo.

Porcentaje de saturación del oxígeno.

La solubilidad del oxígeno en el agua estuvo afectada por la temperatura. Así, a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa. Un cuerpo de agua puede aumentar la solubilidad en cerca de un 40% al bajar la temperatura de 25 a 0°C; esto se debe a que, en el agua fría, las moléculas se unen más, reteniendo por tanto mayor cantidad de oxígeno. Un cuerpo de agua que posee 14.6mg/L de oxígeno a 0°C puede bajar su concentración a 6.4mg/L a 40°C, ahora se entiende mejor por qué un aumento de temperatura puede llegar a desoxigenar un cuerpo de agua en un alto porcentaje. (Avecillas Arellano, 2013). Por lo anteriormente mencionado, se utilizó la tabla a continuación para convertir el nivel de Oxígeno Disuelto (OD) de unidades de partes por millón (ppm) a Porcentaje de Saturación del Oxígeno Disuelto (%OD). Para hacer esto, se siguieron las siguientes instrucciones:

1. Se determinó la temperatura y concentración de oxígeno disuelto en las muestras de agua extraídas de las estaciones de muestreo.
2. A partir de la tabla presentada a continuación, se buscó la temperatura cercana a la marcada de la zona de estudio y se toma el valor de oxígeno disuelto proporcionado por las mismas.
3. Teniendo los valores de oxígeno disuelto tanto de la zona de estudio como el de la tabla, se calculó el porcentaje de saturación con la fórmula:

$$\%saturacionOD = 100\% - \left(\frac{OD_{tabla} - OD_{muestra}}{OD_{tabla}} \right) * 100\%$$

Ecuación 1. Determinación del porcentaje de saturación de OD

Tabla 8. Dependencia de la concentración de oxígeno disuelto con respecto a la afectación de la temperatura del agua

Temperatura (°C)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	OD (mg/L)
0	14.16	12	10.43	24	8.25
1	13.77	13	10.20	25	8.11
2	13.40	14	9.98	26	7.99
3	13.05	15	9.76	27	7.86
4	12.70	16	9.56	28	7.75
5	12.37	17	9.37	29	7.64
6	12.06	18	9.18	30	7.53
7	11.76	19	9.01	31	7.42
8	11.47	20	8.84	32	7.32
9	11.19	21	8.68	33	7.22
10	10.92	22	8.53	34	7.13
11	10.67	23	8.38	35	7.04

Fuente: (Bain & Stevenson, 1998)

Para parámetros Ex situ

- a. Las muestras de agua que fueron utilizadas para determinar los parámetros de alcalinidad, dureza total y sólidos suspendidos totales para la temporada de lluvias se realizaron en el laboratorio de ingeniería ambiental de la Universidad Popular del Cesar sede Sabanas bajo las técnicas AWWA, APHA, WEF, Edición 22.20 (ver
- b. **Tabla 9)**
- c. Las muestras de agua que fueron utilizadas para determinar coliformes fecales y totales, Fósforo total, Oxígeno disuelto, tensoactivos y compuestos fenólicos se realizaron en el laboratorio Bioindalamb para la temporada de lluvias.
- d. Los parámetros mencionados (excepto tensoactivos y compuestos fenólicos) durante la temporada de sequía se realizaron en conjunto con el director del proyecto de investigación Nicolás Martínez García.

Para la determinación de los parámetros del inciso (a) se establecieron a través de las técnicas que se mencionan en la tabla a continuación:

Tabla 9. Parámetros y métodos utilizados para análisis de parámetros fisicoquímicos en agua.

Parámetros analíticos	Unidad de medida	Técnica analítica
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	SM 2320 B – Volumétrico con H ₂ SO ₄
Conductividad	μS/cm	SM 2510 B – Electrométrico
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C – Volumétrico con EDTA
Oxígeno disuelto	mg/L	Electrodo de membrana
Temperatura	°C	Termometría In situ SM 2550 B - Electrométrico
Fosforo total	mg/L	Método del ácido ascórbico
Sólidos suspendidos	mg/L	SM 2540 D – Gravimétrico
Coliformes fecales	UFC/ml	SM 9222 B - Filtración por membrana
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días
Compuestos fenólicos	Mg/L	SM 5530 B, D – destilación y fotométrico
Tensoactivos	Mg/L SAAM	SM 5540 C – fotométrico

Fuente. Autores del Proyecto, 2019

5.5.3. ETAPA III: Implementación de los índices de bosque de ribera (QBR), hábitat fluvial (IHF), índice biológico BMWP/COL e índice de contaminación ICO.

5.5.3.1. Para el índice de bosque de ribera (QBR)

Para la estimación del índice del bosque de ribera, se tuvo en cuenta la metodología propuesta por (Munné A. C., 1998) Con este índice se pretendió conocer la calidad ecológica del bosque ripario y establecer relación entre estos y la calidad ambiental del agua en los tres tramos del río estudiados (ver **Anexo A**)

A. Para la Fase de campo del QBR

Estuvo comprendida primeramente por una identificación in situ de flora riparia, toma de muestras de material vegetal y medición de la densidad poblacional del

bosque de ribera; y el segundo por la aplicación del protocolo usando unas hojas de campo.

Los protocolos descritos fueron estructurados en dos columnas verticales paralelas. En la columna de la izquierda se describieron los pasos que se siguieron para dar aplicación debida a cada uno de los cuatro bloques de los que consta la metodología del índice. La columna de la derecha, por su parte, incluyó las observaciones, recomendaciones y explicaciones con el fin de facilitar la comprensión y cuidados procedimentales para la ejecución de cada uno de los pasos descritos en la izquierda.

Tabla 10. Consideraciones previas que se tendrán en cuenta en la aplicación del índice QBR.

Pasos a seguir	Consideraciones a tener en cuenta para el índice
<p>1 selección del área de observación Se seleccionó un tramo de 150 m procurando que albergue unas riberas representativas de la masa de agua. Se consideró la totalidad de la anchura potencial del bosque de ribera para el cálculo del QBR. En ella se diferencié y delimitó visualmente el canal bajo del río, la orilla y la ribera.</p> <p>Se tuvo en cuenta que en zonas llanas de tramos medios y bajos las riberas pueden ocupar franjas de decenas o incluso centenares de metros de anchura. Los indicadores útiles para diferenciar los ámbitos de aplicación del índice fueron:</p> <p>Límite orilla-ribera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Talud • Especies presentes • Límite externo de la ribera: • Composición específica de la comunidad vegetal • Manchas residuales de vegetación de ribera • Cambio en la orografía del terreno: aumento de la pendiente 	<p>Canal bajo. Zona del cauce inundada durante la mayoría de días del año.</p> <p>Orilla. Zona del cauce inundable en crecidas ordinarias en un periodo aproximado de dos años.</p> <p>Ribera. Zona inundable en crecidas de gran magnitud (periodos de hasta 100 años). Pueden estar incluidas diversas terrazas aluviales.</p> <p>La acción modeladora de las crecidas ordinarias suele resultar en la formación de un talud que marca el límite y se convierte en el mejor indicador del final de la orilla y el inicio de la ribera.</p> <p>La orilla se ve afectada de forma frecuente por crecidas de caudal, por lo tanto, las especies vegetales que viven en ella tienen que estar adaptadas a estas perturbaciones. Los halófitos y en especial las plantas de porte arbustivo son por su flexibilidad las mejor adaptadas a estas condiciones. La sustitución de estas especies por leñosas más rígidas puede ser indicativo de la interface orilla-ribera.</p> <p>Para determinar el límite externo de riberas con cobertura vegetal natural, el mejor indicador a considerar fue el cambio</p>

Pasos a seguir	Consideraciones a tener en cuenta para el índice
<p>Observación de la orilla opuesta o de tramos situados aguas arriba o aguas abajo</p>	<p>de comunidades dominadas por especies de ribera a comunidades dominadas por especies propias del eco-sistema forestal adyacente.</p> <p>En riberas alteradas por usos agrícolas o, de forma parcial, por usos urbanos o industriales, la presencia de manchas residuales de vegetación de ribera más allá de los prados, campos de cultivo o espacios construidos. Su existencia sirve de indicador de la proximidad del nivel freático a la superficie y por lo tanto la extensión de la zona de ribera.</p> <p>Un aumento significativo de la pendiente también puede ser un buen indicador del límite de la ribera, dado que implica un distanciamiento entre la superficie y el nivel freático.</p> <p>En casos en que la zona de ribera estuviese completamente alterada por actividades humanas y no se aprecie ninguno de los indicadores mencionados, o cuando a pesar de haber indicadores persisten las dudas sobre el límite de la ribera, busca referencias en la ribera opuesta o en otros tramos de río cercanos, de condiciones geomorfológicas (anchura y pendiente del río, pendiente de las riberas) parecidas. En estos casos se pudo estimar la anchura de la ribera de estudio a partir de estos referentes.</p>
<p>2 independencia de los bloques a analizar</p> <p>Los cuatro bloques en que se basa el QBR para su cálculo son independientes y la puntuación de cada bloque no excedió los 25 ni estuvo por debajo de 0.</p>	
<p>3 cálculo bloque por bloque</p> <p>En cada bloque se inició puntuando con una de las cuatro opciones principales, 25, 10, 5 o 0. Se pudo escoger solamente una entrada: la que cumpla la condición exigida siempre leyendo de arriba a abajo. La puntuación final de cada bloque pudo ser modificada por las condiciones expuestas en la parte baja de cada</p>	<p>De las cuatro opciones principales se escogerá sólo una.</p> <p>La puntuación final de cada bloque se redondeó a 25 si excede de esta cifra o a 0 si es negativa.</p> <p>Las condiciones se analizaron considerando ambos márgenes del río como una sola unidad.</p>

Pasos a seguir	Consideraciones a tener en cuenta para el índice
bloque, tantas veces como se cumpla la condición (sumando o restando puntos).	
4 puntuación final La puntuación final se calculó a partir de la suma de los cuatro bloques y, por lo tanto, varió entre 0 y 100.	
5 nota Los puentes y caminos utilizados para acceder a la estación de muestreo no fueron tenidos en cuenta para la evaluación del índice QBR de la zona. Se tuvo en cuenta que el QBR debió ser analizado aguas arriba o debajo de estos lugares de acceso. Otros como puentes o las carreteras (por ejemplo, las paralelas al río) sí se consideraron.	Los tramos por los que se acceden a ríos suelen estar perturbados dado la fácil accesibilidad y pueden hacer disminuir la puntuación. Se realizaron diversos transeptos por tramos de estudio y se evaluaron el QBR en un tramo largo para tener una puntuación representativa de la zona.

Fuente. (Munné A. C., 1998)

Delimitación del espacio fluvial Ámbito de aplicación del índice QBR: Índice de aplicación en riberas de cursos fluviales permanentes.

Tabla 11. Bloque 1 Determinación del grado de cobertura de la zona de ribera.

Consideraciones	Observaciones
<p>Grado de cobertura riparia Se realizó la medición del % de cobertura de toda la vegetación, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Se tuvo en cuenta, pues, árboles, arbustos (tanto pequeñas matas como grandes arbustos) y la posible presencia de trepadoras, cañas y herbáceas no anuales. Se consideraron ambos lados del río conjuntamente (ribera derecha e izquierda).</p> <p>Se evaluó el grado de cobertura tan sólo de las riberas, excluyendo las orillas y el canal bajo.</p> <p>Se hizo referencia en la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente a la hora de sumar o restar puntos.</p>	<p>Nos interesó puntuar la cobertura del terreno por parte de la vegetación sin tener en cuenta su estructura vertical, que se puntuó en el apartado siguiente. Se destacó en este bloque el papel de la vegetación como elemento estructurador del ecosistema de ribera.</p> <p>Tampoco se pretendió valorar la calidad de la cobertura. Se consideró pues toda la vegetación (excepto las plantas anuales), incluyendo las posibles plantaciones y cultivos de especies no anuales, los frutales y también especies arbustivas indicadoras de alteración como las cactáceas.</p> <p>Los caminos no asfaltados con menos de 4 metros de anchura no se consideraron como elementos de aislamiento con el ecosistema adyacente. Sí que se consideraron elementos que</p>

Consideraciones	Observaciones
	<p>rompieran la conectividad, además de las carreteras asfaltadas y los caminos anchos, los campos de cultivo y en general todos los usos del suelo que implicaron la desaparición de la cobertura vegetal natural (construcciones, suelo industrial, actividades extractivas, etc.), tanto los que se encontraron dentro de la zona de ribera como los que se encontraron en el límite entre la ribera y el ecosistema adyacente. Los canales de derivación de agua a cielo abierto se consideraron elementos de aislamiento cuando no contaron con estructuras que facilitaran el paso de las especies de fauna vinculadas a ambientes ribereños (pasos para cruzar, rampas para salir en caso de caída, etc.).</p>

Fuente. (Munné A. C., 1998)

Tabla 12. Bloque 2 determinaciones de la estructura de la cobertura

Consideraciones	Observaciones
<p>Estructura de la cobertura</p> <p>La puntuación se realizó según el porcentaje de cobertura de árboles y arbustos. Se valoró solamente sobre las zonas donde existe cobertura de vegetación, no sobre la totalidad de las riberas. Se tuvo en cuenta que, sobre una misma superficie, la suma del porcentaje de cobertura de árboles y arbustos pudo ser superior al 100% dado que son estratos de vegetación diferentes que pueden sobreponerse.</p> <p>La puntuación de la entrada principal seleccionada estuvo en función del grado de cobertura a determinar en el bloque 1.</p> <p>Se consideraron las riberas de ambos márgenes (derecha e izquierda)</p> <p>Elementos como la linealidad en los pies de los árboles (síntoma de plantaciones), o las áreas de cobertura distribuidas no uniformemente y formando manchas fueron penalizadas, restaron puntos, en el índice mientras que la presencia de halófitos y arbustos en la orilla y la interconexión entre</p>	<p>En este apartado lo que se pretendió fue medir la complejidad de la vegetación que se consideró como causa de una mayor biodiversidad animal y vegetal en la zona.</p> <p>Cuando la cobertura arbórea y la arbustiva se sobrepusieron, es decir, cuando por debajo de los árboles se encontró arbustos, la suma de los porcentajes de cobertura de árboles y arbustos de una mancha de vegetación se consideró superior al 100%.</p> <p>Para no redundar en la valoración del grado de cobertura de las riberas se analizó sólo la estructura de aquellas zonas cubiertas de vegetación. Aun así, la puntuación fue ponderada teniendo en cuenta la cobertura evaluada en el bloque 1, de modo que no se pudo obtener una buena puntuación en casos en que la cobertura fue baja por muy bien estructurada que esté la vegetación. De esta manera se evitó la sobrevaloración</p>

Consideraciones	Observaciones
<p>árboles y arbustos en la ribera si se potenciaron, sumaron puntos.</p> <p>La falta de un sotobosque consolidado evidenció una degradación del ecosistema y resta en la puntuación del bloque.</p>	<p>de pequeñas islas de vegetación en muy buen estado.</p> <p>Cuando a causa de las características geomorfológicas o hidrológicas del tramo el bosque adyacente ocupase la zona de ribera, este se contabiliza en los apartados de cobertura, estructura y calidad de la cubierta.</p>

Fuente. (Munné A. C., 1998)

Tabla 13. Bloque 3 determinaciones de la calidad de la cobertura.

Consideraciones	Observaciones
<p>Calidad de la cobertura</p> <p>Para rellenar este apartado se determinó primero el tipo geomorfológico mediante las indicaciones del reverso de la hoja de campo, ver hoja de campo QBR.</p> <p>Una vez seleccionado el tipo geomorfológico se contabilizó el número de especies arbóreas y arbustivas nativas presentes en la orilla y la ribera.</p> <p>Las especies no hidrófilas típicas y las especies de los ecosistemas forestales adyacentes a la zona riparia de las riberas de los ríos temporales y de los tramos de cabecera se contabilizaron igualmente en la valoración de la calidad de la cubierta.</p> <p>Los bosques en forma de túnel a lo largo del río se consideraron como incrementadores en la puntuación dependiendo de su porcentaje de recubrimiento a lo largo del tramo estudiado.</p> <p>La disposición de las diferentes especies arbóreas en franjas paralelas, es decir en grupos que se sucedan de más cerca a más lejos del agua, se consideró como sumario para el valor del índice.</p> <p>La diversidad de especies arbustivas autóctonas mejoró la puntuación.</p> <p>Aquellas especies introducidas en la zona y naturalizadas penalizaron, restando puntos, en este bloque del índice. La penalización fue más fuerte cuando se encontraron formando comunidades y</p>	<p>Para determinar el tipo geomorfológico hubo que usar el reverso de la hoja de campo del método. En esta parte se indicaron con un círculo la puntuación del margen izquierdo y del derecho según su desnivel y forma. La puntuación final se obtuvo de la suma de los dos márgenes complementada por las restas y sumas de los apartados inferiores. La presencia de islas en el río es factor para decrecer la puntuación, mientras que la presencia de un suelo rocoso y duro (losas) con una baja potencialidad para enraizar una vegetación de ribera la hizo aumentar. El resultado de la operación indicó el tipo geomorfológico del canal del tramo estudiado sobre el cual se hizo referencia para la determinación de la columna que hubo que utilizar en la puntuación del tercer bloque.</p> <p>Se contó con una lista de las especies introducidas (consideradas no naturales) propias para este bosque ripario.</p> <p>No se tuvo en cuenta las estructuras o construcciones de dimensiones muy reducidas ni tampoco aquellas que se haya completamente naturalizadas e integradas en la vegetación. La presencia de basuras dispersas fruto de la capacidad de arrastre del agua o de una acción incívica aislada no fue considerada. Sólo se penalizaron las zonas de acumulación de basuras por vertidos o por recurrencia de los usuarios de los tramos estudiados.</p>

Consideraciones	Observaciones
<p>menor si se encontraron tan sólo de forma aislada.</p> <p>La existencia de estructuras o construcciones de origen antrópico y los vertidos de basuras hicieron que se disminuya la calidad y por lo tanto también la puntuación.</p>	

Fuente. (Munné A. C., 1998)

Tabla 14. Bloque 4 Determinación del grado de naturalidad del canal fluvial.

Consideraciones	Observaciones
<p>Grado de naturalidad del canal fluvial</p> <p>La modificación de las terrazas adyacentes al río implica que el canal de éste se reduzca, los márgenes se hagan más derechos y el río más recto. Los campos de cultivo cercanos al río y las actividades extractivas producen este efecto.</p> <p>Cuando además se encuentren estructuras sólidas, como paredes, muros, etc., los signos de alteración son más evidentes y la puntuación más baja.</p> <p>La presencia de cualquier tipo de estructura artificial dentro del lecho del río restó en la puntuación final del bloque</p>	<p>No se consideraron los puentes ni los pasos para cruzar el río utilizados para acceder a la estación de muestreo a efectos del cálculo del QBR.</p>

Fuente. (Munné A. C., 1998)

Las estaciones seleccionadas para conocer el índice QBR fueron las mismas establecidas para la colecta de macroinvertebrados acuáticos, para el muestreo de agua con posterior análisis fisicoquímico y microbiológico, y la caracterización de hábitat fluvial.

Posteriormente se procedió a realizar el cálculo y análisis de los resultados del índice QBR en los laboratorios de biología de la Universidad Popular del Cesar (ver **6.4.1**). Los resultados fueron consignados en el formato de protocolo del QBR para ríos permanentes y semipermanentes que establece (Munné, Prat, Solà, & C., 1998). Teniendo en cuenta el puntaje total del QBR obtenido de aguas arriba,

Balneario y aguas abajo asignados por la metodología propuesta, se estimó el nivel de calidad del bosque de ribera (ver *Tabla 1*)

B. Para recolección y observación de residuos sólidos

En el área de estudio, se desarrollaron dos jornadas de observación con el propósito de establecer las fuentes de contaminación del Balneario Hurtado y demás tramos estudiados

5.5.3.2. Para la caracterización de la capacidad del hábitat físico: Índice de Hábitat Fluvial

A. Para la fase de campo de índice de hábitat fluvial (IHF)

El IHF, fue evaluado utilizando la metodología propuesta (Pardo, y otros, 2002). En nueve estaciones de monitoreo (**E**), distribuidas así: Aguas arriba (**E1, E2, E3**), Balneario Hurtado (**E4, E5 Y E6**) y Aguas Abajo (**E7, E8 y E9**); con los siguientes parámetros: Inclusión de rápidos/pozas, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad/profundidad, porcentaje de sombra del cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuático; donde se valoró cada bloques o apartados de forma independiente la presencia de distintos componentes en el cauce fluvial. (Ver **Anexo B**)

*Con la aclaración de que el índice fue aplicado durante periodos en los que el caudal sea bajo, de modo que el sustrato y las características del canal puedan verse con facilidad. Además, no se evaluó el hábitat inmediatamente después de una crecida. (Pardo, y otros, 2002). **Por lo anterior, se aplicó este índice en época de sequía en cada estación de la zona de estudio.** Esta metodología para la determinación del IHF se describe a continuación:*

Tabla 15. Consideraciones previas que se tendrán en cuenta en la aplicación del índice IHF

Pasos que se siguieron	Observaciones tenidas en cuenta
<p>1. Selección del área de observación</p> <p>Se seleccionó un tramo de 150 m procurando obtener toda la información representativa de las características del canal de la masa de agua. De tal forma que permita evaluar los siete bloques del índice</p>	<p>El índice fue aplicado durante periodos en los que el caudal sea bajo, de modo que el sustrato y las características del Canal puedan verse con facilidad. No evaluar el hábitat inmediatamente después de una crecida.</p>
<p>2. Independencia de los bloques a analizar</p> <p>Los siete bloques en los que está basado el IHF son independientes y la puntuación de cada uno de ellos no fue superior a 30 ni estuvo por debajo de 10</p>	<p>En cada bloque se valoró solamente la presencia de cada uno de los parámetros Indicados, no su ausencia.</p>
<p>3. Puntuación final</p> <p>La puntuación final se calculó a partir de la suma de los siete bloques y, por lo tanto, varió entre 0 y 100.</p>	

Fuente. (Pardo, y otros, 2002)

Las consideraciones útiles para la aplicación del índice IHF fueron las siguientes:

Tabla 16. Bloque 1 Determinación Inclusión rápidos - sedimentación pozas

Consideraciones	Observaciones
<p>Inclusión rápidos - sedimentación pozas</p> <p>Inclusión: Se contabilizó el grado en que las partículas del sustrato están fijadas en el lecho del río.</p> <p>Sedimentación: Consiste en la deposición de material fino en las zonas lenticas del río.</p>	<p>La inclusión se midió aguas arriba y en la parte central de rápidos y zonas de piedras, donde no exista una deposición de sedimentos y la distribución de las partículas del sustrato pueda verse con mayor claridad</p>

Fuente. (Pardo, y otros, 2002)

Tabla 17. Bloque 2 Frecuencia de rápidos.

Consideraciones	Observaciones
<p>Frecuencia de rápidos</p>	<p>Se pretende evaluar la heterogeneidad del curso del río. El que se produzca de forma frecuente la alternancia de rápidos</p>

Consideraciones	Observaciones
Se realizó una estima promedio de la aparición de rápidos con respecto a la presencia de zonas más remansadas.	con pozas a la escala de tramo fluvial, asegura la existencia de una mayor diversidad de hábitats para la comunidad de organismos acuáticos.

Fuente. (Pardo, y otros, 2002)

Tabla 18. Bloque 3 determinaciones de Composición del sustrato.

Consideraciones	Observaciones
<p>Composición del sustrato Se realizó una estima visual aproximada de la composición media del sustrato, siguiendo las categorías del RIVPACS (River InVertebrate Prediction And Classification System).</p>	<p>El diámetro de partícula considerado en las categorías del RIVPACS es el siguiente: Bloques y piedras: > 64 mm. Cantos y gravas: > 64 mm > 2mm. Arena: 0,6 - 2mm. Limo y arcilla: <0,6 mm..</p>

Fuente. (Pardo, y otros, 2002)

Tabla 19. Bloque 4 Determinación Regímenes de velocidad/profundidad

Consideraciones	Observaciones
La presencia de una mayor variedad de regímenes de velocidad y profundidad proporcionara una mayor diversidad de hábitats disponibles para los organismos.	Como norma general se consideró una profundidad de 0,5 m para distinguir entre profundo y somero; y una velocidad de 0,3 m/s para separar rápido de lento.

Fuente. (Pardo, y otros, 2002)

Tabla 20. Bloque 5 Determinación Porcentaje de sombra en el cauce.

Consideraciones	Observaciones
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.	

Fuente. (Pardo, y otros, 2002)

Tabla 21. Bloque 6 Determinación Elementos de heterogeneidad.

Consideraciones	Observaciones
Medió 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.	En este apartado se tuvo en cuenta únicamente la aparición de los elementos indicados. Si no presentaron aparición no se les dio ninguna puntuación

Fuente. (Pardo, y otros, 2002)

Tabla 22. Bloque 7 Determinación Cobertura y diversidad vegetación acuática.

Consideraciones	Observaciones
Se midió 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 fue superar el 50%.	<p>Plocon: incluye organismos fijos al sustrato por un extremo -rizoides- en muchos casos desprendidos y flotando, por ejemplo, Cladophora, Zygnematales, Oedogoniales y Briófitos.</p> <p>Pecton: incluye talos aplanados, laminares o esféricos, por ejemplo, Nostoc, Hildenbrandia, Chaetoforales, Rivulariáceas, fieltros de Oscillatoria o perifiton de diatomeas.</p> <p>Fanerógamas y charales: especies de los géneros Potamogeton, Ranunculus, Ceratophyllum, Apium, Lemna, Myriophyllum, Zannichellia o Rorippa y Chara.</p> <p>Briófitos: incluyen musgos y hepáticas.</p>

Fuente. (Pardo, y otros, 2002)

Por último, se organizó toda la información recolectada y posteriormente se procedió a realizar el análisis de los resultados del índice IHF utilizando la metodología propuesta. Esta calificación fue en cada bloque de forma independiente, donde su valoración dependió únicamente de sus propios factores; en total son 7 bloques a analizar. La puntuación final del índice fue el resultado de la suma de la puntuación obtenida en cada uno de los bloques y nunca puede ser mayor que 100 (Pardo, y otros, 2002), (ver **Tabla 2**). La hoja de campo donde se agregan los datos observados y las consideraciones de aplicación y metodología del índice presentadas (ver **Anexo B**)

5.3.3.3. Para el índice biológico de BMWP/COL

A. Procesamiento de resultados de índice biológico BMWP/COL.

El índice **BMWP/Col** (modificación del índice Biological Monitoring Working Party de Inglaterra), consideró diferentes valores por familia cuya sumatoria total identificó un tipo de calidad de agua (Alba Tercedor, 1978) de manera que se utilizó el mismo valor de 10, considerado por (Jacobsen, 1998).

El índice BMWP/Col se calculó con taxones de macroinvertebrados clasificados hasta familias, ya que así lo propone su metodología, sin embargo, los trabajos realizados por (Roldán P G. , 2003); permiten identificar las taxas hasta la categoría taxonómica de género por lo que se ha permitido conocer mejor la biodiversidad de macroinvertebrados en los tramos de estudio (ver **Tabla 3**).

Los resultados de la calidad de agua producidos por el índice BMWP/Col fueron tabulados con su color y valor respectivo (ver **Tabla 4**)

5.5.3.4. Para el índice de contaminación ICO

A partir de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos determinados anteriormente; fueron evaluados a partir de los índices de contaminación ICO:

A. Índice de contaminación biótico (ICOBIO)

Este método propuesto por (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997) tiene en cuenta las especies de macroinvertebrados encontrados en cada una de las estaciones de muestreo mediante la comparación de pares de estaciones, estableciendo un valor de acuerdo al número de familias comunes. Se calculó

utilizando el índice de presencia- ausencia, el cual tiene en cuenta la siguiente ecuación

$$D = 1 - \frac{a}{a + b + c}$$

Ecuación 2. Cálculo de índice de contaminación biótico

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

D= Disimilitud entre 2 estaciones

a = Número de taxones comunes entre 2 estaciones

b = En sistemas loticos; número de taxones que solo existen aguas arriba.

En sistemas lenticos número de taxones que solo existen en las proximidades del vertimiento.

c = En sistemas loticos; número de taxones que solo existen aguas abajo. En sistemas lenticos; número de taxones que solo están en el centro o en el extremo radial, según se compare el centro o el extremo radial con el punto próximo al vertimiento.

Las dos estaciones con las que se estableció el ICOBIO fueron las de aguas arriba y aguas abajo para así conocer el impacto generado en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el balneario Hurtado.

B. Índice de contaminación trófico (ICOTRO)

Según (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997), el ICOTRO se fundamenta en la concentración del fósforo total. A diferencia de los demás índices, en los cuales se determinó un valor particular entre 0 y 1, la concentración del fósforo total define por sí misma una categoría discreta a saber (ver **Tabla 5**).

C. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)

Según (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997) se determinó tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos, proponen la siguiente metodología para su determinación.

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 \text{ solidos suspendidos (mg/l)}$$

Ecuación 3. Cálculo de índice de contaminación por solidos suspendidos

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

Solidos Suspendidos > 340mg/l tienen ICOSUS = 1

Solidos Suspendidos < 10mg/l tienen ICOSUS = 0

D. Índice de contaminación por mineralización ICOMI

Integra conductividad, dureza y alcalinidad, (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997) a continuación, se mostró las ecuaciones para su formulación.

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{\text{conductividad}} + I_{\text{dureza}} + I_{\text{alcalinidad}})$$

Ecuación 4. Cálculo de índice de contaminación por mineralización

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

Donde

$$I_{\text{conductividad}} = 3,26 + 1,34 \text{Log}_{10} \text{Conductividad} \left(\frac{\mu S}{cm} \right) = 10^{\text{Log } I_{\text{conductividad}}}$$

Conductividades mayores a 270uS/cm, tiene un índice de conductividad de 1

Ecuación 5. Cálculo de índice de conductividad

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

$$I_{\text{dureza}} = -9,09 + 4,40 \text{Log}_{10} \text{Dureza} \left(\frac{mg}{l} \right) = 10^{\text{Log } I_{\text{dureza}}}$$

Durezas mayores a 110 mg/L tienen un índice = 1

Durezas menores a 30 mg/L tienen un índice = 0

Ecuación 6. Cálculo de índice de dureza

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

$$I_{\text{alcalinidad}} = -0,25 + 0,005 \text{Alcalinidad} \left(\frac{mg}{l} \right)$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen un índice = 1

Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen un índice = 0

Ecuación 7. Cálculo de índice de alcalinidad

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

E. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Según (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997), se tuvo en cuenta la demanda bioquímica de oxígeno, Coliformes totales y el porcentaje de saturación de oxígeno.

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{oxigeno\%})$$

Ecuación 8. Cálculo de índice de contaminación por materia orgánica

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

Donde

$$I_{DBO} = -0,05 + 0,70 \log_{10} DBO \left(\frac{mg}{l} \right)$$

DBO mayores a 30mg/L = 1

DBO menores a 2mg/L = 0

Ecuación 9. Cálculo de índice de DBO

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

$$I_{coliformes} = -1,44 + 0,56 \log_{10} Coliformes \left(\frac{NMP}{100ml} \right)$$

Coliformes mayores a 20000 NMP/100ml tienen un índice = 1

Coliformes menores a 500 NMP/100ml tienen un índice = 0

Ecuación 10. Cálculo de índice de Coliformes

Fuente (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

$$I_{oxigeno\%} = 1 - 0,01 oxigeno\%$$

Oxígeno mayores a 100% tienen un índice = 0

Ecuación 11. Cálculo de índice de %oxígeno disuelto

Fuente. (Ramírez A. , Restrepo, Viña, & otros, 1997)

Por último, los cálculos de los índices ICO utilizados fue llevada a cabo con el software libre ICATest v1.0 (Fernández, Ramos, & Solano, 2005) de la Universidad de Pamplona, con este se realizó los cálculos de cada uno, a excepción del ICOTRO que se calculó comparando los resultados de fósforo totales con los rangos estándar preestablecidos por el método para así concordar el tipo de calidad de agua según este índice (ver **Tabla 5**).



Ilustración 9. Interfaz del programa ICATEST
Fuente. (Fernández, Ramos, & Solano, 2005)

Este software generó los resultados en términos de:

- 1° **Valor del índice (i):** valoración o puntuación total del índice.
- 2° **Valor del subíndice:** valoración dada por parámetros que conforman el índice.
- 3° **Grado de contaminación:** fue una de las siguientes: bajo, medio, alto o muy alto.
- 4° **Rango (r):** Intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo del índice.
- 5° **Número de parámetros:** la cantidad de parámetros que conforman el índice.
- 6° **Gráfico de barras:** se muestra el comportamiento de cada variable analítica por separado.
- 7° **Escala de color:** se asocia un color con el valor del índice de contaminación (ver **Tabla 6**)

A partir de los valores arrojados del Índice ICO en cada tramo se realizó el registro respectivo de cada valor en las temporadas de lluvia y sequía. Esta comparación

estableció el grado de aceptación del recurso hídrico del balneario con respecto al uso otorgado; es decir, definió la condición actual del río Guatapurí bajo las condiciones de la normatividad nacional vigente.

5.5.4. ETAPA IV: evaluación de la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – río Guatapurí a partir de los resultados de los índices QBR, IHF, BMWP/COL e ICO en comparación con los estándares de normatividad ambiental vigente.

5.5.4.1. Comparación de parámetros físico – químicos con la normatividad ambiental vigente

A partir de la tabulación de los análisis realizados en los laboratorios; se comparó la información con la normatividad que establece los valores máximos permitidos con relación al uso del recurso hídrico, esta se encuentra referenciada en el artículo 2.2.3.3.9.7 del Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015 ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; esta comparación fue con la tabla:

Tabla 23. Niveles permisibles para uso del recurso hídrico de contacto primario

REFERENCIA	EXPRESADO	VALOR
Coliformes fecales	NMP	200microorganismos/100ml
Coliformes totales	NMP	1000microorganismos/100ml
Tensoactivos	SAAM	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	0,002
Oxígeno disuelto	% saturación	70% concentración de saturación
pH	Unidades	5 – 9

Fuente: Decreto 1076 de 2015; Artículo 2.2.3.3.9.7.

Esta comparación estableció el grado de aceptación del recurso hídrico del balneario con respecto al uso otorgado; es decir, definió la condición actual del río Guatapurí bajo las condiciones de la normatividad nacional vigente.

Cabe destacar que, los parámetros de Tensoactivos y Compuestos fenólicos que se encuentran referenciados en la norma citada solo se tuvieron en cuenta para su análisis en la muestra de agua tomada en el tramo aguas arriba del balneario durante la temporada de lluvia, a modo de datos de información que permitió conocer la concentración de estos parámetros y el estado de calidad del agua del río conforme a la establecido en la norma, bajo la consideración de que no existen indicios de fuentes de contaminación que provoquen su presencia en el agua del río Guatapuri, según la justificaciones presentadas a continuación:

- Estos parámetros están asociados a contaminación de carácter industrial (farmacéutica – perfumería – explosivos – resinas – petróleo – cuero – colorantes – textilerías – plaguicidas – pesticidas) (Camacho Campos, 2004); El área de estudio, concerniente al balneario Hurtado, no presenta fuentes de descargas de carácter industrial identificadas, evidenciado en el Plan de Ordenamiento Territorial de Valledupar según los régimen de uso establecidos dentro del POT (Alcaldía de Valledupar, 2015); además, no hay registro de permisos de vertimientos industriales que puedan generar indicios de posibles concentraciones por encima de la norma en el balneario Hurtado. En caso de realizar los análisis de laboratorio de los parámetros en mención; los resultados estarían por debajo del límite de detección establecido por la norma (0,002mg/l para compuestos fenólicos). Incluso, tomando como punto de comparación las aguas de uso recreativo como las playas de Bocanegra y Marbella en la ciudad Cartagena de Indias en Colombia con gran influencia de fuentes de contaminación industrial específicamente en la bahía – la zona industrial de Mamonal – el canal del dique – la actividad portuaria y marítima – descargas de aguas domesticas; según los estudios realizados por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas para el año 2004, los compuestos fenólicos y SAAM presentan concentraciones inferiores a la

norma lo que descarta en ese caso una contaminación industrial por estos parámetros (Yepes Mayorca, 2006)

- Dentro de la zona de estudio, no se contempla la presencia de lavaderos certificados o no certificados que indiquen que se esté presentando vertimientos de detergentes o tensoactivos en el área de estudio, teniendo como indicio la presencia de espumas.
- Algunas enfermedades derivadas de los compuestos fenólicos que pueden afectar en el hombre por contacto primario o por ingestión e inhalación serían irritación, necrosis, afecciones cardiovasculares, acidosis metabólica, efectos neurológicos, cianosis (USEPA, 2005) y afectaciones a la fauna acuática en cuanto a su degradación y decrecimiento de la misma en el cuerpo de agua. (Merck & Buikema, 1983). En relación a esto, se solicitó formalmente información concerniente a reportes de enfermedades en bañistas relacionadas por la presencia de estos contaminantes en el agua a la SECRETARIA DE SALUD DEPARTAMENTAL en el área del SISTEMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA. En respuesta a ello, indican las autoridades de salud departamental que no se ha registrado información en el sistema de salud pública casos al respecto (ver **Anexo C**). Por consiguiente; no se evidencia que se haya presentado alertas preventivas de prohibición de los turistas a entrar en contacto primario con aguas del balneario Hurtado y demás área de estudio.
- Para la ciudad de Valledupar, el río Guatapurí es fuente de abastecimiento para la potabilización del agua utilizada para consumo humano y doméstico. por tanto, la empresa de servicios públicos EMDUPAR S.A. E.S.P. realiza análisis físico químicos para evaluar la calidad del agua del río en función del uso propuesto según los lineamientos de calidad de agua establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3. y 2.2.3.3.9.4. del decreto 1076 de 2015. En ellos se encuentran los parámetros tensoactivos y compuestos fenólicos; ante esto, se realizó una solicitud a la empresa EMDUPAR S.A E.S.P. para obtener información acerca de datos asociados a la evaluación de calidad del agua

que involucren los parámetros mencionados. Sobre esta petición, la entidad comunicó que: “no dispone de caracterizaciones donde sean evaluados parámetros físico químicos correspondientes a compuestos fenólicos y tensoactivos en la fuente de abastecimiento del río Guatapurí”, debido a que en ella no se evidencia una fuente de contaminación que aporte dichas sustancias de manera significativa. Dentro de los planes de monitorización que ellos llevan, desde mucho tiempo atrás, no han podido establecer contaminación de las aguas del río por esta sustancia (ver **Anexo E**).

- La realización de los análisis para los parámetros Compuestos fenólicos y Tensoactivos requiere de procedimiento de laboratorio especializados, que actualmente la universidad no proporciona, además, las posibilidades para realizar la medición de la concentración de estos en laboratorios particulares, presenta costos elevados por cada parámetro. En consideración a esto resulta no ser viable económicamente, para los intereses del proyecto de pregrado. Además, no se justificaría hacer dicha inversión teniendo en cuenta que entes de control sanitario evidencian que no hay presencia significativa para este tipo de sustancias orgánicas. (ver **Anexo D**).

5.5.4.2. Evaluación final de la calidad ambiental del balneario Hurtado – Río Guatapurí

A partir de la valoración de los parámetros físico – químicos en referencia a la normatividad ambiental vigente (Decreto 1076 de 2015; Artículo 2.2.3.3.9.7.) que reglamenta el uso respectivo de este recurso hídrico, se realizó la determinación y evaluación de la calidad ambiental del balneario Hurtado – río Guatapurí en donde se mostró en síntesis los resultados de cada uno de los índices respectivos con su coloración y calificación; logrando corroborar el resultado dado en los análisis de laboratorio y comparación respectiva.

A partir del argumento anterior, se determinó la calidad ambiental del balneario Hurtado – río Guatapurí y las zonas altas y bajas influentes en este balneario a partir de los datos arrojados por cada uno de los índices aplicados con anterioridad.

Para ello, se realizó una serie de evaluaciones respectivas con respecto a la influencia o significancia que tuvieron entre si los índices aplicados; es decir, se determinó el grado de correlación que pudo existir entre las diferentes combinaciones posibles de los índices que definió la evaluación de la calidad ambiental por medio de la correlación que, presentada, esto se realizó a través de un modelamiento estadístico denominado **Correlación de Spearman**.

Este modelo estadístico se usó para este proyecto de investigación, debido a que los datos de cada índice no siguen una distribución normal, es decir, son datos que no fueron representativos dentro de un parámetro poblacional determinado o establecido (Marcano C, 2016); en donde determinaron el grado de significancia que pudo existir entre dos variables cuantitativas que proporcionaron un análisis cualitativo, que pudo confirmar y corroborar el estado de la calidad ambiental del balneario Hurtado – río Guatapurí desde sus aspectos flora, agua y microbiota. Para este fin; se ejecutó a través de una hoja de cálculo de Microsoft Excel siguiendo los pasos descritos a continuación:

a. Se determinó las parejas de variables a realizar el estudio estadístico:

en este paso se mostró la estructuración de estudio estadístico de los índices BMWP/Col, IHF, QBR e ICO a partir de la siguiente tabla con los resultados obtenidos de cada uno.

Tabla 24. Consolidado de información y calificación de índices aplicados en zona de estudio

EST	IHF Vs. QBR		IHF Vs. BMWP/Col		QBR Vs. BMWP/Col	
	IHF	QBR	IHF	BMWP/Col	QBR	BMWP/Col
EST	ICOs (MI – BIO -SUS – TRO – MO) Vs. QBR		ICOs (MI – BIO -SUS – TRO – MO) Vs. IHF		ICOs (MI – BIO -SUS – TRO – MO) Vs. BMWP/Col	
	ICOMI	QBR	ICOMI	IHF	ICOMI	BMWP/Col

Fuente: Autores del proyecto, 2019

- b. **Se estableció una posición en relación al valor de cada variable:** para cada valor representado en los índices se estableció una posición secuencial (1, 2, 3...etc.) con relación al orden de los datos establecidos (de menor a mayor). En caso de repetición de valores en los datos, se suman las posiciones que ocuparon y se dividió entre el número de repeticiones del dato y el resultado fue inscrito en valores repetidos.

Tabla 25. Ejemplo, posición de datos con respecto al dato

EST	IHF Vs. QBR			
	IHF (x)	QBR (y)	X	Y

Fuente: Autores del proyecto, 2019

- c. **Se determinó la diferencia entre las posiciones asignadas anteriormente y se elevó al cuadrado el resultado:** a partir de las posiciones establecidas, se procedió a realizar la diferencia entre (Xi-Yi). Después se elevó cada resultado al cuadrado.

Tabla 26. Ejemplo, diferencia de rangos

EST	IHF Vs. QBR					
	IHF (x)	QBR (y)	X	Y	X-Y	(X-Y) ²
TOTAL	-----	-----	-----	-----		-----

Fuente: Autores del proyecto, 2018

- d. **Se aplicó la fórmula:** a partir del procedimiento anterior; se usó la siguiente fórmula:

$$rs = 1 - \frac{6 \sum (Xi - Yi)}{N^3 - N}$$

Donde:

N: número de estaciones

(Xi-Yi) diferencia de rangos en las variables

Ecuación 12. Cálculo de correlación de Spearman

- e. **A partir del resultado, se estableció la significancia:** para ello se consultó la siguiente en donde se buscó el valor crítico de **rs** para **N** datos con significancia de p=0,05, en donde se concluyó el grado de significancia y correlación respectiva con cada par:

Tabla 27. Tabla de valores críticos de correlación de Spearman

a (1): hipótesis de una cola

a (2): hipótesis de dos colas

$\alpha(2):$	0.50	0.20	0.10	0.05	$\alpha(2):$	0.50	0.20	0.10	0.05
$\alpha(1):$	0.25	0.10	0.05	0.025	$\alpha(1):$	0.25	0.10	0.05	0.025
n					n				
4	0.600	1.000	1.000		51	0.096	0.182	0.233	0.276
5	0.500	0.800	0.900	1.000	52	0.095	0.180	0.231	0.274
6	0.371	0.657	0.829	0.886	53	0.095	0.179	0.228	0.271
7	0.321	0.571	0.714	0.786	54	0.094	0.177	0.226	0.268
8	0.310	0.524	0.643	0.738	55	0.093	0.175	0.224	0.266
9	0.267	0.483	0.600	0.700	56	0.092	0.174	0.222	0.264
10	0.248	0.455	0.564	0.648	57	0.091	0.172	0.220	0.261
11	0.236	0.427	0.536	0.618	58	0.090	0.171	0.218	0.259
12	0.217	0.406	0.503	0.587	59	0.089	0.169	0.216	0.257
13	0.209	0.385	0.484	0.560	60	0.089	0.168	0.214	0.255
14	0.200	0.367	0.464	0.538	61	0.088	0.166	0.213	0.252
15	0.189	0.354	0.446	0.521	62	0.087	0.165	0.211	0.250
16	0.182	0.341	0.429	0.503	63	0.086	0.163	0.209	0.248
17	0.176	0.328	0.414	0.485	64	0.086	0.162	0.207	0.246
18	0.170	0.317	0.401	0.472	65	0.085	0.161	0.206	0.244
19	0.165	0.309	0.391	0.460	66	0.084	0.160	0.204	0.243
20	0.161	0.299	0.380	0.447	67	0.084	0.158	0.203	0.241
21	0.156	0.292	0.370	0.435	68	0.083	0.157	0.201	0.239
22	0.152	0.284	0.361	0.425	69	0.082	0.156	0.200	0.237
23	0.148	0.278	0.353	0.415	70	0.082	0.155	0.198	0.235
24	0.144	0.271	0.344	0.406	71	0.081	0.154	0.197	0.234
25	0.142	0.265	0.337	0.398	72	0.081	0.153	0.195	0.232
26	0.138	0.259	0.331	0.390	73	0.080	0.152	0.194	0.230
27	0.136	0.255	0.324	0.382	74	0.080	0.151	0.193	0.229
28	0.133	0.250	0.317	0.375	75	0.079	0.150	0.191	0.227
29	0.130	0.245	0.312	0.368	76	0.078	0.149	0.190	0.226
30	0.128	0.240	0.306	0.362	77	0.078	0.148	0.189	0.224
31	0.126	0.236	0.301	0.356	78	0.077	0.147	0.188	0.223
32	0.124	0.232	0.296	0.350	79	0.077	0.146	0.186	0.221
33	0.121	0.229	0.291	0.345	80	0.076	0.145	0.185	0.220
34	0.120	0.225	0.287	0.340	81	0.076	0.144	0.184	0.219
35	0.118	0.222	0.283	0.335	82	0.075	0.143	0.183	0.217
36	0.116	0.219	0.279	0.330	83	0.075	0.142	0.182	0.216
37	0.114	0.216	0.275	0.325	84	0.074	0.141	0.181	0.215
38	0.113	0.212	0.271	0.321	85	0.074	0.140	0.180	0.213
39	0.111	0.210	0.267	0.317	86	0.074	0.139	0.179	0.212
40	0.110	0.207	0.264	0.313	87	0.073	0.139	0.177	0.211
41	0.108	0.204	0.261	0.309	88	0.073	0.138	0.176	0.210
42	0.107	0.202	0.257	0.305	89	0.072	0.137	0.175	0.209
43	0.105	0.199	0.254	0.301	90	0.072	0.136	0.174	0.207
44	0.104	0.197	0.251	0.298	91	0.072	0.135	0.173	0.206
45	0.103	0.194	0.248	0.294	92	0.071	0.135	0.173	0.205
46	0.102	0.192	0.246	0.291	93	0.071	0.134	0.172	0.204
47	0.101	0.190	0.243	0.288	94	0.070	0.133	0.171	0.203
48	0.100	0.188	0.240	0.285	95	0.070	0.133	0.170	0.202
49	0.098	0.186	0.238	0.282	96	0.070	0.132	0.169	0.201
50	0.097	0.184	0.235	0.279	97	0.069	0.131	0.168	0.200
					98	0.069	0.130	0.167	0.199
					99	0.068	0.130	0.166	0.198
					100	0.068	0.129	0.165	0.197

Fuente: (Marcano C, 2016)

6. RESULTADOS Y ANALISIS

6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se estableció en el río Guatapurí en la ciudad de Valledupar, delimitado en tres tramos, de la siguiente manera: *Aguas arriba*, *Balneario Hurtado* y *Aguas abajo* con un trayecto de 1.387 kilómetros (ver **5.4.2.1.**). En cada tramo se ubicaron 3 estaciones de muestreo con su respectiva georreferenciación (ver **Tabla 28**) para un total de 9 estaciones.

Tabla 28. Estaciones de Muestreo en tramos del río Guatapurí

Estación	Coordenadas	Altura msnm
E1	10° 30' 9.34" N 73° 16' 25.46" O	199.00
E2	10° 30' 8.81" N 73° 16' 22.65" O	218.00
E3	10° 30' 5.96" N 73° 16' 21.37" O	227.00
E4	10° 30' 5.13" N 73° 16' 13.18" O	216.00
E5	10° 30' 6.58" N 73° 16' 7.32" O	211.00
E6	10° 30' 8.38" N 73° 16' 0.99" O	216.00
E7	10° 30' 4.98" N 73° 15' 58.15" O	195.00
E8	10° 29' 59.28" N 73° 15' 53.32" O	194.00
E9	10° 29' 56.69" N 73° 15' 47.08" O	193.00

FUENTE. Autores del proyecto, 2019



Ilustración 10. Ubicación de las Estaciones de Muestreo en tramo de Balneario Hurtado (río Guatapuri) vista satelital

Fuente: Google Earth y autores del proyecto, 2019

6.2. ETAPA I: IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y VEGETACIÓN RIBEREÑA DEL CURSO HÍDRICO DEL BALNEARIO HURTADO – RÍO GUATAPURÍ

6.2.1. Recolección y registro de macroinvertebrados acuáticos.

6.2.1.1. *Recorrido preliminar en la zona de estudio*

Con el fin de llevar a cabo la recolección y registro de los macroinvertebrados, se realizó un recorrido preliminar de la zona de estudio en donde se logró identificar los hábitats, lo que permitió recoger la mayor diversidad de organismos acuáticos.





Ilustración 11. Recorrido preliminar de las zonas de estudio y muestreo en diferentes temporadas
Fuente: Autores del proyecto, 2019

6.2.1.2. Selección de los hábitats

Los hábitats seleccionados para la recolecta de macroinvertebrados fueron: profundidades del flujo de agua del río entre 0,5 y 1m aproximadamente con velocidades de agua rápida y media y sustrato de carácter pedregoso y arenoso con presencia de vegetación acuática adheridas a los cantos y alguna vegetación de la ribera. Los tamaños del sustrato fueron mayor a 20mm correspondiente a piedras.



Ilustración 12. Selección de hábitats de macroinvertebrados en zonas de estudio
Fuente: Autores del proyecto, 2019

Esta selección de los hábitats fue detallada con registros fotográficos, señalamiento de las estaciones con estacas, ubicación geográfica con coordenadas GPS y medios físicos para plasmar mapas de zonificación



Ilustración 13. Accesos – registro de condición – ubicación geográfica de la zona de estudio
Fuente: Autores del proyecto, 2019

6.2.1.3. *Colecta, separación e identificación in situ.*

Las muestras de macroinvertebrados acuáticos fueron identificadas hasta la categoría taxonómica de familia. Esta colecta se realizó con el método de muestreo de macroinvertebrados **Kick-Sampling**.





Ilustración 14. Búsqueda y recolección de macroinvertebrados en la orilla y zona de estudio
Fuente. Autores del proyecto 2019

Aquellos macroinvertebrados muertos encontrados en los muestreos, fueron recolectados y preservados en una mezcla de Etanol – glicerina en proporción 2:1 en los que llevaron a cabo la identificación de los mismos en el lugar descrito en el marco metodológico.

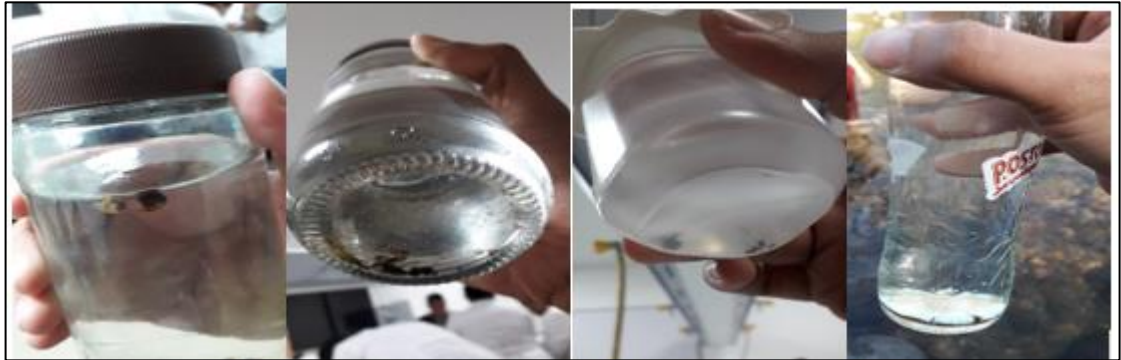


Ilustración 15. Almacenamiento de los macroinvertebrados en solución de etanol – glicerina
Fuente. Autores del proyecto, 2019

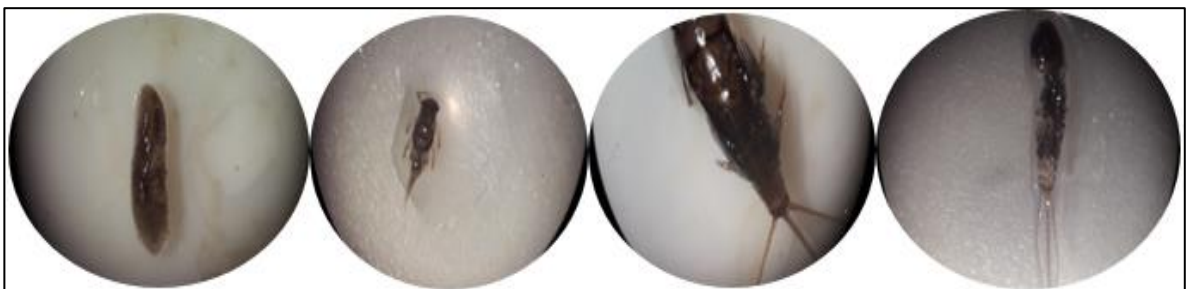


Ilustración 16. Identificación de macroinvertebrados almacenados en la Universidad Popular del Cesar
Fuente. Autores del proyecto, 2019

6.2.2. Resultados de recolección y registro de macroinvertebrados

A partir del ítem anterior (ver **6.2.1**) A continuación, se presentan los resultados de la recolección y registro de los macroinvertebrados acuáticos identificados en los tramos de estudio (Aguas Arriba – Balneario Hurtado – Aguas Abajo). Se discriminaron los resultados por familia – género – especie – individuo en cada tramo de la zona de estudio.

6.2.2.1. Macroinvertebrados en temporada de sequía

Durante la temporada de sequía, la comunidad de macroinvertebrados dulceacuícolas en los tramos estudiados estuvo representada por: 3 Phyla (Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes), 12 órdenes y 44 familias, con un total de 369 macroinvertebrados acuáticos colectados. La Phyla más representativa en abundancia fue la Artrópoda con alrededor del 96,7% del total de individuos, distribuida entre las clases Crustácea e Insecta.

A nivel de los órdenes; los más representativos en abundancia fueron Trichoptera (23%), Ephemeroptera (22,49%), Coleóptera (16,26%) y Hemíptera (14,36%); mientras que Basommatophora (1,63%), Lepidoptera (0,54%) y Decapoda (0,54%) fueron los de menor abundancia. A nivel de familias; las de mayor abundancia fueron Leptohiphidae (10,6%), Hydropsychidae (7,6%), Leptophlebiidae (7,3%), Elmidae (6,2%) y Pshephenidae (6%); las de menor representación fueron Pseudothelpusidae (0,5%), Tipulidae (0,3%) y Limnichidae (0,3%).

Tabla 29. Identificación de macroinvertebrados en temporada de sequía.

IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE SEQUIA						
Phylum		Clase	Orden		Familia	Individuos
<u>Artrópoda</u>	96,7%	Insecta	<u>Hemíptera</u>	14,36%	Naucoridae	20 5,4%
					Gerridae	15 4,1%
					Mesoveliidae	4 1,1%
					Belostomatidae	2 0,5%
					Veliidae	12 3,3%
			<u>Coleóptera</u>	16,26%	Elmidae	23 6,2%
					Pshephenidae	22 6,0%

IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE SEQUIA									
Phylum		Clase	Orden		Familia	Individuos			
					Sthaplinidae	4	1,1%		
					Limnichidae	1	0,3%		
					Gyrinidae	7	1,9%		
					Dryopidae	1	0,3%		
					Dytiscidae	2	0,5%		
					<i>Ephemeroptera</i>	22,49%	Baetidae	15	4,1%
							Oligoneuriidae	2	0,5%
							Leptophlebiidae	27	7,3%
							Leptoheptidae	39	10,6%
					<i>Plecoptera</i>	4,07%	Perlidae	15	4,1%
					<i>Trichoptera</i>	23,04%	Glossosomatidae	6	1,6%
							Polycentropodidae	9	2,4%
							Hydrobiosidae	13	3,5%
							Hydropsychidae	28	7,6%
							Hydroptilidae	14	3,8%
							Leptoceridae	1	0,3%
							Calamoceratidae	1	0,3%
							Philopotamidae	13	3,5%
					<i>Díptera</i>	5,96%	Blepharoceridae	14	3,8%
							Psychodidae	3	0,8%
							Stratiomyidae	2	0,5%
							Tipulidae	1	0,3%
							Odontoceridae	1	0,3%
Chironomidae	1	0,3%							
<i>Lepidoptera</i>	0,54%	Pyalidae	2	0,5%					
<i>Neuróptera</i>	3,25%	Corydalidae	9	2,4%					
		Corixidae	3	0,8%					
<i>Odonata</i>	6,23%	Libellulidae	6	1,6%					
		Lestidae	2	0,5%					
		Aeshnidae	3	0,8%					
		Calopterygidae	3	0,8%					
		Coenagrionidae	9	2,4%					
		Crustáceo	<i>Decapoda</i>	0,54%	Pseudothelphusidae	2	0,5%		
<i>Mollusca</i>	1,6%	Gastropoda	<i>Basommatophora</i>	1,63%	Ancylidae	1	0,3%		
					Physidae	3	0,8%		
					Planorbidae	2	0,5%		
<i>Platyhelminthes</i>	1,6%	Turbellaria	<i>Tricladida</i>	1,64%	Planariidae	6	1,6%		
3	100,0%	4	12	100,00%	44	369	100,0%		

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

6.2.2.2. Macroinvertebrados en temporada de lluvia

Durante el proceso de recolección de macroinvertebrados realizado en la temporada de lluvias sobre el área de estudio, se identificaron 247 individuos acuáticos distribuidos en; 4 Phyla: Arthropoda, Mollusca, Anelida y Platyhelminthes,

representados en 12 órdenes y 41 familias. Donde la mayor abundancia de phylum estuvo representada en Artrópoda con alrededor del 97% del total de macroinvertebrados distribuida únicamente en la clase Insecta, este resultado está relacionado con la mayor diversidad que tienen los insectos como componente en los ecosistemas acuáticos y terrestres, puesto que ocupan una gran variedad de nichos funcionales y microhábitats a lo largo de un amplio espectro de escalas espaciales y temporales (Ramirez & Roldan, 2008). En lo referente a los órdenes; los de mayor abundancia relativa fueron Coleóptera (23,89%), Trichoptera (23,08%) y Ephemeroptera (18,62%); mientras los de menor representación se distribuyeron en los órdenes Basommatophora (1,21%), Lepidoptera (0,81%) y Haplotaaxida (0,40%). En lo referente a las familias, las más abundantes se distribuyen de la siguiente manera; Leptohiphidae (9,72%), Pshephenidae (9,31%), Elmidae (7,29%), Naucoridae (7,29%), Polycentropodidae (5,26%), Blepharoceridae (4,86%) y Baetidae (4,05%); con un porcentaje de menor abundancia son las familias Tipulidae (0,40%), Physidae (0,40%), Lynmnessidae (0,40%) y Planorbidae (0,40%),

Tabla 30. Identificación de macroinvertebrados en temporada de lluvia.

IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE LLUVIA						
Phylum		Clase	Orden		Familia	Individuos
<u>Artrópoda</u>	97,2%	Insecta	<u>Hemíptera</u>	12,15%	Naucoridae	18 7,29%
					Veliidae	1 0,40%
					Mesoveliidae	2 0,81%
					Gerridae	9 3,64%
			<u>Coleóptera</u>	23,89%	Gyrinidae	6 2,43%
					Elmidae	18 7,29%
					Ptilodactylidae	2 0,81%
					Noteridae	6 2,43%
					Scirtidae	1 0,40%
					Chrysomelidae	1 0,40%
					Psephenidae	23 9,31%
					Dryopidae	2 0,81%
			<u>Ephemeroptera</u>	18,62%	Leptohiphidae	24 9,72%
					Leptophlebiidae	9 3,64%
					Oligoneuriidae	3 1,21%
					Baetidae	10 4,05%
<u>Plecoptera</u>	4,05%	Perlidae	10 4,05%			
<u>Trichoptera</u>	23,08%	Philopotamidae	11 4,45%			
		Odontoceridae	2 0,81%			
		Hydropsychidae	8 3,24%			
		Hydrobiosidae	9 3,64%			

IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN TEMPORADA DE LLUVIA									
Phylum		Clase	Orden		Familia	Individuos			
					Calamoceratidae	3	1,21%		
					Xiphocentronidae	1	0,40%		
					Glossosomatidae	4	1,62%		
					Polycentropodidae	13	5,26%		
					Hydroptilidae	6	2,43%		
					<i>Díptera</i>	6,07%	Chironomidae	2	0,81%
							Tipulidae	1	0,40%
							Blepharoceridae	12	4,86%
					<i>Lepidoptera</i>	0,81%	Psychodidae	1	0,40%
							Pyrilidae	1	0,40%
					<i>Neuróptera</i>	2,83%	Corydalidae	3	1,21%
							Corixidae	4	1,62%
					<i>Odonata</i>	5,67%	Libellulidae	3	1,21%
							Calopterygidae	2	0,81%
							Coenagrionidae	9	3,64%
<i>Mollusca</i>	1,2%	Gastropoda	<i>Basommatophora</i>	1,21%	Physidae	1	0,40%		
					Lymnnessidae	1	0,40%		
					Planorbidae	1	0,40%		
<i>Anelida</i>	0,4%	Oligoqueta	<i>Haplotaxida</i>	0,40%	Tubificidae	1	0,40%		
<i>Platyhelminthes</i>	1,2%	Turbellaria	<i>Tricladida</i>	1,21%	Planariidae	3	1,21%		
4	100%	4	12	100%	41	247	100,00%		

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

6.2.2.3. Análisis general de macroinvertebrados en temporadas de sequía Vs. Lluvia.

Tabla 31. Comparación de especies de macroinvertebrados en temporadas de sequía - lluvia

MACROINVERTEBRADOS TEMPORADA DE SEQUIA			MACROINVERTEBRADOS TEMPORADA DE LLUVIA			MACROINVERTEBRADOS SEQUIA - LLUVIA	
Familia	Individuos		Familia	Individuos		DIF (Llu - Seq)	CONDICION
Naucoridae	20	5,4%	Naucoridae	18	7,29%	-2	DISMINUYO
Gerridae	15	4,1%	Gerridae	9	3,64%	-6	DISMINUYO
Mesoveliidae	4	1,1%	Mesoveliidae	2	0,81%	-2	DISMINUYO
Belostomatidae	2	0,5%				-2	DISMINUYO
Veliidae	12	3,3%	Veliidae	1	0,40%	-11	DISMINUYO
Elmidae	23	6,2%	Elmidae	18	7,29%	-5	DISMINUYO
Pshephenidae	22	6,0%	Psephenidae	23	9,31%	1	AUMENTO
Sthaplinidae	4	1,1%				-4	DISMINUYO
Limnichidae	1	0,3%				-1	DISMINUYO
Gyrinidae	7	1,9%	Gyrinidae	6	2,43%	-1	DISMINUYO
Dryopidae	1	0,3%	Dryopidae	2	0,81%	1	AUMENTO
Dytiscidae	2	0,5%				-2	DISMINUYO
Baetidae	15	4,1%	Baetidae	10	4,05%	-5	DISMINUYO
Oligoneuriidae	2	0,5%	Oligoneuriidae	3	1,21%	1	AUMENTO
Leptophlebiidae	27	7,3%	Leptophlebiidae	9	3,64%	-18	DISMINUYO
Leptohiphidae	39	10,6%	Leptohiphidae	24	9,72%	-15	DISMINUYO

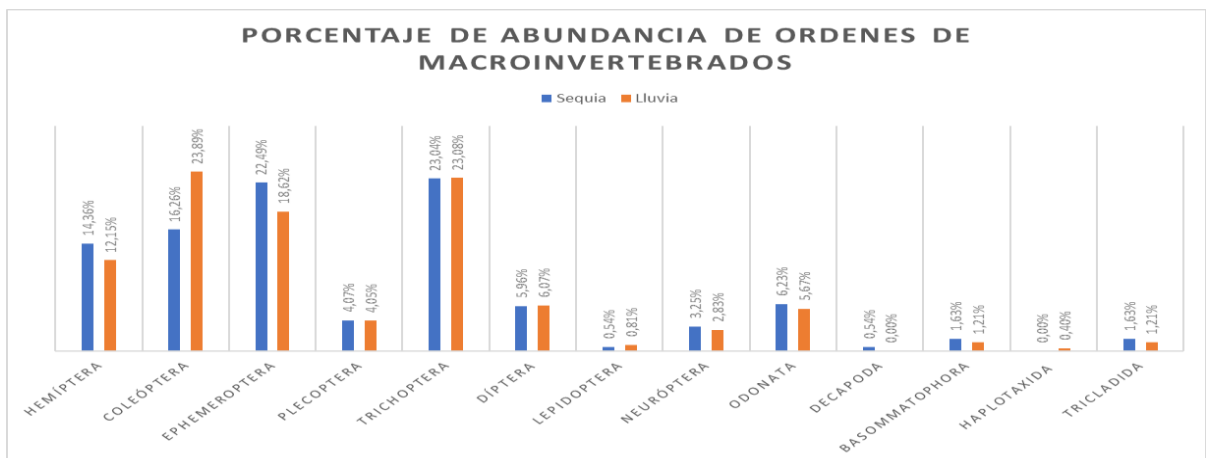
MACROINVERTEBRADOS TEMPORADA DE SEQUIA			MACROINVERTEBRADOS TEMPORADA DE LLUVIA			MACROINVERTEBRADOS SEQUIA - LLUVIA	
Familia	Individuos		Familia	Individuos		DIF (Llu - Seq)	CONDICION
Perlidae	15	4,1%	Perlidae	10	4,05%	-5	DISMINUYO
Glossosomatidae	6	1,6%	Glossosomatidae	4	1,62%	-2	DISMINUYO
Polycentropodidae	9	2,4%	Polycentropodidae	13	5,26%	4	AUMENTO
Hydrobiosidae	13	3,5%	Hydrobiosidae	9	3,64%	-4	DISMINUYO
Hydropsychidae	28	7,6%	Hydropsychidae	8	3,24%	-20	DISMINUYO
Hydroptilidae	14	3,8%	Hydroptilidae	6	2,43%	-8	DISMINUYO
Leptoceridae	1	0,3%				-1	DISMINUYO
Calamoceratidae	1	0,3%	Calamoceratidae	3	1,21%	2	AUMENTO
Philopotamidae	13	3,5%	Philopotamidae	11	4,45%	-2	DISMINUYO
Blepharoceridae	14	3,8%	Blepharoceridae	12	4,86%	-2	DISMINUYO
Psychodidae	3	0,8%	Psychodidae	1	0,40%	-2	DISMINUYO
Stratiomyidae	2	0,5%				-2	DISMINUYO
Tipulidae	1	0,3%	Tipulidae	1	0,40%	0	DISMINUYO
Odontoceridae	1	0,3%	Odontoceridae	2	0,81%	1	AUMENTO
Chironomidae	1	0,3%	Chironomidae	2	0,81%	1	AUMENTO
Pyrilidae	2	0,5%	Pyrilidae	1	0,40%	-1	DISMINUYO
Corydalidae	9	2,4%	Corydalidae	3	1,21%	-6	DISMINUYO
Corixidae	3	0,8%	Corixidae	4	1,62%	1	AUMENTO
Libellulidae	6	1,6%	Libellulidae	3	1,21%	-3	DISMINUYO
Lestidae	2	0,5%				-2	DISMINUYO
Aeshnidae	3	0,8%				-3	DISMINUYO
Calopterygidae	3	0,8%	Calopterygidae	2	0,81%	0	DISMINUYO
Coenagrionidae	9	2,5%	Coenagrionidae	9	3,64%	0	DISMINUYO
Pseudothelpusidae	2	0,5%				-1	DISMINUYO
Ancylidae	1	0,3%				-1	DISMINUYO
Physidae	3	0,8%	Physidae	1	0,40%	-1	DISMINUYO
Planorbiidae	2	0,5%	Planorbiidae	1	0,40%	0	DISMINUYO
Planariidae	6	1,6%	Planariidae	3	1,21%	-3	DISMINUYO
			Ptilodactylidae	2	0,81%	2	AUMENTO
			Noteridae	6	2,43%	6	AUMENTO
			Scirtidae	1	0,40%	1	AUMENTO
			Chrysomelidae	1	0,40%	1	AUMENTO
			Xiphocentronidae	1	0,40%	1	AUMENTO
			Lymnæssidae	1	0,40%	1	AUMENTO
			Tubificidae	1	0,40%	1	AUMENTO
44	369	100%	41	247	100%		
Ausencia de familias en temporada de sequia			ausencia de familias en temporada de lluvia				

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

El análisis de la distribución temporal de las comunidades de macroinvertebrados recolectados en los tramos de estudio del balneario Hurtado sobre el río Guatapurí, se basó en la ausencia o presencia de ciertas características según la clasificación taxonómica existente para macroinvertebrados acuáticos y no en la diferencia

numérica de esta sobre el total de individuos recolectados en cada época; por tanto, la información obtenida con la caracterización de los individuos recolectados, refleja que, la diversidad en los organismos identificados durante las épocas mencionadas, estuvo caracterizada por la ausencia de 7 familias en sequía (Chrysomelidae, Lymnnessidae, Noteridae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Tubificidae, Xiphocentronidae) y durante la temporada de lluvia de 10 familias (Sthaplinidae, stratiomyidae, Dytiscidae, Aeshnidae, Belostomatidae, Lestidae, Ancyliidae, Leptoceridae, Pseudothelpusidae, Limnichidae). Según (Closs, Downes, & Boulton, 2004) una posible explicación para la presencia o ausencia de determinados taxones entre estaciones puede ocurrir porque los efectos del ambiente tales como velocidad de la corriente, arrastre de sedimentos y detritos, esorrentía superficial por lluvia, caudal, disponibilidad de sustrato, modificaciones de los microhábitats, tipos de lecho, entre otras; influyen directamente sobre los hábitats donde viven los macroinvertebrados y la tolerancia a éstos es diferente para cada grupo. Además, las características morfológicas (tamaño y forma) de los macroinvertebrados, influyen en su capacidad de subsistir en el hábitat ante determinados efectos del ambiente.

6.2.2.4. Análisis de los órdenes más predominantes de macroinvertebrados en temporadas de sequía – lluvia.



Gráfica 1. Porcentaje de abundancia de órdenes de macroinvertebrados en las temporadas de sequía y lluvia

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

La composición taxonómica a nivel de orden en los macroinvertebrados recolectados en el área de estudio; permitió analizar, la predominancia de los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera durante las 2 temporadas de muestreo; las cuales, representan un porcentaje de abundancia considerable para la clase Insecta en alrededor del 19 al 23% respectivamente, este resultado se asocia a la estructura morfológica que presentan como ganchos y ventosas que les permite adherirse a las rocas y resistir las corrientes características del río Guatapurí. (Álvarez A. , 2005) con la capacidad de colonizar un numero variable de hábitats, además, a la mayor información que se tiene en cuanto a su taxonomía, ecología y a su utilización como bioindicadores de la calidad del agua, pues estudios realizados por Rúa – García (2012) han reportado la dinámica espacio – temporal de estos organismos en cuanto a composición y distribución en ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta (Roldan, 2016), que, de forma particular sobre el río Guatapuri, estas órdenes han representado una abundancia significativa entre la comunidad de macroinvertebrados de este río. (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016)

6.2.2.5. Análisis de abundancia de individuos representativa de familias de macroinvertebrados en las temporadas de sequía – lluvia.

Tabla 32. Cantidad de especies de macroinvertebrados encontrados en cada tramo durante las temporadas de sequía – lluvia.

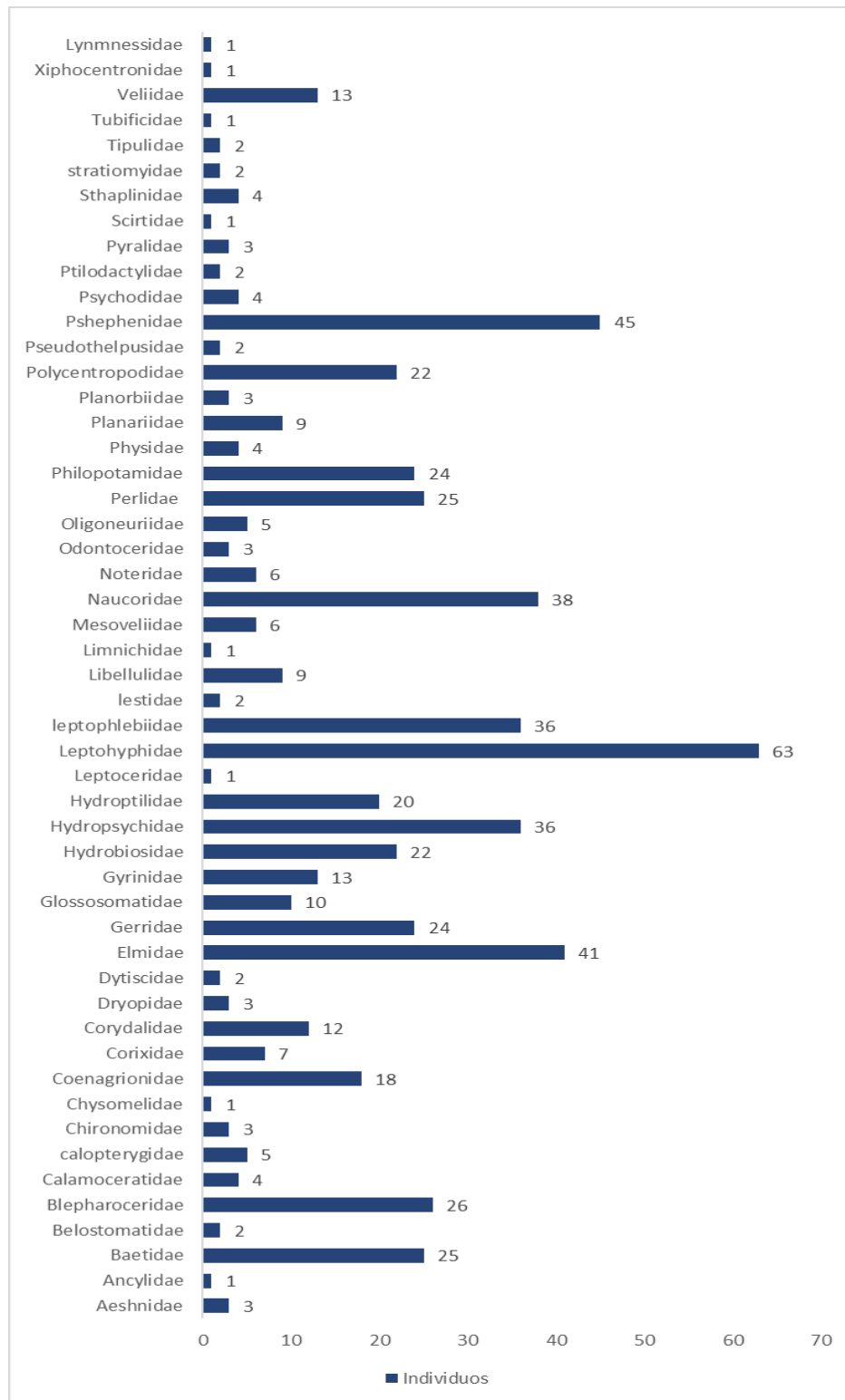
FAMILIAS	TEMPORADA DE SEQUIA			TEMPORADA DE LLUVIA			TOTAL
	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	
Aeshnidae			3				3
Ancylidae	1						1
Baetidae	6	6	3	5	4	1	25
Belostomatidae	1	1					2
Blepharoceridae	4		10	4	5	3	26
Calamoceratidae			1			3	4
calopterygidae	1	1	1			2	5
Chironomidae	1				2		3
Chysomelidae					1		1
Coenagrionidae	3	4	2	3	2	4	18
Corixidae	3			2		2	7
Corydalidae	2	5	2	1	1	1	12
Dryopidae		1		2			3
Dytiscidae	2						2

FAMILIAS	TEMPORADA DE SEQUIA			TEMPORADA DE LLUVIA			TOTAL
	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	
Elmidae	9	6	8	6	5	7	41
Gerridae	2	5	8	3		6	24
Glossosomatidae	3	2	1	3		1	10
Gyrinidae	1		6	4		2	13
Hydrobiosidae	2	6	5	4	3	2	22
Hydropsychidae	16		12	6	1	1	36
Hydroptilidae	8	6		3	3		20
Leptoceridae	1						1
Leptohiphidae	15	13	11	10	5	9	63
leptophlebiidae	16	10	1	3	4	2	36
Iestidae			2				2
Libellulidae		4	2	2		1	9
Limnichidae	1						1
Mesoveliidae	3		1		1	1	6
Naucoridae	6	5	9	9	6	3	38
Noteridae					2	4	6
Odontoceridae			1			2	3
Oligoneuriidae	1	1		3			5
Perlidae	6	3	6	2	3	5	25
Philopotamidae	5	8		4	5	2	24
Physidae	1	1	1	1			4
Planariidae	2	1	3	2	1		9
Planorbiidae	1		1	1			3
Polycentropodidae	5	4		6	5	2	22
Pseudothelpusidae		1	1				2
Pshephenidae	10	8	4	2	15	6	45
Psychodidae		2	1		1		4
Ptilodactylidae					2		2
Pyrilidae	1	1			1		3
Scirtidae					1		1
Sthaplinidae	2		2				4
stratiomyidae			2				2
Tipulidae			1		1		2
Tubificidae				1			1
Veliidae	4	7	1			1	13
Xiphocentronidae					1		1
Lymnnesidae						1	1
TOTAL	145	112	112	92	81	74	616
FAMILIAS ENCONTRADAS EN TODAS LOS TRAMOS Y EN AMBAS TEMPORADAS							
FAMILIAS ENCONTRADAS EN 5 TRAMOS EN DIVERSAS TEMPORADAS							
FAMILIAS ENCONTRADAS EN 1 TRAMOS EN UNA TEMPORADA							

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

La familia Leptohiphidae representó dentro de este marco de estudio la familia con mayor abundancia en el curso del río Guatapurí en ambas temporadas, esta familia resultó ser la más común en cada una de las áreas de muestreo, es decir, estuvo presente en la mayoría de las zonas; lo cual constata que, según (Domínguez,

Molineri, Pescador, Hubbard, & Nieto, 2006) la presencia de esta familia obedece al hecho que, es la más diversa del orden Ephemeroptera, que coincide con el amplio espectro ambiental (distribución y diversidad) de este orden en el área de estudio (Roldan, 2016); se caracterizan por ser herbívoros y son importantes integrantes de la cadena trófica del ambiente acuático, encontrado en ambientes lóticos. Además, se establecen en aguas cálidas y habita por lo general en las zonas de rocas, grava, hojarasca sumergida y vegetación acuática, y que pueden llegar a tolerar niveles altos de contaminación; se caracterizan por alimentarse aparentemente de detritos, algas y biota sobre plantas y objetos sumergidos. (McCafferty, 1981). Al encontrarse esta gran abundancia de la familia Leptohiphidae; se infiere que, el río Guatapurí presenta un hábitat ideal para que la población de estos macroinvertebrados sea continua en ambas temporadas y que, sus características morfológicas y capacidad de adaptación han presentado afinidad a las condiciones del ambiente acuático (hábitat).



Gráfica 2. Cantidad de especies de macroinvertebrados encontradas en total.
Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Con relación a la gráfica anterior (ver **Gráfica 2**), dentro del estudio se identificó que hubo 10 familias que estuvieron presentes en todas las estaciones y en cada temporada estudiada; estos fueron los macroinvertebrados más relevantes cuando se realizó el estudio de calidad de aguas por el índice biológico BMWP/COL debido a su mayor prevalencia y cantidad de individuos en cada tramo. En este sentido, se pudo inferir que, estas especies son tolerantes a las diferentes condiciones que presenta el medio acuático del río Guatapurí que, en cierto modo, pudo cambiar su cantidad, pero no su presencia.

También, se pudo analizar que, se identificaron 6 familias que estuvieron ausentes en un tramo ya sea en temporada de lluvia o de sequía; las familias **Gerridae y Glossosomatidae** estuvieron ausentes en la temporada de lluvia en el tramo del Balneario Hurtado – las familias **Philopotamidae y Polycentropodidae** estuvieron ausentes en la temporada de sequía en el tramo aguas abajo – la familia **Planariidae** estuvo ausente en la temporada de lluvia en el tramo aguas abajo – la familia **Blepharoceridae** estuvo ausente en la temporada de sequía en el tramo Balneario Hurtado. Ante las condiciones mencionadas, se pudo analizar que, estas familias al estar presentes en aguas arriba y ausentes en los demás tramos indica que se presentaron alteraciones en las condiciones ambientales del medio acuático que favorecieron su ausencia en las temporadas indicadas, (ver **Tabla 32**).

Se identificaron 11 familias que estuvieron presentes solamente en un solo tramo y en una sola temporada; las familias **Ptilodactylidae, Scirtidae, Xiphocentronidae, Chysomelidae** solo estuvieron presentes en la temporada de lluvia en el tramo de Balneario Hurtado, en donde, las tres primeras familias indican un grado de contaminación bajo, asociadas a aguas de buena calidad ambiental según la evaluación presentada en la aplicación del índice (Roldan, 2016), por lo que fueron relevantes al momento de realizar el estudio de calidad de aguas. Por su parte, las familias **stratiomyidae y Aeshnidae** sólo estuvieron presentes en la temporada de sequía en el tramo aguas abajo – las familias **Limnichidae, Ancylidae, Dytiscidae**

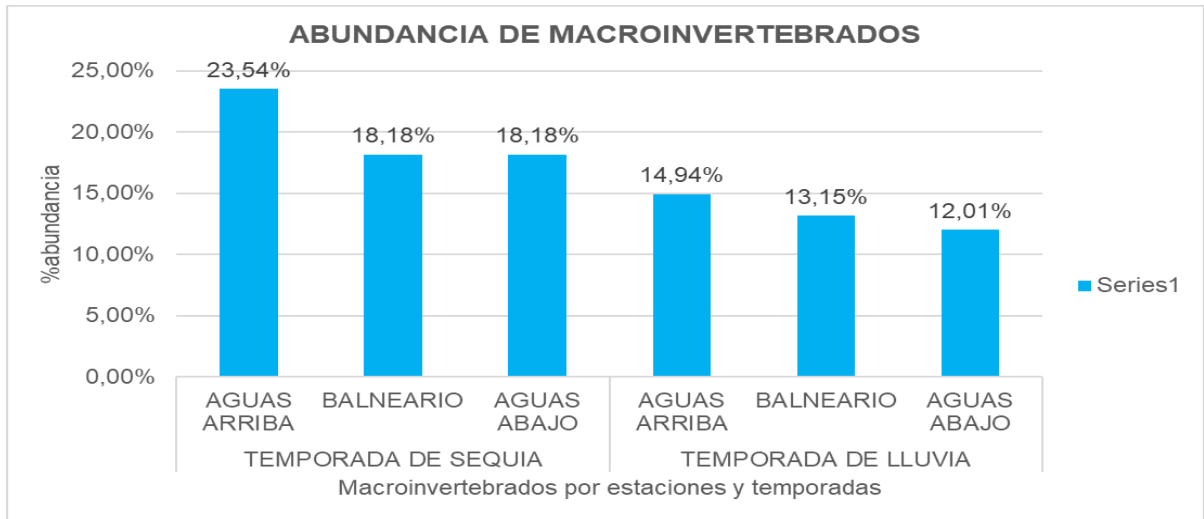
solo estuvieron presentes en la temporada de sequía en el tramo aguas arriba – la familia **Tubificidae** sólo estuvo presente en la temporada de lluvia en el tramo aguas arriba; cabe destacar que, esta familia indica grado alto de contaminación de aguas pero, no indica para este estudio condiciones contaminadas de agua, debido a que su presencia fue aislada por condiciones de escorrentía principalmente que conllevaron a que se acentuaran en este tramo – la familia **Lymnessidae** sólo estuvo presente en la temporada de lluvia en el tramo aguas abajo. Las consideraciones presentadas anteriormente sobre la presencia de ciertas familias en un solo tramo en una temporada específica, pudo estar asociada de forma general a la tolerancia de estas, a las condiciones ambientales del hábitat acuático de cada tramo (carga orgánica, disponibilidad de oxígeno, presencia de elementos de soporte, hojarasca, velocidad de la corriente) que lograron inducir la aparición de las especies y su acentuación en los tramos.

6.2.2.6. Análisis de abundancia de organismos acuáticos en temporadas de sequía – lluvia.

Tabla 33. Abundancia de macroinvertebrados identificados por tramos de la zona de estudio.

FAMILIAS	ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS						TOTAL
	TEMPORADA DE SEQUIA			TEMPORADA DE LLUVIA			
	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	
	E1 - E2 - E3	E4 - E5 - E6	E7 - E8 - E9	E1 - E2 - E3	E4 - E5 - E6	E7 - E8 - E9	
TOTAL	145	112	112	92	81	74	616
Abundancia	23,54%	18,18%	18,18%	14,94%	13,15%	12,01%	100,00%
Abundancia general	59,90%			40,10%			

Fuente: Autores del Proyecto, 2019



Gráfica 3. Abundancia de macroinvertebrados por tramos
Fuente: Autores del Proyecto, 2019

De acuerdo a la información obtenida durante la recolección de los macroinvertebrados en los periodos de lluvia y sequía en los tramos de estudio, se observó mayor abundancia de organismos durante el periodo de sequía con un porcentaje del 60%, donde las estaciones ubicadas aguas arriba del Balneario durante este periodo, registraron una abundancia del 23,54%, mientras aguas abajo registro porcentaje del 12% en los individuos recolectados durante el periodo de lluvia siendo el menor valor; al comparar la abundancia de individuos durante las épocas mencionadas en el tramo del Balneario se presentó un mayor número de organismos en sequia (18,18%) que en temporada de lluvia (13,15%), (ver **Tabla 33**). Esta mayor abundancia observada en el periodo de sequía responde a condiciones del hábitat fluvial características de esta época donde los bajos caudales aumenta la densidad de individuos, dada la exposición de un mayor número de sustratos y por ende el aumento en el área disponible para colonización (Riaño, Basaguren, & Pozo, 1993), también debe tenerse en cuenta que, en los periodos de aguas altas o medias, el arrastre de los sustratos determina la presencia de arena, fango y piedras más finas no aptas para la presencia de macroinvertebrados que no presenten algún tipo de adaptación a dichas condiciones.

6.2.3. Recolección de información acerca de la vegetación ribereña

6.2.3.1. Identificación y parcelación de la zona ribera del río Guatapurí.

La caracterización florística del bosque de ribera de los tramos estudiados en el río Guatapurí fue establecida por censo con identificación taxonómica in situ (ver 5.5.1.2 e Ilustración 17), que incluyó el recorrido en las zonas ribereñas comprendidas por áreas de muestreo de 500m² en cada tramo en ambos márgenes del río. (ver Ilustración 18, Ilustración 19, Ilustración 20).



Ilustración 17. Caracterización de la vegetación ribereña en ambos márgenes de zona de estudio
Fuente. Autores del proyecto, 2019



Ilustración 18. Transecto de muestreo en Aguas Arriba
Fuente: Autores del proyecto, 2019



Ilustración 19. Transecto de muestreo en Balneario Hurtado
 Fuente: Autores del proyecto, 2019



Ilustración 20. Transecto de muestreo en Aguas Abajo
 Fuente: Autores del proyecto, 2019



Ilustración 21. Representación del método de muestreo de plantas leñosas por transectos en la zona de estudio

Fuente: Autores del proyecto, 2019

6.2.4. Resultados de identificación y caracterización de vegetación ribereña

Al realizar la parcelación de la vegetación ribereña comprendidas en las estaciones dispuestas en los tramos de Aguas Arriba – balneario Hurtado – Aguas Abajo, se lograron identificar en total 43 especies leñosas propias del bosque seco tropical de dicha zona, dentro de ellas se encontraron: 31 especies de árboles, 5 especies de arbustos y 7 especies de árboles exóticos o que no son propios de este ecosistema.

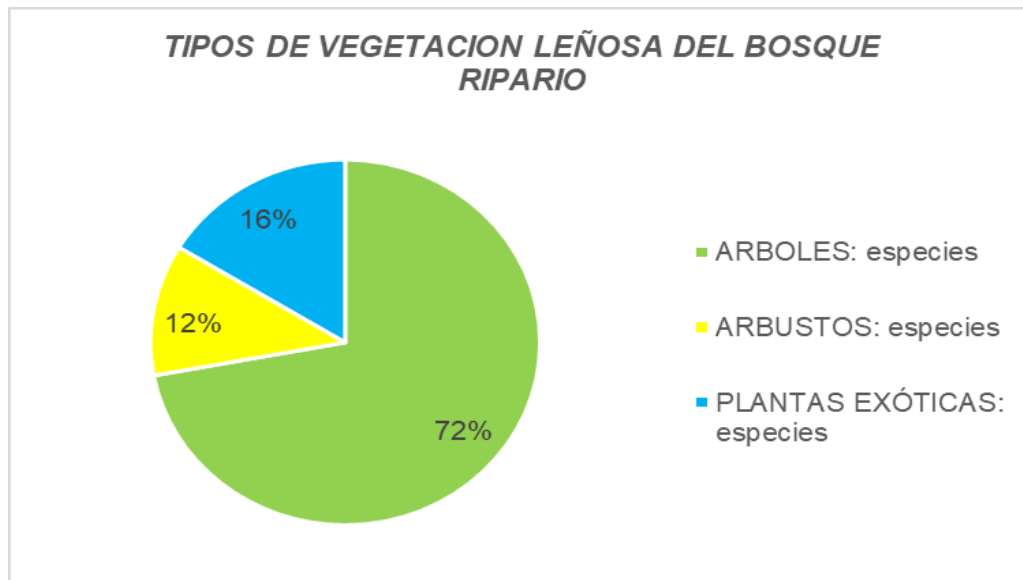
Por ende, se clasificaron las especies correspondientes a los árboles – arbustos y plantas exóticas encontradas. Dentro de la tabulación mostrada se incluyó el porcentaje de abundancia de las mismas encontradas a lo largo de la ribera del río estudiada (ver **Gráfica 4** y **Tabla 34.**).

Tabla 34. Tipos de vegetación leñosa encontradas en la zona de estudio.

TIPOS DE VEGETACION LEÑOSA		
ARBOLES: especies	ARBUSTOS: especies	PLANTAS EXÓTICAS: especies
<i>Bulnesia arborea</i>	<i>Caesalpinia coriaria</i>	<i>Mangifera indica</i>
<i>Sciadodendron excelsum</i>	<i>Calliandra magdalenae</i>	<i>Citrus limonun</i>
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	<i>Mimosa arenosa</i>	<i>Manilkara zapota</i>
<i>Prosopis juliflora</i>	<i>Machaerium arboreum</i>	<i>Swinglea glutinosa</i>
<i>Guarea guidonia</i>	<i>Cochlospermum vitifolium.</i>	<i>Melicoccus bijugatus</i>
<i>Ruprechtia ramiflora</i>		<i>Crescentia cujete</i>
<i>Samanea saman</i>		<i>Roystonea hispaniolana Bailey.</i>
<i>Piptadenia flava</i>		
<i>Cereus hexagonus</i>		
<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i>		
<i>Acalypha diversifolia</i>		
<i>Anacardium excelsum</i>		
<i>Pereskia guamacho</i>		
<i>Albizia niopoide</i>		
<i>Ceiba pentandra</i>		
<i>Stylogyne venezuelana</i>		

TIPOS DE VEGETACION LEÑOSA		
ARBOLES: especies	ARBUSTOS: especies	PLANTAS EXÓTICAS: especies
<i>Sterculia apetala</i>		
<i>Pithecellobium dulce</i>		
<i>Cedrela odorata</i>		
<i>Protium heptaphyllu</i>		
<i>Maclura tinctoria</i>		
<i>Pterocarpus acapulcensis</i>		
<i>Bulnesia arbórea</i>		
<i>Prosopis juliflora</i>		
<i>Caesalpinia coriaria</i>		
<i>Vachellia macracantha</i>		
<i>Schaefferia frutescens</i>		
<i>Pseudobombax septenatum</i>		
<i>Machaerium arboreum</i>		
<i>Parinari pachyphylla</i> Rusby		
<i>Inga edulis.</i>		
31	5	7

Fuente: Autores del Proyecto, 2018



Gráfica 4. Distribución de la vegetación leñosa del bosque Ripario en la zona de estudio

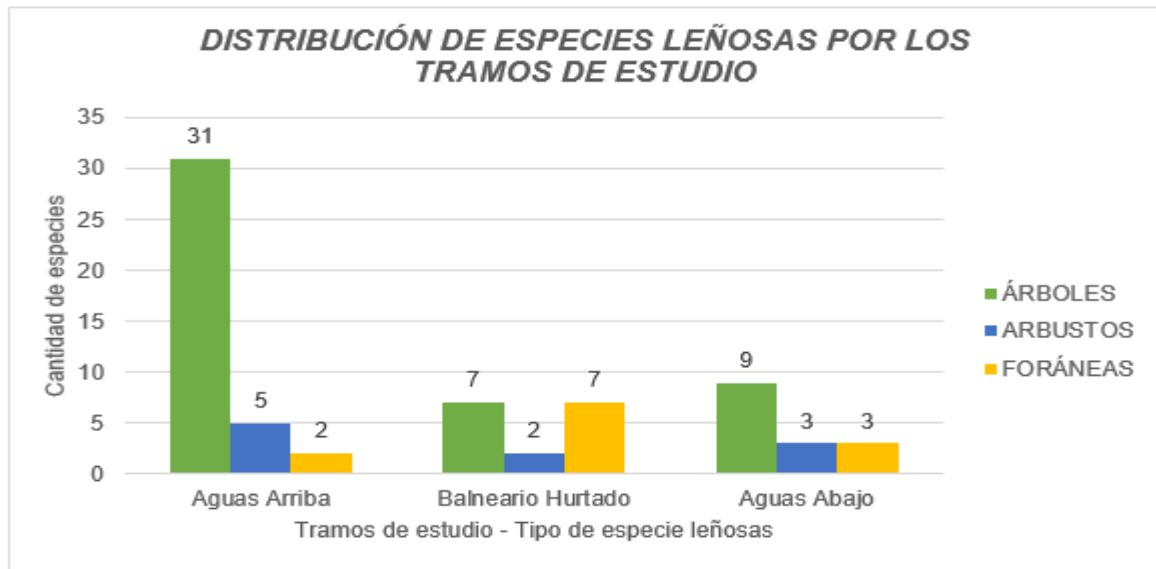
Fuente: Autores del Proyecto, 2018

Además, se consolidó la información referente a las especies en la tabla y gráfica anterior, pero en cada tramo de estudio respectivo (ver **Tabla 35** y **Gráfica 5**):

Tabla 35. Especies de vegetación leñosa del bosque ribereño encontradas por tramos de estudio.

TRAMOS DE MUESTREO	ESPECIES	CANT
AGUAS ARRIBA	Árboles: <i>Bulnesia arborea</i> , <i>Sciadodendron excelsum</i> , <i>Haematoxylum brasiletto</i> , <i>Prosopis juliflora</i> , <i>Guarea guidonia</i> , <i>Ruprechtia ramiflora</i> , <i>Samanea saman</i> , <i>Piptadenia flava</i> , <i>Cereus hexagonus</i> , <i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> , <i>Acalypha diversifolia</i> , <i>Anacardium excelsum</i> , <i>Pereskia guamacho</i> , <i>Albizia niopoides</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Stylogyne venezuelana</i> , <i>Sterculia apetala</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Protium heptaphyllu</i> , <i>Maclura tinctoria</i> , <i>Pterocarpus acapulcensis</i> , <i>Bulnesia arborea</i> , <i>Prosopis juliflora</i> , <i>Caesalpinia coriaria</i> , <i>Vachellia macracantha</i> , <i>Schaefferia frutescens</i> , <i>Pseudobombax septenatum</i> y <i>Machaerium arboreum</i> , <i>Parinari pachyphylla</i> Rusby, <i>Inga edulis</i>	31
	Arbustos: <i>Caesalpinia coriaria</i> , <i>Calliandra magdalенаe</i> , <i>Mimosa arenosa</i> , <i>Machaerium arboreum</i> y <i>Cochlospermum vitifolium</i> .	5
	Especies foráneas: <i>Mangifera indica</i> y <i>Swinglea glutinosa</i> .	2
BALNEARIO HURTADO	Árboles: <i>Cedrela odorata</i> , <i>Pseudobombax septenatum</i> , <i>Samanea saman</i> , <i>Anacardium excelsum</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Sterculia apetala</i> , <i>Inga edulis</i> ,	7
	Arbustos: <i>Machaerium arboreum</i> , y <i>Mimosa arenosa</i> ,	2
	Especies foráneas: <i>Mangifera indica</i> , <i>Citrus limonun</i> , <i>Manilkara zapota</i> , <i>Swinglea glutinosa</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Crescentia cujete</i> y <i>Roystonea hispaniolana</i> Bailey.	7
AGUAS ABAJO	Árboles: <i>Pereskia guamacho</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Caesalpinia coriaria</i> , <i>Samanea saman</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> , <i>Haematoxylum brasiletto</i> , <i>Anacardium excelsum</i> , <i>Inga edulis</i> ,	9
	Arbustos: <i>Calliandra magdalенаe</i> , <i>Mimosa arenosa</i> y <i>Roystonea hispaniolana</i> .	3
	Especies foráneas: <i>Mangifera indica</i> , <i>Crescentia cujete</i> y <i>Melicoccus bijugatus</i> .	3

Fuente: Autores del Proyecto, 2018



Gráfica 5. Distribución especies leñosas del bosque ribereño por tramos de estudio
Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Por tramo de estudio, se obtuvo la siguiente información:

- a. **AGUAS ARRIBA:** se identificaron 36 especies nativas, las tres más dominantes en orden decreciente en número de individuos son las siguientes: *Sciadodendron excelsum* (7), *Haematoxylum brasiletto* (5) y *Albizia niopoides* (4). Las especies foráneas, que se encontraron, fueron *Mangifera indica* y *Swinglea glutinosa*, por consiguiente, fue el tramo con la menor cantidad de especies de vegetación foránea.
- b. **BALNEARIO HURTADO:** se encontraron 9 especies nativas, las más abundantes fueron: *Samanea saman* (9), *Cedrela odorata* (3), *Ceiba pentandra* (3). Cabe resaltar que las dos riberas del Balneario Hurtado fueron reforestadas hace más de veinte años con la especie de Guamo (*Inga edulis*) con gran abundancia de individuos, dicha labor fue direccionado por autoridades municipales; por lo tanto, en cuestiones del estudio de la ribera de dicho tramo, no se tuvo en cuenta como una especie representativa de la vegetación nativa. Las especies foráneas identificadas fueron 7, en donde se evidencia el aumento de especies foráneas con relación al tramo anterior.

Esto Significa que, todas las plantas foráneas identificadas tienen presencia en este tramo. Entre ellas se tienen: *Mangifera indica*, *Citrus limonun*, *Manilkara zapota*, *Swinglea glutinosa*, *Melicoccus bijugatus*, *Crescentia cujete* y *Roystonea hispaniolana Bailey*.

- c. **AGUAS ABAJO**: fueron 12 las especies nativas identificadas, las de mayor representatividad en términos de abundancia, respectivamente, fueron: *Ceiba pentandra (8)*, *Cedrela odorata (5)*, *Piptadenia flava (3)*. El número de especies de flora foráneas fueron menores que en el balneario Hurtado, 3 en total. Entre ellas se identificaron: *Mangifera indica*, *Crescentia cujete* y *Melicoccus bijugatus*.

Además, se realizó una observación general relacionada con la problemática ambiental que se genera actualmente dentro del área de estudio; por lo anterior se analizó lo siguiente:

- **En Aguas arriba**: el suelo del bosque adyacente al Ripario es destinado para la ganadería y agricultura, evidenciado a través de imágenes satelitales y exploraciones de la zona hasta cierto límite permitido.
- **En el Balneario Hurtado**: en esta zona, se atribuyó las problemáticas ambientales relacionadas con la afectación de la ribera por el turismo, la recreación, el mal manejo de los residuos sólidos propios de esta actividad, la degradación de la vegetación del bosque ripario y adyacente, la introducción de especies foráneas a las naturales a encontrar; además, las alteraciones de la orillas evidenciado por obras civiles tales como gaviones y muros de contención realizados por las autoridades municipales y las plataformas en concreto y arena compactada que han realizado los comerciantes con el fin de expandir la zona de venta de bebidas y alimentos aprovechados por la deforestación existente en la ribera.
- **En aguas abajo**: se evidenció que la actividad antropogénica más común es la ganadería y la expansión de la zona de turismo y de construcciones de

obras civiles evidenciadas por la construcción de la playa maravilla y el parque del Helado recién remodelado.

En los dos últimos tramos de estudios mencionados, se destacan la gran problemática ambiental evidenciada por las diferentes captaciones o concesiones hídricas para actividades antrópicas, logrando que se convierta en unas de las grandes amenazas que afecta de manera consecuente el caudal ecológico durante la temporada de sequía; este argumento, se evidenció en el tramo de Aguas Abajo a través de la cantidad de flujo hídrico que recorre dicha zona y la alta visibilidad de cantos y gravas dentro del lecho del río después de las zonas de captación o concesiones hídricas. Todos estos factores, han generado degradación de las condiciones del bosque Ripario y la calidad ambiental del sistema acuático evidenciado por los resultados del índice de bosque de ribera QBR que se describió en la ETAPA III (ver **6.4.1**). Es por ello que, según investigaciones y comentarios dados por los investigadores (López-Delgado, Vásquez-Ramos, Villa-Navarro, & Reinoso, 2015) y (Munne, Sola, & Prat, 1998) aseguran que, los bosques de ribera constituyen un elemento clave en el estado ecológicos de los ríos.

Estos factores mencionados los acompaña el desmonte extensivo de tierras, el pastoreo de ganado, la agricultura y el desarrollo urbanístico y turístico, han conducido a un punto de degradación sustancial y contundente de las condiciones de las riberas, del hábitat interior de los ríos y de la calidad del agua en muchos arroyos y ríos según investigaciones realizadas por varios autores como (Kennard, Olden, Arthington, Pusey, & Bradley & Poff, 2007). Además, la introducción de especies exóticas en los corredores ribereños produce cambios en la fauna acuática, que, de manera directa o indirecta aprovechan los recursos orgánicos (hojarasca) que se incorporan desde el exterior (Medina Tafur, 2007). Los diferentes factores de contaminación del agua y deterioro del bosque ripario como los mencionados por los diferentes autores han estado presentes en el Balneario Hurtado, que inclusive ha provocado consecuencias considerables sobre el área de

estudio, en donde ha resultado ser de gran impacto y se podría continuar si se intensifican cada una de las actividades expuestas, debido a que afecta directamente las comunidades acuáticas y terrestres encontradas en el área de estudio, en el que se destaca de manera especial los macroinvertebrados acuáticos pertenecientes a la clase Insecta, debido a que son organismos que se caracterizan por sufrir metamorfosis implicando cambios de fases de vida acuática a una terrestre (Roldán G. , 2003).

6.3. ETAPA II: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS (ALCALINIDAD TOTAL, CONDUCTIVIDAD, DUREZA TOTAL, DBO5, OXÍGENO DISUELTO, COLIFORMES FECALES, PH, TEMPERATURA, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, FÓSFORO, COMPUESTOS FENÓLICOS, TENSOACTIVOS) DE MUESTRAS DE AGUA EXTRAÍDAS EN EL CURSO HÍDRICO DEL BALNEARIO.

6.3.1. Muestreo de agua en las zonas de estudio

El muestreo de aguas realizado en la zona de estudio fue de tipo puntual con distancias de menos de 100 metros en los tramos de estudio, en donde se determinaron los parámetros físico químicos y microbiológicos descritos en el marco metodológico, las cuales fueron selladas y rotuladas para su respectiva caracterización en laboratorio con almacenamiento a temperatura ideal de 0 a 6°C.



Ilustración 22. Metodología de muestreo puntual en zonas de estudio y almacenamiento de muestras de agua

Fuente: Autores del proyecto, 2019

6.3.2. Resultados de parámetros físico químicos y microbiológicos de la zona de estudio

Las muestras de agua fueron procesadas (ver **1226.3.1**) y analizadas en los laboratorios tanto de la institución universitaria como de particulares con ayuda del director del proyecto de investigación Nicolás Martínez García en donde se determinaron cada uno de los parámetros físico químicos y microbiológicos.



Ilustración 23. Análisis de los parámetros de manera IN SITU y en laboratorio
Fuente: Autores del proyecto, 2019

Por consiguiente, se presenta a continuación los resultados de los análisis físico químicos y microbiológicos de los tres tramos de estudio georreferenciados (Aguas Arriba – Balneario Hurtado – Aguas Abajo) Dentro de la tabla de datos, se presentaron sus respectivas gráficas y análisis (ver **Gráfica 6, Gráfica 7, Gráfica 8, Gráfica 9, Gráfica 10, Gráfica 11**):

6.3.2.1. Resultados de los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los tramos de estudio durante la temporada de sequía.

Estos análisis fueron realizados el día **4 de febrero de 2019** con ayuda del director del proyecto de investigación Nicolás Martínez García.

Tabla 36. Resultados de análisis de parámetros físico – químicos en temporada de sequía.

Parámetros físico-químicos para temporada de sequía		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
		AGUAS ARRIBA			BALNEARIO			AGUAS ABAJO		
PARAMETROS ANALIZADOS IN SITU (dentro de la zona de estudio)										
CONDUCTIVIDAD	($\mu\text{S/cm}$)	81			79			70		
PH	---	7,98			7,5			7,25		
TEMPERATURA	$^{\circ}\text{C}$	25,6			25,9			26,0		
PARAMETROS ANALIZADOS EX SITU (realizado con la colaboración del director del proyecto)										
ALCALINIDAD TOTAL	(mg/l CaCO_3)	8			10			16		
DUREZA TOTAL	(mg/l CaCO_3)	28			22			30		
SST	(mg/L)	76,8			84,3			95,2		
PARAMETROS ANALIZADOS EX SITU (realizado con la colaboración del director del proyecto)										
DBO5	(mg/L)	1,65			1,75			1,65		
FOSFORO TOTAL	mg/l	0,0075			0,0074			0,0073		
OD	(mg/ IO_2)	6,0			5,9			5,5		
	(%sat)	75%			73%			69%		
COLIFORMES FECALES	(UFC/100ml)	350			570			730		
COLIFORMES TOTALES	(UFC/100ml)	500			740			890		

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

6.3.2.2. Resultados de los análisis de los parámetros físico químicos y microbiológicos de los tramos de estudio durante la temporada de lluvia.

Estos análisis fueron realizados el día **28 de junio de 2019** en el laboratorio de ingeniería ambiental de la Universidad Popular del Cesar y en los laboratorios BIOINDALAMD (ver **Anexo H** y **Anexo I**).

Tabla 37. Resultados de análisis de parámetros físico – químicos en temporada de lluvia.

Parámetros físico-químicos para temporada de lluvia		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
		AGUAS ARRIBA			BALNEARIO			AGUAS ABAJO		
PARAMETROS ANALIZADOS IN SITU (dentro de la zona de estudio)										
CONDUCTIVIDAD	($\mu\text{S/cm}$)	84			77			72		
PH	---	8,12			7,88			7,69		
TEMPERATURA	$^{\circ}\text{C}$	24,9			24,5			25,1		
PARAMETROS ANALIZADOS EX SITU (realizados en el laboratorio de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad Popular del Cesar)										
SST	(mg/L)	370			403			296		
ALCALINIDAD TOTAL	(mg/l CaCO_3)	4			2			4		
DUREZA TOTAL	(mg/l CaCO_3)	24			20			26		
PARAMETROS ANALIZADOS EX SITU (realizado en los Laboratorios BIOINDALAMB)										
COLIFORMES FECALES	(UFC/100ml)	2000			6000			7000		
COLIFORMES TOTALES	(UFC/100ml)	4000			9000			8000		
DBO5	(mg/L)	2,21			2,41			2,35		
FOSFORO TOTAL	mg/l	0,0071			0,0075			0,0085		
OD	(mg/ IO_2)	6,2			6,0			5,8		
	(%sat)	76%			74%			72%		
COMPUESTOS FENOLICOS	(mg/l)	<0,05								
TENSOACTIVOS	(mg/l SAAM)	<0,05								

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

En la tabla anterior, se recuerda que, solamente se realizó el procedimiento para la determinación de los parámetros correspondientes a compuestos fenólicos y tensoactivos en una sola estación (E1) ubicada en Aguas Arriba debido a las explicaciones solventadas en el Marco Metodológico (ver [5.5.4.1](#))

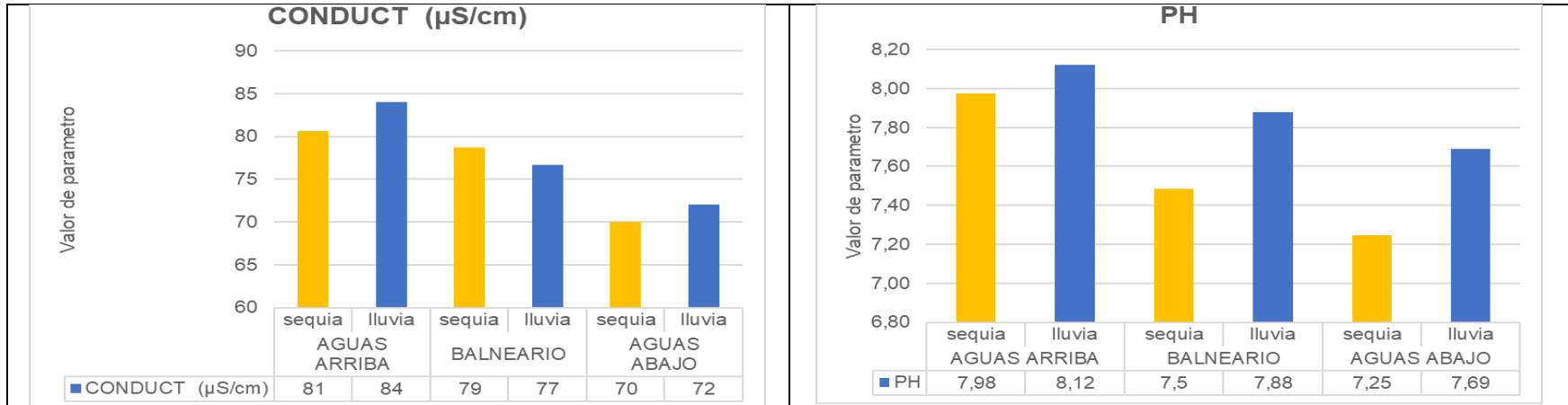
Tabla 38. Resultados de análisis de parámetros físico – químicos en ambas temporadas

Parámetros físico-químicos	AGUAS ARRIBA		BALNEARIO		AGUAS ABAJO	
	sequia	lluvia	sequia	lluvia	sequia	lluvia
CONDUCT ($\mu\text{S/cm}$)	81	84	79	77	70	72
PH	7,98	8,12	7,5	7,88	7,25	7,69

Parámetros físico-químicos	AGUAS ARRIBA		BALNEARIO		AGUAS ABAJO	
	sequia	lluvia	sequia	lluvia	sequia	lluvia
TEMP. °C	25,6	24,9	25,9	24,5	26,0	25,1
SST (mg/L)	76,8	370	84,3	403	95,2	296
ALCAL TOT. (mg/l CaCO ₃)	8	4	10	2	16	4
DUR TOT (mg/l CaCO ₃)	28	24	22	20	30	26
COL FECALES UFC/100ml	350	2000	570	6000	730	7000
COL TOTALES UFC/100ml	500	4000	740	9000	890	8000
DBO ₅ (mg/L)	1,65	2,21	1,75	2,41	1,65	2,35
P TOTAL mg/l	0,0075	0,0071	0,0074	0,0075	0,0073	0,0085
OD (mg/lO ₂)	6,0	6,2	5,9	6,0	5,5	5,8
OD (%sat)	75%	76%	73%	74%	69%	72%
COMP. FENOL (mg/l)		<0,05				
TENSOACT. (mg/l SAAM)		<0,05				

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Estos análisis físicos químicos y microbiológicos determinados en cada tramo, se graficaron en un diagrama de barras con la finalidad de argumentar el comportamiento que se presentó en cada parámetro físico químico y microbiológico con relación a las situaciones que se presentaron durante las temporadas de sequía y lluvia respectivamente. Además, se detallará más adelante en la ETAPA III (ver **6.4.4**) de los resultados del presente proyecto.

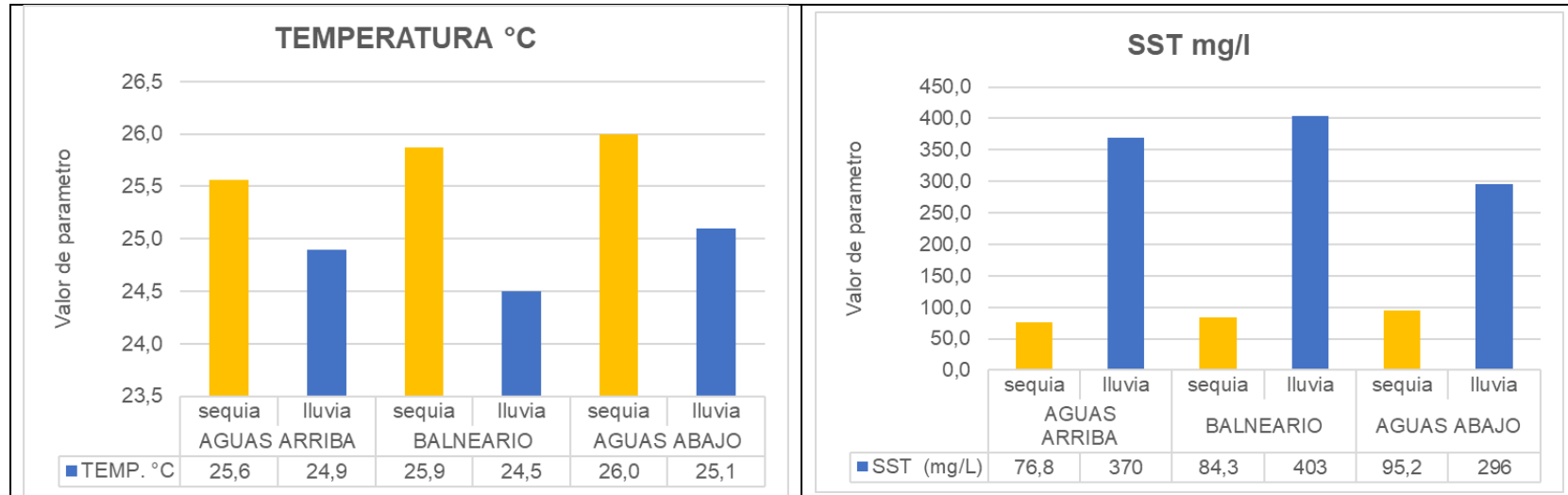


La conductividad presentó mayor valor en el tramo de aguas arriba en ambas temporadas asociado a la cantidad de iones de origen natural (IDEAM, 2006) por la poca interacción humana en esta zona, mientras que, el valor más bajo se presentó aguas abajo donde la concentración de los iones fue disminuyendo en el recorrido del flujo hasta este tramo en ambas temporadas, asociada la disociación de los mismos por el aumento de la temperatura del agua durante la transición de tramos; evidenciando la dependencia inversa de este parámetro a los cambios de temperatura (Cajas, y otros, 2018). Además, la conductividad presento valores relativamente bajos en las temporadas de estudio según los lineamientos normativos para agua (MAVDT, 2016), sin embargo en lluvia las concentraciones fueron mayores en relación a las presentadas en sequía, donde se presume que el aumento SST, por efecto de mayor caudal estuvo caracteriza por una presencia significativa de sustancias diluidas en el agua, las cuales pueden provenir de fertilizantes del sector agrícola y aguas residuales domésticas, arrastrados por el escorrentía superficial, respecto a su incidencia en aumentos puntual de conductividad en los sistemas fluviales (García, Gordillo, Ospino, & Tovar, 2016)

Al analizar el parámetro de pH en los tramos de estudio se evidenció que; el tramo de aguas arriba fue el que presentó el mayor valor durante la temporada de lluvia, mientras que, en el balneario se obtuvieron valores inferiores a 8 pero superiores a 7,2; el cual fue el valor más bajo, presentado aguas abajo en la temporada de sequía. Esto se debió a la concentración de iones bicarbonato y carbonato pues tienen una relación inversamente proporcional con este parámetro, haciéndola depender de él como se muestra en la gráfica de la alcalinidad, estos iones se encuentran de forma natural en el curso hídrico (IDEAM, 2007); este argumento se reflejó en la alcalinidad total de este estudio con resultados muy bajos, pero que, lograron ser significativos al momento de medir el pH. Por su parte, en las zonas del balneario y aguas abajo se presentó una leve reducción del valor, donde se presume que la actividad antropológica motiva la deposición de impurezas (residuos, sustancias) que aportan cambios al valor del pH. Sin embargo, los niveles del pH en las dos temporadas oscilan entre 7,2 y 8,2 indicándonos que el agua es una sustancia básica apta para el uso de varias actividades (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1984) y Decreto 1076 de 2015

Gráfica 6. Comportamiento de parámetros de conductividad y pH en ambas temporadas

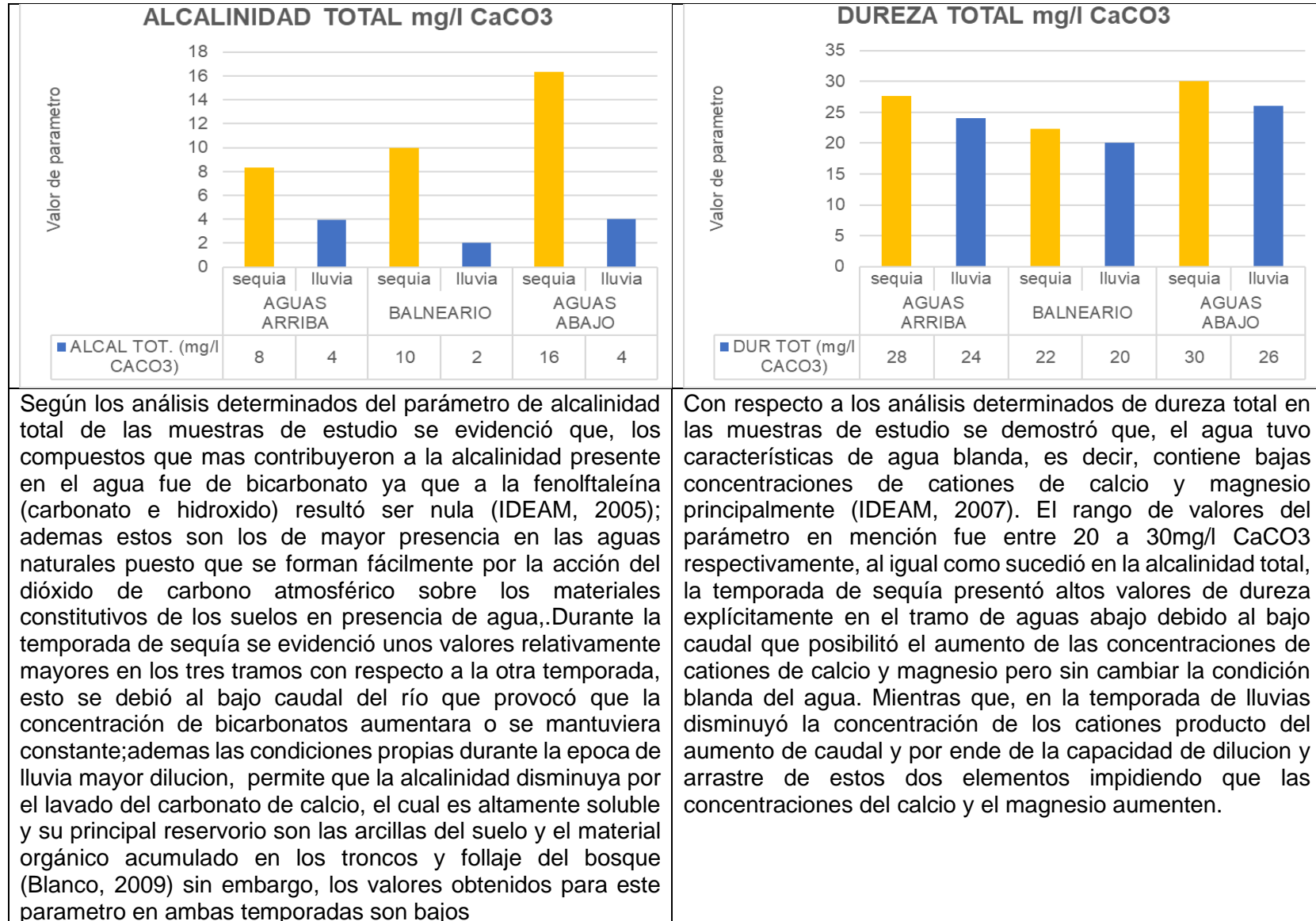
Fuente: Autores del Proyecto, 2019



La temperatura del agua se mantuvo entre los 25 y 26°C respectivamente. Esto se debe a que el río nace de la Sierra Nevada de Santa Marta a más de 4400msnm, y el recorrido del mismo es relativamente corto (distancia de alrededor de 85km), haciendo que, el parámetro permanezca constante a lo largo de su trayecto (Valledupar, 2016). En las muestras analizadas, se evidenció además que, la radiación solar tuvo efecto considerable en cuanto a la temperatura debido a que se incrementó superficialmente, logrando que varíe el resultado. Pero en cuestiones de análisis, el río posee este tipo de temperatura particular debido a los factores geográficos mencionados.

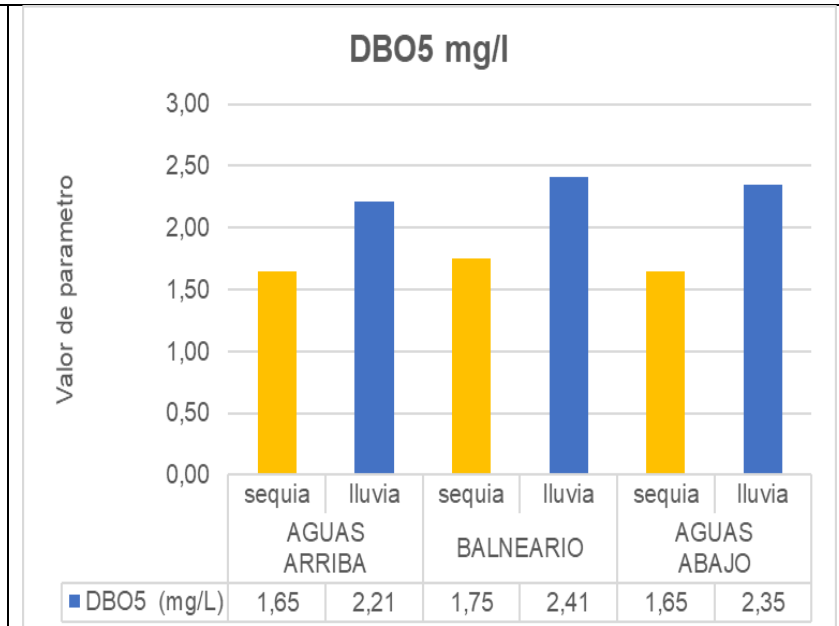
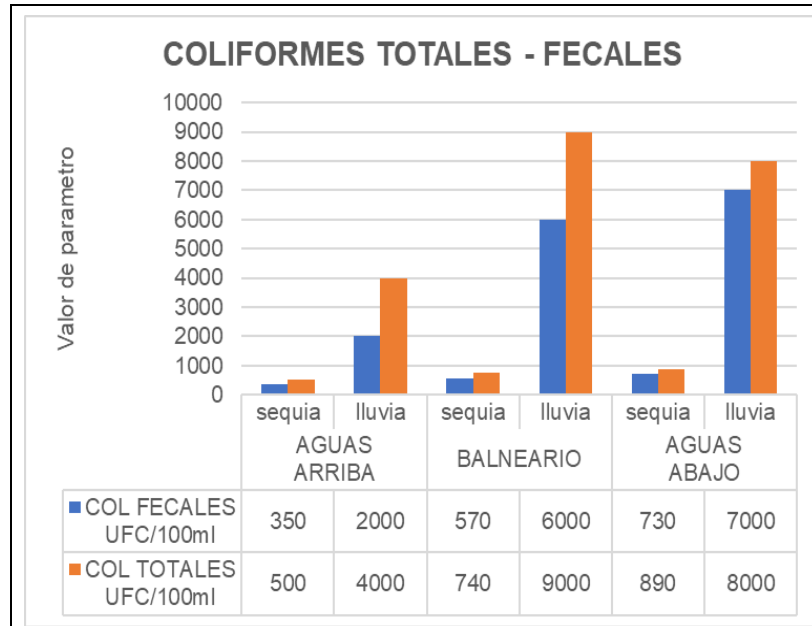
Los sólidos suspendidos totales en las muestras de agua fueron altos para la temporada de lluvia, superando los 200mg/l respectivamente; pero, se contrasta la diferencia entre las temporadas de sequía y lluvia siendo las primeras menores que las segundas. Este alto valor presentado en las muestras se debieron a varios factores: el aumento de caudal durante la temporada de lluvia, los regímenes de velocidad que influyeron a que las partículas sedimentadas en el lecho profundo del río se volvieran a resuspender y a recircular dentro del lecho, el arrastre de impurezas por escorrentia lo cual permite inferir que al agua se incorporan principalmente sólidos en suspensión y coloidales, la cantidad de materia orgánica sedimentada o resuspendida por medio de hojarasca que se depositaron y se degradaron en el lecho, la perturbación del lecho debido a las actividades de los bañistas y visitantes exclusivamente en la zona del balneario.

Gráfica 7. Comportamiento de parámetros de temperatura y sólidos suspendidos totales en ambas temporadas
Fuente: Autores del Proyecto, 2019



Gráfica 8. Comportamiento de parámetros de alcalinidad y dureza total en ambas temporadas

Fuente: Autores del Proyecto, 2019



A partir de la gráfica se evidenció que, el valor de los coliformes fecales y totales en el tramo de aguas arriba en ambas temporadas fueron menores en comparación con las demás zonas de estudio. Pero, se destaca que, los valores de UFC para ambos parámetros fueron superiores a 1000UFC en lluvia respectivamente, incumpliendo los lineamientos ambientales establecidos para uso recreativo de contacto primario (decreto 1076 de 2015 art. 2.2.3.3.9.7) en el que se consideró que, el mayor aumento de la población microbiana se mostró en las zonas del balneario Hurtado y aguas abajos, esto es causado por las fuertes interacciones de actividades antrópicas (recreativas, comerciales), que logran de manera alguna, depositar este tipo de contaminantes dentro del lecho del río (mayor presencia de nutrientes). Además, se presume que, los altos valores obtenidos durante la temporada de lluvias, estén influenciado por factores como aumento del caudal, y presencia de

A partir de la gráfica mostrada se logró inferir que, la zona de estudio posee bajo contenido de materia orgánica biodegradable (IDEAM, 2007); esto es característico de aquellas aguas que no cuentan con ningún vertimiento puntual y que alrededor de su área de influencia no tengan zonas de industria necesarias para el aumento del parámetro (Alcaldía de Valledupar, 2015). Los valores de este parámetro fueron en rangos de 1 a 3mg/l respectivamente. A pesar de que los valores fueron muy bajos, se evidenció un incremento del mismo durante la temporada de lluvia, favorecida por el incremento de sólidos suspendidos que por efecto de escorrentía sufrida en las riberas, arrastra aquellos materiales producto de las diferentes actividades turísticas y ganaderas. Consideración que justifica en la zona de balneario los valores superiores con respecto a las demás zonas en ambas temporadas, pues es el lugar con la mayor incidencia de las actividades humanas desarrolladas en el sitio.

materia en descomposición como lo es la vegetación acuática, además por las actividades (recreativas, comerciales, domésticas) que se llevan a cabo cerca de las riberas del río, lo cual ocasiona que, en periodos de lluvia, esta superficie sea lavada y producto de ello se formen escorrentías que vierten al río.

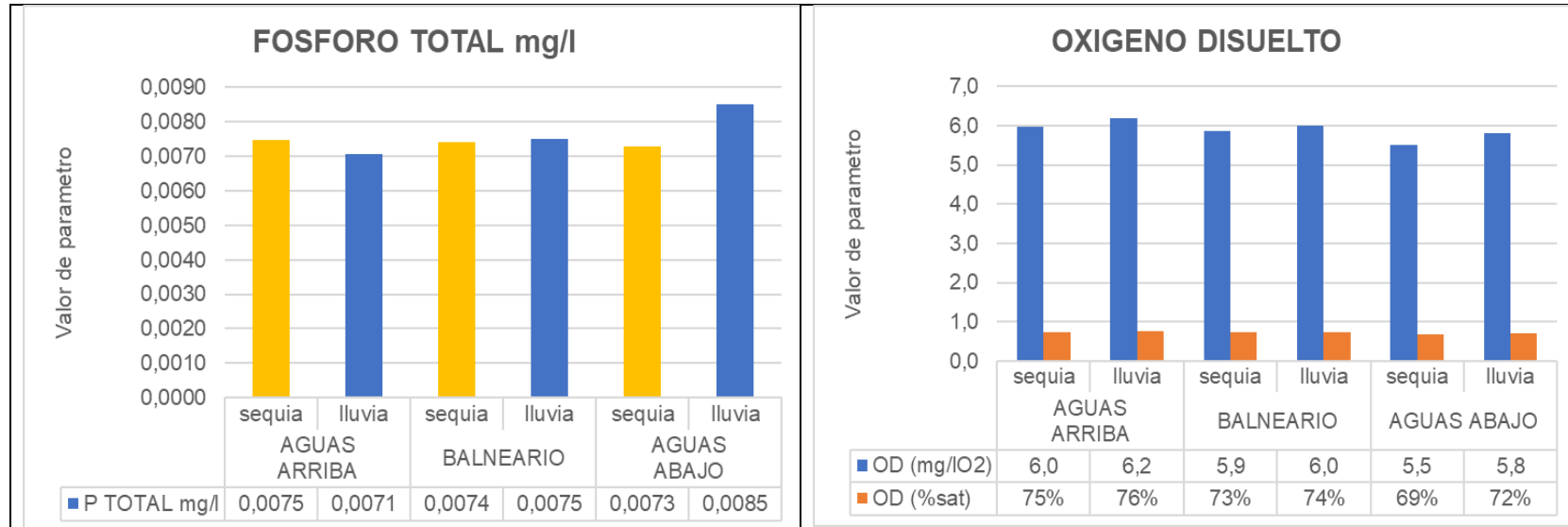
Es posible correlacionar este suceso con el la alta concentración de sólidos en suspensión presentada en la temporada de lluvia, pues esta condición es motivada por adhesión en la superficie de los sólidos de nutrientes y distintos tipos de contaminantes, entre ellos los microorganismos que en altas crecidas son arrastrados por la corriente y forman parte del conjunto partículas de los sólidos presentes en el agua (Montero & Ramírez, repository.usta.edu.co, 2018).

Los valores presentados conllevan a el agua pierda la totalidad de sus posibles usos y represente un peligro para la salud humana (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1984) y Decreto 1076 de 2015

Los bajos niveles de DBO5 reportados anteriormente, indican que la mayoría de la DQO se debe a materia no biodegradable, además justifica la concentración de oxígeno disuelto obtenida.

Gráfica 9. Comportamiento de parámetros de coliformes totales – fecales y DBO5 en ambas temporadas.

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

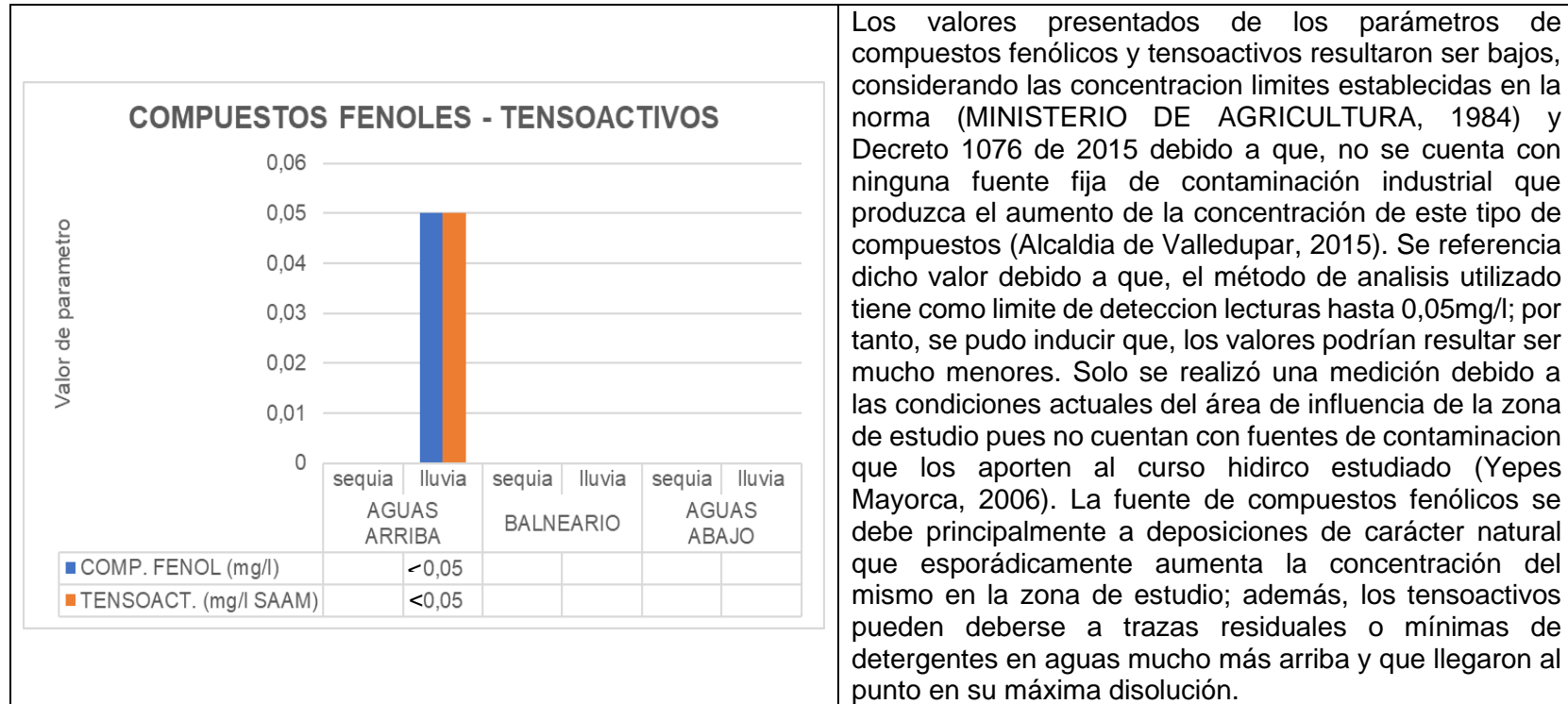


Los valores de fósforo total de las muestras analizadas resultaron ser debajo de 0,01mg/l respectivamente. Es decir, el fósforo total que estuvo disponible en las muestras de agua es procedente de fuentes naturales debido a acciones erosivas en piedras fosfatas y depósitos de la misma condición por el proceso de lavado que hace en la atmosfera y la escorrentía por los suelos que finalmente arrastran los fosfatos al cuerpo de agua. (Sánchez de Fuentes, 2001). El comportamiento de este parámetro en los tramos de estudio fue relativamente similar, mostrando los valores mas altos en la temporada de lluvias, en especial, en aguas abajo debido a la distribución de desechos de animales y de actividades agricolas provenientes de terrenos aledaños, producto resultante de la escorrentía del río. Sin embargo no se evidenció posible eutrofización de la zona por la ausencia de la población de algas, y buenas condiciones de oxigeno, es decir, estas aguas son oligotróficas o bajas en fósforo. (Sánchez de Fuentes, 2001).

Se pudo analizar que, los rangos de porcentajes de saturación de oxígeno disuelto fueron del 69 al 77%, lo cual, indica que, el agua posee niveles óptimos o adecuados para la biota acuatica, favorecido por las características de la zona de estudio tales como: la corriente del flujo, el viento, la fotosíntesis acuática evidenciado por medio de la especie *Microsorum Punctatum* encontrada explícitamente en zonas de aguas arriba y abajo. Estos valores obtenidos son variables debido a que depende de la temperatura de la muestra de agua tomada en ese instante (Avecillas Arellano, 2013).la altitud, salinidad y presencia de materia organica.

Gráfica 10. Comportamiento de parámetros de fosforo total y oxígeno disuelto en ambas temporadas.

Fuente: Autores del Proyecto, 2019



Los valores presentados de los parámetros de compuestos fenólicos y tensoactivos resultaron ser bajos, considerando las concentraciones límites establecidas en la norma (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1984) y Decreto 1076 de 2015 debido a que, no se cuenta con ninguna fuente fija de contaminación industrial que produzca el aumento de la concentración de este tipo de compuestos (Alcaldía de Valledupar, 2015). Se referencia dicho valor debido a que, el método de análisis utilizado tiene como límite de detección lecturas hasta 0,05mg/l; por tanto, se pudo inducir que, los valores podrían resultar ser mucho menores. Solo se realizó una medición debido a las condiciones actuales del área de influencia de la zona de estudio pues no cuentan con fuentes de contaminación que los aporten al curso hídrico estudiado (Yepes Mayorca, 2006). La fuente de compuestos fenólicos se debe principalmente a deposiciones de carácter natural que esporádicamente aumenta la concentración del mismo en la zona de estudio; además, los tensoactivos pueden deberse a trazas residuales o mínimas de detergentes en aguas mucho más arriba y que llegaron al punto en su máxima disolución.

Gráfica 11. Comportamiento de parámetros de compuestos fenoles y tensoactivos en ambas temporadas.

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

6.4. ETAPA III: IMPLEMENTACIÓN DE LOS ÍNDICES DE BOSQUE DE RIBERA (QBR), HÁBITAT FLUVIAL (IHF), ÍNDICE BIOLÓGICO BMWP/COL E ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN ICO.

6.4.1. Aplicación del índice de bosque de ribera (QBR)

Los resultados que se describen en este apartado comprenden los datos sobre la vegetación riparia identificada y la valoración de su calidad determinada a través del cálculo del índice de calidad del bosque de ribera (QBR) sobre el área de estudio (Balneario Hurtado), siguiendo la metodología propuesta por (Munné e. , 1998) aplicada en la hoja de campo (ver **Anexo A, Anexo F**) Para la aplicación del índice mencionado, se tomó los resultados obtenidos de la identificación de la vegetación riparia descrita (ver **6.2.3**). A continuación, se describen los resultados de la puntuación y la calidad del corredor Ripario en los tres tramos de estudio:

6.4.1.1. *Grado de cubierta de la zona de ribera del área de estudio (solo se considera la ribera).*

Los resultados de los tres tramos, para este componente se registran en la siguiente tabla que representa el grado de cubierta vegetal de la zona de ribera:

Tabla 39. Resultados de índice QBR: grado de cubierta de la zona ribereña en área de estudio.

Puntuación	Criterios para la puntuación	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO HURTADO	AGUAS ABAJO
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan).	X		X
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera.			
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera.		X	

Puntuación	Criterios para la puntuación	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO HURTADO	AGUAS ABAJO
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%.	X	X	
-10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%.			X
PUNTAJE TOTAL		20	0	15

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

- a. En aguas arriba:** se obtuvo un puntaje en grado de cubierta vegetal de veinte puntos (20). Desglosado a partir de los criterios de puntuación donde al evaluar los factores de este bloque, permitió establecer que, la cubierta vegetal en este tramo presenta un porcentaje mayor al 80%, lo que indica un buen valor la cual obtuvo una calificación de veinticinco puntos (25), en consideración de que, la cobertura vegetal de la zona de ribera se observó en buenas condiciones a ambos márgenes del río donde la deforestación, degradación o sustitución de árboles riparios no fue tan significativa en comparación con los otros tramos de estudio. Sin embargo, al evaluar el factor de la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema adyacente se observó que, este no es mayor al 50%, debido a la presencia de áreas de pastoreo de ganado (extensión de la frontera agropecuaria), y presencia de asentamientos urbanos (fincas, casa campos, sitios de ventas de bebidas) por lo tanto, se hizo una penalización de menos cinco puntos (-5) como lo

indica la metodología, lo que influyó en el resultado final mencionado al comienzo. El grado de cubierta vegetal ayuda a mantener interacciones ecológicas vitales entre los ecosistemas agua-tierra, pues contribuye en la conservación y la calidad de agua de las fuentes hídricas, permitiendo buenas condiciones para la fauna béntica, entre ella los macroinvertebrados acuícolas, (Meza, Rubio-M, Días, & Valteros, 2012) y (Décamps, 1996).

- b. En Balneario Hurtado:** la cubierta vegetal en esta zona se observó que ha sido fuertemente intervenida, presentando un área de bajas proporciones estimada según los criterios de puntuación del índice analizados entre un 10 a 50% de cobertura de bosque de ribera, por lo que obtuvo cinco puntos (5) y una penalización de cinco puntos (-5) relacionados por la conectividad del corredor Ripario del 25 al 50%, que aunque a la margen izquierda existe buena conectividad con el bosque adyacente de los cerros del mirador *Santo Ecce Homo* que hacen parte del sistema montañoso de la sierra nevada de Santa Marta, al margen derecha se presentan las obras de desarrollo de la ciudad, han generado intensos efectos sobre este criterio, por lo que este tramo obtuvo una puntuación final del bloque evaluado de cero puntos (0); lo que significa una notable diferencia en comparación con las condiciones encontradas aguas arriba. Donde el desarrollo urbano reflejado en las infraestructuras civiles urbanísticas y de protección a pocos metros de la margen derecha del río (a 30 metros la sede de la Universidad Popular del Cesar, casas, locales comerciales, vías en concreto, gaviones, etc.) y la alta actividad antrópica, del sector turístico, recreativo y comercial que impactan en la densidad poblacional de la vegetación riparia a lo largo de más de un kilómetro de longitud.
- c. En Aguas Abajo:** se observaron mejores condiciones en el grado de cubierta vegetal sobre la ribera del río en comparación con lo referenciado sobre el balneario hurtado, pero no mejor que el de aguas arriba. Las actividades turísticas y comerciales en esta zona poseen menos intensidad por lo que las características del corredor ripario a la margen derecha esta menos afectado,

la puntuación final obtenida en este bloque para este tramo fue de 15; discriminada según los criterios de puntuación del bloque, donde se observa que su cubierta es de más del 80% lo que permitió una valoración de veinticinco puntos, sin embargo la presencia de haciendas con grandes extensiones de tierra sobre las que se realizan actividades agropecuarias (cultivos de arroz, palmas africanas, pastoreo de ganado bovino), además de la presencia de infraestructuras civiles al margen derecha (vías de transporte, parque del helado, playa maravilla, gaviones), han propiciado que la conectividad del bosque ripario en esta zona con el bosque seco tropical adyacente de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta sea menos del 25%, lo que le resta significancia a este aspecto, que según los criterios del bloque analizados para el índice QBR, se penaliza con diez puntos negativos (-10), ya que esto ha podido afectar la vegetación del corredor Ripario, para así contabilizar el puntaje total mencionado, el cual fue de 15 puntos.

6.4.1.2. Estructura de la cubierta del área de estudio (se contabiliza toda la zona de ribera).

En cuanto a la estructura de la cubierta del área de estudio, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 40. Resultados de índice QBR: estructura de la de cubierta de la zona ribereña en área de estudio.

Puntuación	Criterios para la puntuación	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO HURTADO	AGUAS ABAJO
25	Recubrimiento de árboles superior al 75 %			
10	Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %	X		X

Puntuación	Criterios para la puntuación	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO HURTADO	AGUAS ABAJO
5	Recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		X	
0	Sin árboles y arbustos por debajo del 10 %			
10	Si en la orilla la concentración de halófitos o arbustos es superior al 50 %			
5	Si en la orilla la concentración de halófitos o arbustos es entre 25 y 50 %	X	X	
5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque			
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %			X
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad			
-10	Si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		X	
PUNTAJE TOTAL		15	0	5

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

- a. En aguas arriba:** la estructura de la cubierta vegetal presento una composición representada en especies de árboles cercana al 60% lo que según los criterios del bloque para esta característica le concede diez (10) puntos, además la presencia de una densidad de arbustos a la orilla por alrededor del 30% le proporcionó una puntuación de más cinco puntos (+5), por lo que en este tramo la puntuación final del bloque fue de quince puntos (15).
- b. En el balneario Hurtado:** se observó que, el recubrimiento vegetal del tramo, presentó un porcentaje de árboles menor al 50% y no superior al 20% para

el caso de arbustos o halófitos, significando según los criterios de puntuación que establece el índice para este bloque, una valoración de cinco puntos (5) y más cinco puntos por encontrarse en la orilla del río halófitos con concentraciones cercanas al 25%, sin embargo el puntaje total del bloque para esta zona del balneario implicó una valoración de 0 puntos en el recubrimiento de vegetación de toda la zona de ribera, siendo menor que la obtenida en aguas arriba, debido a la distribución vegetal irregular que presenta el bosque de ribera, originada por la implementación de programas de reforestación en la zona que según la metodología del QBR, esto constituye un factor para penalizar con menos diez puntos (-10) dando la sumatoria para este bloque cero puntos.

- c. En aguas abajo:** La puntuación de este bloque fue de cinco (5) puntos relacionados con los siguientes criterios de puntuación establecidos según la metodología de aplicación del índice: donde se observó que el recubrimiento arboleo fue de 50% proporcionando diez puntos (10); además, se penalizó con menos cinco (-5) puntos por la existencia de linealidad regular de los pies de los árboles de este tramo, evidenciándose al igual que en el tramo de balneario planes de reforestación que se han realizado por entidades públicas y privadas en el río, específicamente con guamos y otras especies exóticas ya mencionadas. La puntuación final en este tramo fue mayor que en el balneario, pero menor que aguas arriba.

6.4.1.3. Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera).

El cálculo de la calidad de cubierta requirió la determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera, para lo cual fue necesario definir los criterios mostrados en la siguiente tabla, donde además se reportan los resultados obtenidos.

Tabla 41. Criterio de la ribera a partir de la geomorfología de la zona ribereña de estudio

CRITERIOS DE LA RIBERA Y PUNTOS OBTENIDOS							
Tramos	Grado de la Pendiente o desnivel	Puntaje por ribera	Potencial de soportal masa vegetal de ribera	puntaje	Islas en medio del lecho	puntaje	Total, puntaje
Aguas arriba	< 20 °	1 y 1	20 - 30 %	2	Presenta	-1	3
Balneario Hurtado	< 20 °	1 y 1	30 - 60 %	4	No presenta	0	6
Aguas abajo	< 20 °	1 y 1	30-60%	4	No presenta	0	6

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

La pendiente de la ribera estimada en toda el área de estudio fue menor a 20° por lo que se denominó como una ribera uniforme y llana que según la metodología de aplicación del índice permite asignarle una puntuación de 1 para cada una de las orillas.

- a. **En aguas arriba:** se obtuvo un puntaje total de tres puntos (3), asignados según los criterios presentados por el índice donde la ausencia en sus riberas de obras civiles, además de la presencia en algunos sitios de sus orillas, de suelos con grandes piedras que impiden la aparición de plantas leñosas arbóreas o arbustivas, le permitió recibir un puntaje igual a más dos (+2) que fueron sumados con los dos puntos asignados por el grado de la pendiente de la ribera, sin embargo la presencia de una isla en medio del lecho con anchura menor a 5 metros le resto un punto (-1).
- b. **En el Balneario:** se observó obras de desarrollo urbano representadas en estructuras solidas civiles como pavimentos, captaciones, gaviones con bases hechas en concreto, andenes, ciclo rutas, terrazas hechas con cimientos de piedras y concreto, el parque lineal, que es un tipo de malecón, la sede de la universidad del cesar ubicadas en la margen derecha del balneario, presenta entre otras cosas zonas para cocinar, juegos infantiles,

zonas de parqueaderos los cuales han impactado sobre el estado del bosque Ripario, por lo que el puntaje recibido fue más cuatro (+4) que sumados a los dos puntos del grado de la pendiente se obtuvo un total de más seis (+6).

- c. En Aguas abajo:** al igual que en el tramo del balneario presenta construcciones civiles como pavimentos, gaviones en piedras y concreto, parques infantiles, parque del helado (ahora Parque de La Provincia) que han ocasionado afectaciones sobre el bosque de ribera, en lo referente a la disminución de su área y a la eliminación de la conectividad de este bosque por la presencia de la avenida Hurtado con la vegetación adyacente situada en el cerro de CICOLAC (llamado así por la presencia de la antigua Compañía Colombiana de Alimentos Lácteos hoy DPA Manufacturing Colombia). Bajo estas condiciones, la puntuación recibida fue más cuatro (+4) adicionándole los dos de del grado de la pendiente se obtuvo más seis puntos (+6).

Usando la guía de campo (ver **Anexo A**) del QBR y los resultados que se acaban de mencionar, se pudo determinar el tipo geomorfológico de los tres sitios muestreados a continuación:

Tabla 42. Tipo de geomorfología de la ribera de la zona de estudio.

ESTACIONES	TIPO GEOMORFOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS SEGÚN LA PUNTUACIÓN
Aguas arriba	3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso.
Balneario Hurtado	2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos
Aguas abajo	2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Conocido el tipo geomorfológico de la ribera, se procedió a determinar la calidad de la cubierta en aguas arriba, Balneario y aguas abajo, obteniéndose los siguientes resultados en la siguiente tabla:

Tabla 43. Resultados de índice QBR: calidad de la de cubierta de la zona ribereña en área de estudio.

Puntuación	Criterios para la puntuación	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO HURTADO	AGUAS ABAJO
25	Número de especies diferentes de árboles autóctonos.	X	X	X
10	Número de especies diferentes de árboles autóctonos.			
5	Número de especies diferentes de árboles autóctonos.			
0	Sin árboles autóctonos.			
10	Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río, uniforme y ocupando > 75 % de la ribera (en toda su anchura)			
5	Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre 50 - 75 % de la ribera)			
5	Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río > al 75 % de la ribera			
5	Si el número diferente de especies de arbustos es:		X	X
-5	Si existen estructura construidas por el hombre		X	X
-5	Si existe alguna sp. de árbol introducida (alóctona)** aislada	X	X	X
-10	Si existen sp. de árboles alóctonas** formando comunidades		X	
-10	Si existen vertidos de basuras		X	
PUNTAJE TOTAL		20	0	20

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

- a. Para aguas arriba:** se obtuvo una valoración de 20 puntos a razón de los siguientes criterios: 25 puntos por la presencia de un número de especies diferentes de árboles autóctonos mayor que tres, según el límite presentado para el tipo geomorfológico (tipo 3) asignado al tramo, sin embargo, se

descuentan 5 puntos por penalización debido a la presencia de plantas alóctonas o introducidas (*Mangifera indica* y *Swinglea glutinosa*).

- b. En el Balneario Hurtado:** la valoración fue de 25 puntos, debido a la presencia de más de dos especies de plantas autóctonas y cinco puntos extras (“bonificación”) por la presencia de más de tres especies de arbustos según el límite presentado para el tipo geomorfológico (tipo 2) asignado al tramo. Pero, debido a características no naturales o no autóctonas presentes en el balneario como la presencia de estructuras construidas por el hombre ya mencionadas, especies de plantas foráneas (en total siete especies) las cuales son abundantes formando comunidades y el vertido de basuras ocasionado por las actividades asociadas al uso recreativo y turísticos de la zona, generó una penalización de treintapuntos, obteniéndose un puntaje final de cero. El método no contempla valores inferiores al cero.
- c. En aguas abajo:** La presencia de más de dos especies autóctonas y más de tres especies diferentes de arbustos en sus riberas, según los límites planteados para el tipo geomorfológico asignado al tramo (tipo 2), le permitió obtener 30 puntos, a los cuales, se descontaron 10 puntos como penalización por la existencia de estructuras construidas por el Hombre (captación de agua en la ribera izquierda y gaviones al margen derecho, vías pavimentadas, etc.) y por la presencia de tres especies de plantas introducidas (*Mangifera indica*, *Crescentia cujete* y *Melicoccus bijugatus*), por tanto se obtuvo un puntaje de calidad de cubierta de 20 puntos para este tramo del río.

6.4.1.4. Grado de naturalidad del canal fluvial.

Los resultados del grado de naturalidad del canal fluvial se presentan a continuación.

Tabla 44. Resultados de índice QBR: grado de naturalidad del canal fluvial de la zona ribereña en área de estudio.

Puntuación	Criterios para la puntuación	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO HURTADO	AGUAS ABAJO
25	el canal del río no ha estado modificado	X		
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal			
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río		X	X
0	río canalizado en la totalidad del tramo			
-10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río		X	X
-10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río.			
PUNTAJE TOTAL		25	0	0

Fuente: Autores del Proyecto, 2018

- a. **En aguas arriba:** el canal fluvial no presentó modificaciones por acciones antrópicas manteniendo características naturales donde sus terrazas adyacentes al lecho del río no han sido reducidas por estructuras rígidas (represas, gaviones, obras de ingeniería), que indiquen canalización artificial que según los criterios de puntuación presentados para la aplicación del índice en este bloque, le permite asignar 25 puntos y al no presentar penalización asociadas a las modificaciones descritas, este tramo mantuvo una puntuación final de 25.
- b. **En el Balneario Hurtado:** las intervenciones antrópicas relacionadas con el desarrollo urbano de Valledupar representadas en la infraestructura rígida existente sobre la ribera del balneario constatado por tres captaciones de agua hechas con piedras y arena las cuales van hacia el Batallón de Ingenieros, el acueducto del corregimiento de los corazones y a las fincas agrícolas (de las familias Valle y Martínez) dedicadas a monocultivos de

palma africana y arroz. Según la Corporación Autónoma Regional del Cesar cuentan con permisos ambientales, sin embargo, se les ha disminuido la concesión en época de sequía en un 20%, 40% y 50%, respectivamente a cada una de estas para prevenir o disminuir posibles impactos en la flora y fauna asociada a este ecosistema; los cuales constituyeron signos de alteración evidente que modificaron las condiciones del grado de naturalidad del canal fluvial en este tramo, contrario a lo descrito aguas arriba. Por tanto, recibió solo cinco puntos positivos (+5), un puntaje que refleja el grado de alteración que, por la presencia de estas estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río, también, recibió diez puntos negativos (-10) debido a que existen estructuras sólidas dentro de lecho del río como lo son las grandes bases que sostienen los gaviones que se construyeron en el año 2015 como medida de mitigación de la erosión en la ribera derecha de este tramo y las terrazas artificiales hechas en concreto y piedra para ubicar locales de ventas de bebidas; por tanto la puntuación final del grado de naturalidad del canal fluvial fue de cero (0).

- c. En aguas abajo:** presenta una condición similar a la zona del balneario, en cuanto al grado de naturalidad del canal fluvial. Presenta signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río como lo son dos captaciones de aguas hechas para el sistema de riego de cultivos de arroz, palma africana y sus potreros para la ganadería, gaviones. Por estas razones sólo pudo recibir cinco puntos positivos (+5); sin embargo, la terraza sobre el margen derecho adyacentes al lecho ha sido reducidas, por gaviones que son sostenidos por estructuras sólidas construidas sobre el lecho del río, por tanto, fue penalizado con menos diez puntos (-10), consolidando de esta forma una puntuación final de cero (0).

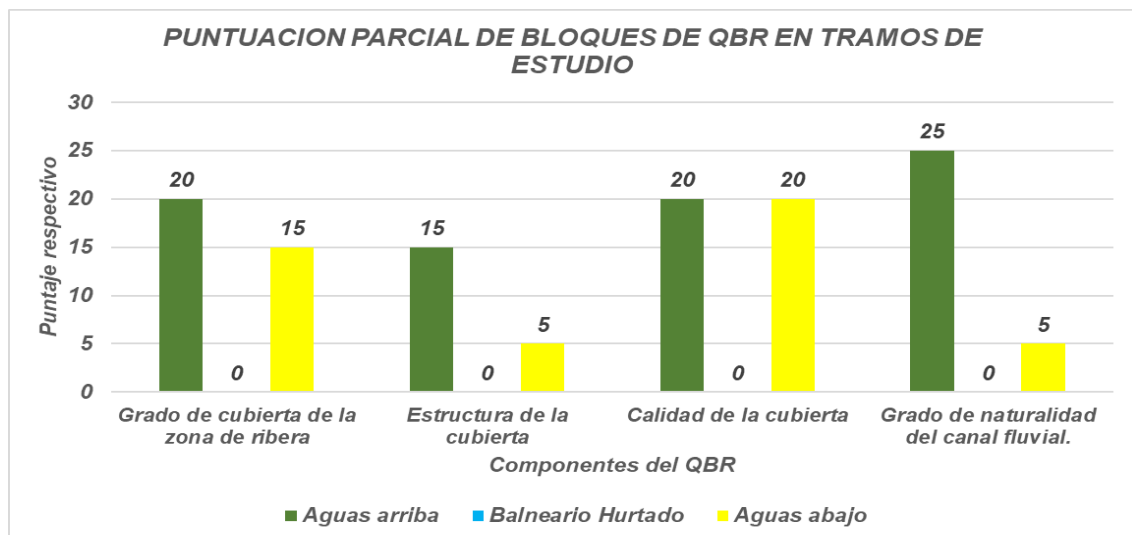
6.4.1.5. Puntuación final del Índice de Bosque de Ribera (QBR)

La calidad del bosque Ripario en el área de estudiado se obtuvo a través de la sumatoria de cada uno de los puntajes parciales de los cuatro componentes del índice. A continuación, se presentan los puntajes de cada uno de los cuatro componentes del QBR y el total para cada uno de los tramos en estudio (Aguas arriba, Balneario y Aguas abajo).

Tabla 45. Puntaje total del índice de QBR de la zona de estudio en toda su ribera.

Estaciones	Grado de cubierta de la zona de ribera	Estructura de la cubierta	Calidad de la cubierta	Grado de naturalidad del canal fluvial.	Puntaje total
Aguas arriba	20	15	20	25	80
Balneario Hurtado	0	0	0	0	0
Aguas abajo	15	5	20	0	40

Fuente: Autores del Proyecto, 2019



Gráfica 12. Puntuación parcial de los bloques de QBR en los tramos de estudio

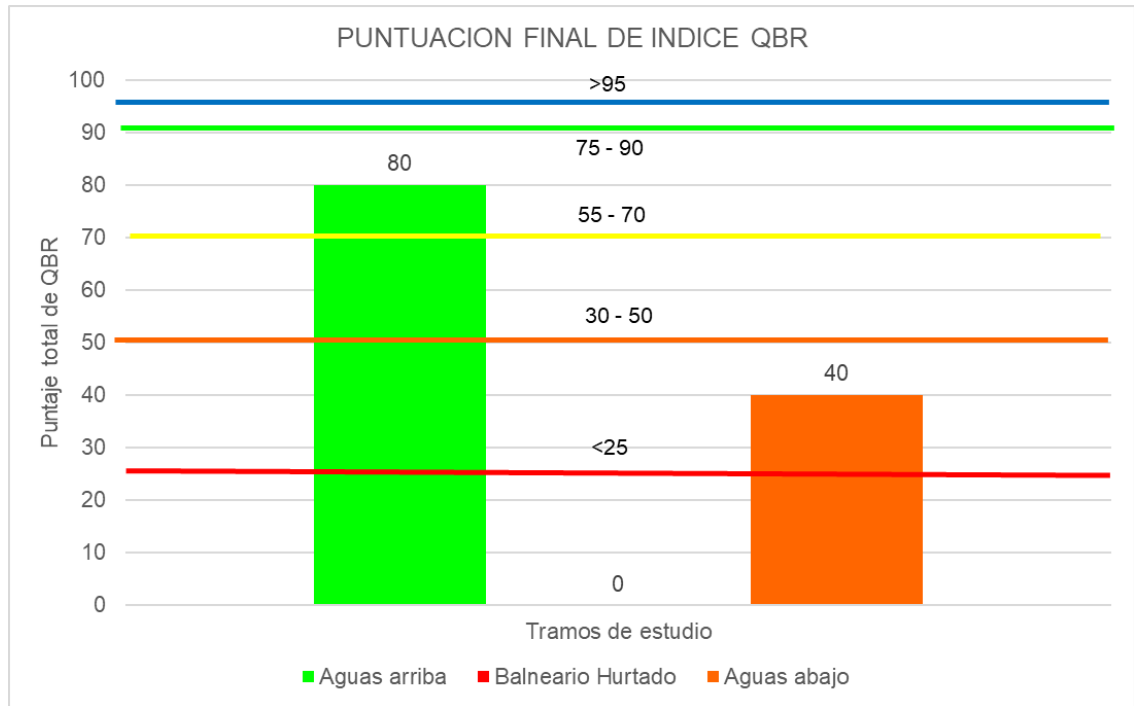
Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Teniendo en cuenta el puntaje total del índice QBR obtenido para Aguas arriba, Balneario y Aguas abajo (ver **Gráfica 12**) se estimaron el nivel de calidad del bosque de ribera que sirvió de patrón comparativo de los resultados obtenidos.

Tabla 46. Calificación de calidad del bosque de ribera a partir del índice QBR en la zona de estudio.

Estado de calidad de bosque de ribera	Color	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
		AGUAS ARRIBA			BALNEARIO			AGUAS ABAJO		
Sin Alteración	>95									
Ligeramente perturbado	75-90									
Alteración importante	55-70	80			0			45		
Alteración fuerte	30-50									
Degradación extrema	<25									

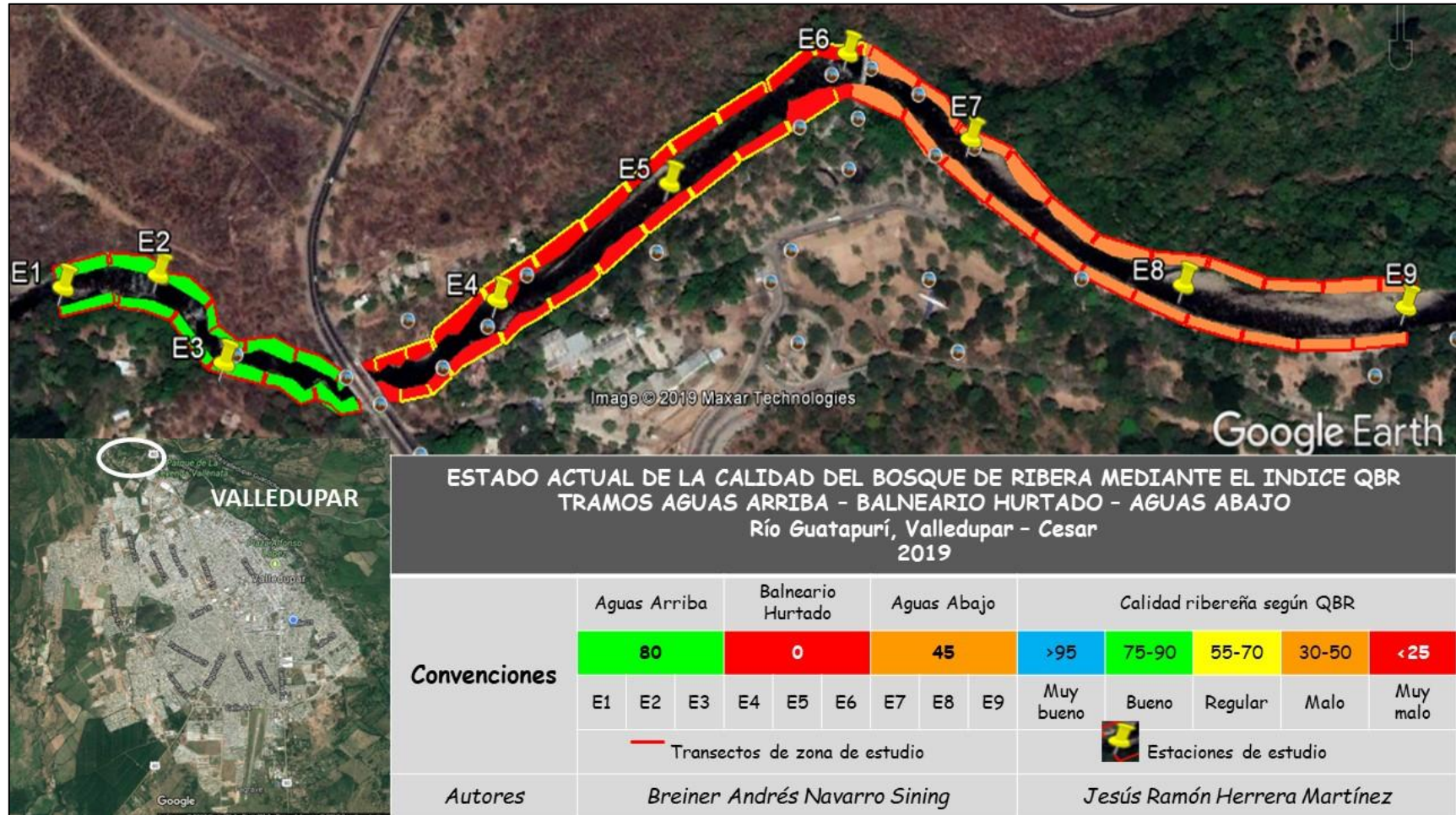
Fuente: Autores del Proyecto, 2019



Gráfica 13. Puntuación final del índice QBR en zona de estudio.
Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Se pudo establecer que:

- a. **El bosque de ribera de aguas arriba** es de calidad buena, sin embargo, está ligeramente perturbado por las actividades antropogénicas que se han descrito.
- b. **El bosque de ribera del Balneario Hurtado** presentó la peor calidad de bosque Ripario, calidad pésima, sin embargo la puntuación cero no indica carencia de espacios naturales sobre la ribera, sino que a través de las consideraciones que establece la metodología, permite contextualizar que, los impactos negativos generados por las condiciones que el uso recreativo del agua y del espacio turístico del balneario han sido significativos y más aún que las acciones y medidas emprendidas (reforestación, canalización, muros de contención, residuos sólidos, etc.) por las autoridades competentes en materia ambiental y urbanísticas de la ciudad, no han surtido el efecto esperado y deseado sobre la naturalidad del bosque Ripario, provocando en algunos casos su afectación (introducción de especies y modificación de terrazas), por lo que el resultado presentado indica la extrema degradación debido a las actividades turísticas, recreacionales y urbanísticas que ya se han descrito anteriormente.
- c. **El bosque de ribera de aguas abajo** Comparado con el resultado presentado en el tramo anterior ha recibido menor impacto sobre su bosque Ripario, pero presenta mayor degradación que las condiciones de Aguas arriba. Por los resultados obtenidos se define que presenta mala calidad, debido a intervenciones antrópicas recibida por las actividades agropecuarias, urbanísticas, turísticas y recreacionales comentadas.



Mapa 1. Estado actual de la calidad del bosque de ribera en la zona de estudio
Fuente: Autores del Proyecto, realizado en Google Earth 2019

Según las condiciones descritas sobre la calidad del bosque de ribera, en los tramos que comprendieron el área de estudio, se puede establecer que: un estado natural y bien conservado del bosque de ribera (máxima calidad; QBR:90), no se encontró sobre el área evaluada, sólo aguas arriba presentaron calidad buena y los dos últimos tramos mala calidad. Lo que permite precisar la utilidad del índice QBR, en la determinación y cualificación del nivel de calidad de las riberas del río Guatapurí sobre el Balneario Hurtado y su trascendencia para la valoración del corredor Ripario de las cuencas de los ríos de la región y en el resto del país, pues además de presentar una evaluación del estado natural de la vegetación de ribera, permite identificar, describir y valorar las acciones y medidas humanas que están generando impacto sobre este bosque en un contexto amplio de circunstancias y condiciones de ciertos aspectos de las comunidades (culturales, sociales, políticos, urbanísticos, normativos). En razón a lo expresado anteriormente y a que es poca la utilización de este índice en estudios ambientales, este proyecto se constituye en una base guía sobre el estado del arte en el departamento del Cesar, para futuros estudios que busquen enriquecer la aplicación metodológica del índice frente a las situaciones cambiantes y únicas de los ecosistemas y actividades antrópicas de Colombia.

6.4.2. Aplicación del índice de hábitat fluvial (IHF)

Los resultados descritos en este apartado están comprendidos por datos relacionados con las condiciones del hábitat acuática en estudio, en donde se realizó la valoración de su calidad por medio del cálculo del índice de hábitat fluvial (IHF) sobre el área de estudio (BALNEARIO HURTADO), siguiendo la metodología propuesta por (Pardo, y otros, 2002) aplicada en la hoja de campo (ver **Anexo B**). Cabe destacar que, el índice de hábitat fluvial contiene siete bloques en los que se recoge distintos componentes y atributos de los hábitats acuáticos y/o fluvial como: inclusión de rápidos y sedimentación de pozas, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra del

cauce, elementos de heterogeneidad, y cobertura acuática. Además, se valoró por cada estación debido a que, a lo largo del trayecto de la zona de estudio se evidenció un cambio considerable con relación a la valoración de cada bloque haciendo que, el estudio se efectúe de manera particular y no integral; estos cambios se describen en cada tramo correspondiente.

6.4.2.1. Para tramo de aguas arriba

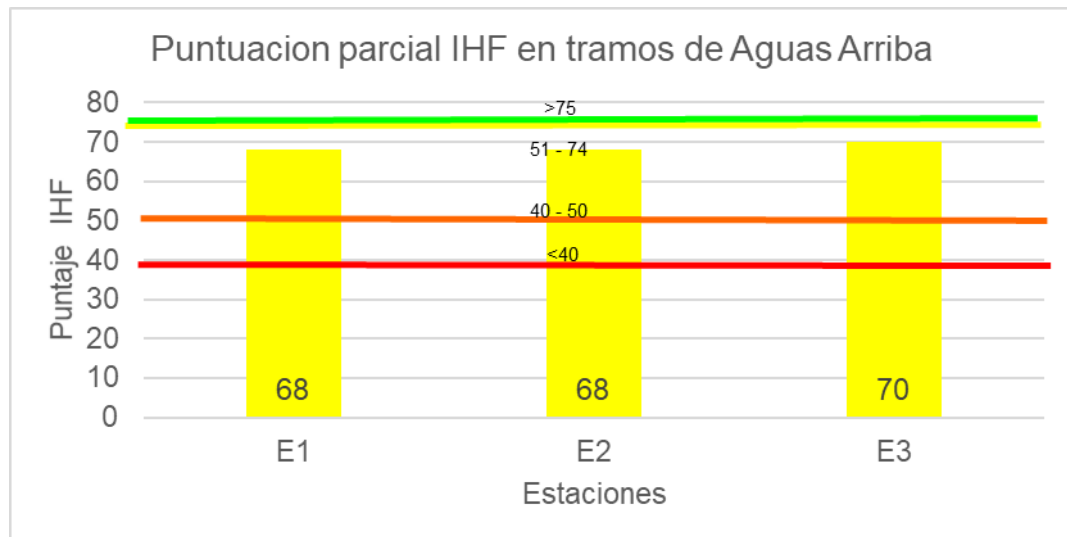
Para ello, se contempló la valoración integral de cada bloque a través de una tabulación con la información respectiva, como se presentó en el **Anexo B** con registro fotográficos en el **Anexo J** los resultados de los índices de hábitat fluvial en las estaciones 1 – 2 – 3 se describen a continuación:

Tabla 47. Resultados de puntaje del IHF para las estaciones E1 – E2 – E3.

TRAMO: Aguas Arriba						
ESTACIONES: E1 – E2 – E3						
BLOQUES				PUNTUACION		
				E1	E2	E3
1. INCLUSION DE RAPIDOS – SEDIMENTACION POZAS						
RAPIDOS	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 – 30%	10	10	10	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				
POZAS	Sedimentación 0 – 30 %	10				
	Sedimentación 30 – 30 %	5				
	Sedimentación >60%	0				
TOTAL (una categoría)				10	10	10
2. FRECUENCIA DE RAPIDOS						
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río <7	10	10	10	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				
	Solo pozas	2				
TOTAL (una categoría)				10	10	10
3. COMPOSICION DELL SUSTRATO						
	% Bloques y piedras	1 -10%	2			

TRAMO: Aguas Arriba						
ESTACIONES: E1 – E2 – E3						
BLOQUES				PUNTUACION		
				E1	E2	E3
	% Cantos y gravas	>10%	5	5	5	5
		1 -10%	2			
	% Arena	>10%	5	5	5	5
		1 -10%	2	2	2	2
	% Limo y arcilla	1 -10%	2	2	2	2
		>10%	5			
TOTAL (sumar categorías)				14	14	14
4. REGIMENES DE VELOCIDAD/ PROFUNDIDAD						
Somero>0.5m lento <0.3m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-somero, rápido-profundo		10			
	Solo 3 de las 4 categorías		8			8
	Solo 2 de las 4 categorías		6	6	6	
	Solo 1 de las cuatro		4			
TOTAL (una categoría)				6	6	8
5. PORCENTAJE DE SOMBRA EN EL CAUCE						
	Sombreado con ventanas		10			
	Totalmente en sombra		7			
	Grandes claros		5	5	5	5
	Expuesto		3			
TOTAL (una categoría)				5	5	5
6. ELEMENTOS DE HETEROGENEIDAD						
	Hojarasca	>10% o <75%	4	4	4	4
		1-10% o >75%	2			
	Presencia de troncos y ramas		2			
	Raíces expuestas		2	2	2	2
	Diques naturales		2	2	2	2
	TOTAL (sumar categorías)				8	8
7. COBERTURA DE VEGETACION ACUATICA						
	% Plocon + briofitos	10 – 50%	10	10	10	10
		1 – 10% o >50%	5			
	% Pecton	10 – 50%	10			
		1 – 10% o >50%	5	5	5	5
	% Fanerógamas + Chacales	10 – 50%	10			
		1 – 10% o >50%	5			
TOTAL (sumar categorías)				15	15	15
PUNTUACION FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)				68	68	70

FUENTE: Autores del proyecto, 2019



Gráfica 14. Puntuación de bloques de IHF en las estaciones del tramo Aguas Arriba

FUENTE: Autores del proyecto, 2019

Según los resultados obtenidos durante la evaluación del índice de hábitat fluvial en las estaciones correspondientes al tramo aguas arriba del balneario Hurtado, se obtuvo una calificación del hábitat fluvial medianamente diverso, debido a características como la estructura del cauce estudiadas donde la inclusión de piedras, fangos, hojas y gravas, además, de la presencia de raíces expuestas y poca diversidad de vegetación acuática en la zona béntica discriminan las condiciones de hábitat fluvial encontrada, que son desglosadas en cada uno de los bloques, evidenciando lo siguiente:

- El aporte de materia orgánica alóctona al hábitat acuático está asociado a la gran cantidad de hojarascas que constituyen elementos de heterogeneidad y a la limitada diversidad de especies de vegetación acuática, ya que se encuentra representada solamente en la especie *Microsorium punctatum* identificada a partir de registros fotográficos realizados en la zona de estudio con base en referencias bibliográficas como (Murillo A, 2017) quien explica que, se trata de una vegetación acuática introducida en Colombia con descendencia de China llamado también “helecho de garra de tigre”, representan la oferta de recursos alimenticios disponible que trascienden en

la composición trófica del cauce en este tramo, propiciando condiciones adecuadas pero limitadas para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos.



Ilustración 24. Especie de *Microsorum Punctatum* Vs. Referencia bibliográfica de planta acuática
Fuente: autores del proyecto, 2019 & (Murillo A, 2017)

- Se evidenció alta presencia de piedras, bloques con baja incrustación de sedimentos lo que proporciona al hábitat fluvial condiciones para que los organismos acuáticos puedan desarrollarse y establecerse dentro de este medio. Sin embargo, esta situación presenta limitaciones en ciertos elementos del sustrato disponible relacionado a la gran presencia de bloques, piedras y en menor cantidad arena y grava, que permite a la biota acuática tener a disposición medios de protección y refugio tanto para los depredadores como para evitar ser arrastrados por la corriente que en este caso está asociada a la alta frecuencia de rápidos observadas en el tramo para el caso de macroinvertebrados y peces; así mismo la presencia de piedras y bloques permite a la vegetación acuática disponer de medios de soporte y adherencia reflejado en la abundancia de la vegetación acuática ***Microsorum punctatum*** observada.
- En cuanto a los regímenes de velocidad del flujo, se mantuvo en promedio tres de los cuatro posibles: (rápido somero, lento profundo y lento somero) en las estaciones de estudio; lo cual permite inferir que, la diversidad de macroinvertebrados acuáticos sea cambiante debido a las condiciones de

hábitat óptimo, ya sea que prefieran habitar zonas lénticas u otras rápidas como en zonas poco profundas o en aguas profundas y lénticas.

- El cauce del río en este tramo se encuentra con poco porcentaje de sombra representado en grandes claros durante gran parte del día, la condición mencionada favorece el desarrollo de vegetación acuática fotosintética y esto a su vez la disposición de microhábitat para la macrofauna estudiada.

6.4.2.2. Para el tramo de *Balneario Hurtado*

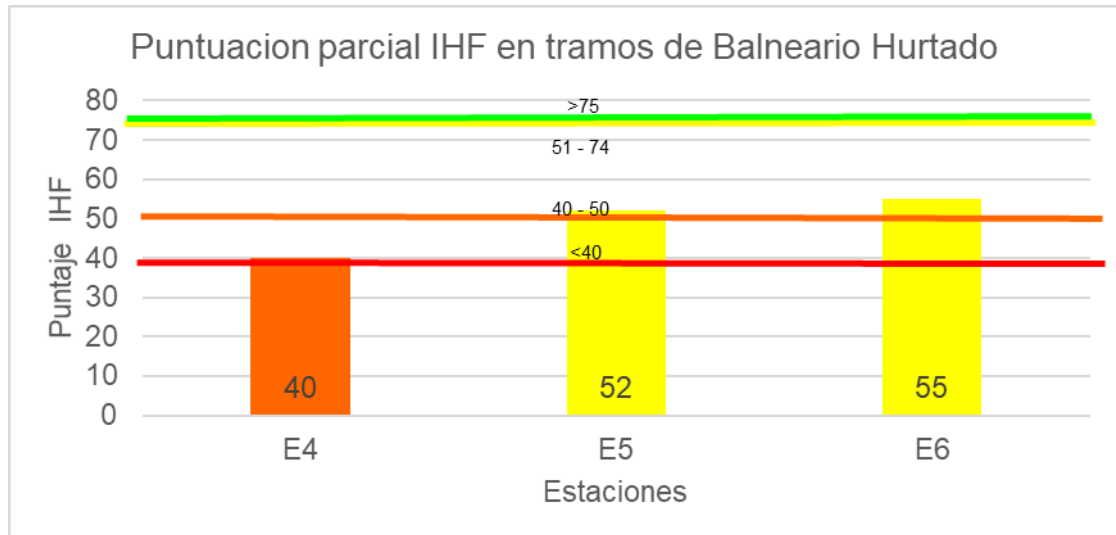
Se contempló la valoración integral de cada bloque a través de una tabulación con la información respectiva, como se presentó en el **Anexo B** con registro fotográficos en el **Anexo J** los resultados de los índices de hábitat fluvial en las estaciones 4 – 5 – 6 se describen a continuación:

Tabla 48. Resultados de puntaje del IHF para las estaciones E4 – E5 – E6

TRAMO: Balneario Hurtado					
ESTACIONES: E4 – E5 – E6					
BLOQUES			PUNTUACION		
			E4	E5	E6
1. INCLUSION DE RAPIDOS – SEDIMENTACION POZAS					
RAPIDOS	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		5	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión >60%	0	0		
POZAS	Sedimentación 0 – 30 %	10			
	Sedimentación 30 – 30 %	5			
	Sedimentación >60%	0			
TOTAL (una categoría)			0	5	5
2. FRECUENCIA DE RAPIDOS					
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río <7	10		10	
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río 7-15	8	8		8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río 15-25	6			
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4			
	Solo pozas	2			
TOTAL (una categoría)			8	10	8

TRAMO: Balneario Hurtado						
ESTACIONES: E4 – E5 – E6						
BLOQUES				PUNTUACION		
				E4	E5	E6
3. COMPOSICION DELL SUSTRATO						
	% Bloques y piedras	1 -10%	2			
		>10%	5	5	5	5
	% Cantos y gravas	1 -10%	2			
		>10%	5	5	5	5
	% Arena	1 -10%	2		2	
		>10%	5	5		5
% Limo y arcilla	1 -10%	2	2	2	2	
	>10%	5				
TOTAL (sumar categorías)				17	14	17
4. REGIMENES DE VELOCIDAD/ PROFUNDIDAD						
Somero>0.5m lento <0.3m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-somero, rápido-profundo		10			
	Solo 3 de las 4 categorías		8	8		8
	Solo 2 de las 4 categorías		6		6	
	Solo 1 de las cuatro		4			
TOTAL (una categoría)				8	6	8
5. PORCENTAJE DE SOMBRA EN EL CAUCE						
	Sombreado con ventanas		10			
	Totalmente en sombra		7			
	Grandes claros		5		5	
	Expuesto		3	3		3
TOTAL (una categoría)				3	5	3
6. ELEMENTOS DE HETEROGENEIDAD						
	Hojarasca	>10% o <75%	4			
		1-10% o >75%	2	2		
	Presencia de troncos y ramas		2			2
	Raíces expuestas		2	2	2	2
	Diques naturales		2			
	TOTAL (sumar categorías)				4	2
7. COBERTURA DE VEGETACION ACUATICA						
	% Plocon + briofitos	10 – 50%	10			10
		1 – 10% o >50%	5		5	
		10 – 50%	10			
	% Pecton	1 – 10% o >50%	5		5	
		10 – 50%	10			
	% Fanerógamas + Chacales	1 – 10% o >50%	5			
TOTAL (sumar categorías)				0	10	10
PUNTUACION FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)				40	52	55

FUENTE: Autores del proyecto, 2019



Gráfica 15. Puntuación de bloques de IHF en las estaciones del tramo Balneario Hurtado
FUENTE: Autores del proyecto, 2019

Según los resultados obtenidos durante la evaluación del índice IHF en este tramo de estudio, se obtuvo una calificación del hábitat fluvial medianamente diverso en las estaciones E5 y E6, mientras la estación E4 obtuvo una calificación de hábitat fluvial poco diverso en conformidad con la guía, esto debido a ciertas características de la estructura del cauce estudiadas donde la inclusión de piedras, fangos, hojas y gravas además de la presencia de raíces expuestas y poca diversidad de vegetación acuática en la zona béntica discriminan las condiciones de hábitat fluvial encontrada, que son desglosadas en cada uno de los bloques, evidenciando lo siguiente:

- En las estaciones del tramo balneario Hurtado, el aporte de materia orgánica alóctona al hábitat fluvial estuvo asociado con la presencia de hojas, tronco y raíces expuestas que constituyeron los elementos de heterogeneidad del cauce, relacionados con la presencia de árboles sobre las riberas, el arrastre de hojas por el flujo de agua y la exposición de las raíces de árboles por la acción erosiva sobre las riberas especialmente en las zonas con estructuras civiles (muros de contención), factor que favoreció las condiciones de hábitat en las estaciones en relación a la heterogeneidad de los elementos bajos los

cuales soportan la oferta alimenticia e influyen en la composición trófica, sin embargo la diversidad del hábitat en términos generales mantuvo características de poco diverso algo influenciado por la actividad turística intensiva en esta zona lo que propicia condiciones limitadas para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados

- La cobertura de la vegetación acuática estuvo representada por la especie ***Microsorium punctatum***, una planta acuática vascular con cierta tolerancia a altas temperaturas e iluminación directa que necesita permanecer sumergida para mantener la intensidad en su color verde y por su adherencia a los cantos para evitar su arrastre por la corriente del río (Murillo A, 2017) (ver **Ilustración 24**). Este fue un elemento que influyo en las características del hábitat fluvial en este tramo, pues su presencia con la de algunos musgos estuvo limitada por la acción turística, la presencia de rocas y la profundidad del cauce, razón que justificó su ausencia en la estación E4 y su presencia en las E5 y E6.



Ilustración 25. Especie de *Microsorium Punctatum* en Balneario Hurtado adherida en piedras
Fuente: autores del proyecto, 2019

- En las estaciones de este tramo se observó una diversidad en los elementos de composición del sustrato donde las piedras, cantos y gravas presentaron desde poca hasta mediana fijación por los sedimentos finos, situación que proporciona medios de protección, refugios y adhesión para los macroinvertebrados acuáticos y la vegetación acuática presente como

Microsorium punctatum. En las estaciones E5 y E6 del balneario la menor profundidad del cauce y la exposición en superficie de las piedras facilitó la presencia de la especie de helecho observada gracias a la disponibilidad de radiación solar y a tener mayor acceso a los nutrientes del lecho aportados por las partes finas de los sustratos y de la parte orgánica, situación contraria fue observada en la estación E4 donde las piedras están sumergidas a mayor profundidad.

- Este tramo cuenta con poco porcentaje de sombra sobre el cauce lo que aumenta la exposición a la radiación solar durante gran parte del día y favorece el desarrollo de productores primarios evidenciado en las estaciones E5 y E6 donde la presencia de plantas acuáticas se debe a las condiciones del hábitat pues les permite tener acceso a elementos fijos para adherirse además de que la poca profundidad de estos les permite tener acceso a la luz solar y nutrientes del sustrato del lecho indispensables para sus procesos biológicos.
- La variedad en los regímenes de velocidad relacionados con la profundidad así como la frecuencia de rápidos y la composición del sustrato encontrados en las estaciones del tramo balneario fueron determinantes para generar la clasificación de la diversidad del hábitat encontrada pues de estas situaciones resultan condiciones para que las especies de organismos acuáticos sensibles, endémicas y sedentarias reaccionen ante cambios del entorno como son las especies de macroinvertebrados, las cuales utilizan el sustrato del río medios de protección y refugio tanto para los depredadores como para evitar ser arrastrados por la corriente que en este caso estará asociada a la alta frecuencia de rápidos observadas en el tramo.
- Este tramo se caracterizó por mantener tres regímenes de velocidad relacionados con la profundidad los cuales fueron lento profundo, rápido somero y lento somero con escasa frecuencia de rápidos; permitiendo que, la diversidad de macroinvertebrados acuáticos sea cambiante, ya sea por su

preferencia de hábitat en zonas lénticas u otras rápidas como en zonas poco profundas o en aguas profundas y lénticas.

6.4.2.3. Para el tramo de aguas abajo

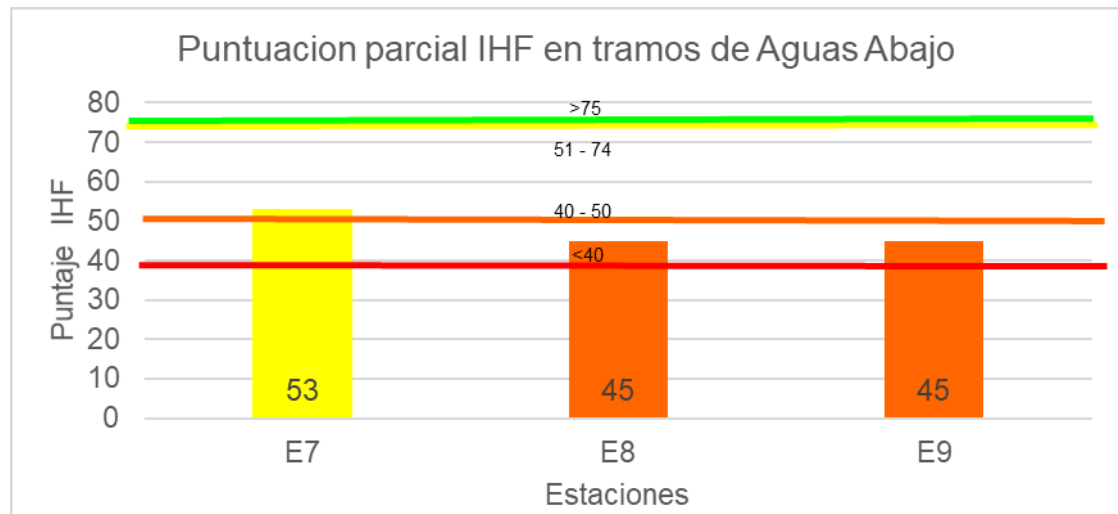
Para la valoración integral de cada bloque a través de una tabulación con la información respectiva, como se presentó en el **Anexo B** con registro fotográficos en el **Anexo J** los resultados de los índices de hábitat fluvial en las estaciones 7 – 8 – 9 se describen a continuación:

Tabla 49. Resultados de puntaje del IHF para las estaciones E7 – E8 – E9.

TRAMO: Aguas Abajo							
ESTACIONES: E7 – E8 – E9							
BLOQUES					PUNTUACION		
					E7	E8	E9
1. INCLUSION DE RAPIDOS – SEDIMENTACION POZAS							
RAPIDOS	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	5				
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión >60%	0		0		0	
POZAS	Sedimentación 0 – 30 %	10					
	Sedimentación 30 – 30 %	5					
	Sedimentación >60%	0					
TOTAL (una categoría)					5	0	0
2. FRECUENCIA DE RAPIDOS							
	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	8				
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río 15-25	6		6		6	
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4					
	Solo pozas	2					
TOTAL (una categoría)					8	6	6
3. COMPOSICION DELL SUSTRATO							
	% Bloques y piedras	1 -10%	2				
		>10%	5	5	5	5	
	% Cantos y gravas	1 -10%	2				
		>10%	5	5	5	5	

TRAMO: Aguas Abajo							
ESTACIONES: E7 – E8 – E9							
BLOQUES					PUNTUACION		
					E7	E8	E9
	% Arena	1 -10%	2				
		>10%	5	5	5	5	
	% Limo y arcilla	1 -10%	2	2	2	2	
		>10%	5				
TOTAL (sumar categorías)				17	14	14	
4. REGIMENES DE VELOCIDAD/ PROFUNDIDAD							
Somero>0.5m lento <0.3m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-somero, rápido-profundo		10				
	Solo 3 de las 4 categorías		8				
	Solo 2 de las 4 categorías		6	6	6	6	
	Solo 1 de las cuatro		4				
TOTAL (una categoría)				6	6	6	
5. PORCENTAJE DE SOMBRA EN EL CAUCE							
	Sombreado con ventanas		10				
	Totalmente en sombra		7				
	Grandes claros		5				
	Expuesto		3	3	3	3	
TOTAL (una categoría)				3	3	3	
6. ELEMENTOS DE HETEROGENEIDAD							
	Hojarasca	>10% o <75%	4				
		1-10% o >75%	2	2	2	2	
	Presencia de troncos y ramas		2		2	2	
	Raíces expuestas		2	2	2	2	
	Diques naturales		2				
	TOTAL (sumar categorías)				4	6	6
7. COBERTURA DE VEGETACION ACUATICA							
	% Plocon + briofitos	10 – 50%	10				
		1 – 10% o >50%	5	5	5	5	
		10 – 50%	10				
	% Pecton	1 – 10% o >50%	5	5	5	5	
		10 – 50%	10				
	% Fanerógamas + Chacales	1 – 10% o >50%	5				
TOTAL (sumar categorías)				10	10	10	
PUNTUACION FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)				53	45	45	

FUENTE: Autores del proyecto, 2019



Gráfica 16. Puntuación de bloques de IHF en las estaciones del tramo Balneario Hurtado
FUENTE: Autores del proyecto, 2019

Según los resultados obtenidos durante la evaluación del índice de hábitat fluvial en las estaciones correspondientes al tramo aguas abajo del balneario Hurtado, se obtuvo una calificación de hábitat medianamente diverso en la estación E7, mientras en las estaciones E8 y E9 obtuvo una calificación de hábitat poco diverso en conformidad con la guía de aplicación del índice, esto debido a ciertas características de la estructura del cauce estudiadas donde la inclusión de piedras, fangos, hojas y gravas además de la presencia de raíces expuestas y poca diversidad de vegetación acuática en la zona béntica discriminan las condiciones de hábitat fluvial encontrada, que son desglosadas en cada uno de los bloques, evidenciando lo siguiente:

- En las estaciones del tramo aguas abajo, el aporte de materia orgánica alóctona al hábitat está asociada a la presencia de hojas, troncos y raíces expuestas que constituyen elementos de heterogeneidad que sumado a la limitada diversidad de especies de vegetación acuática representada solo en la especie *Microsorium punctatum* y en algunas algas y briofitas, que constituyen la oferta de recursos alimenticios disponible que trascienden en la composición trófica del cauce en este tramo, propiciando condiciones

adecuadas pero limitadas para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Se destaca que, en este tramo, la presencia de estos elementos se ve limitada en comparación con los tramos anteriores, debido a que las hojas, troncos y ramas observadas sobre el cauce son escasas y se derivan más del arrastre por la corriente de agua que por el ecosistema ripario adyacente a la ribera, debido a que se encuentra muy intervenido por proyectos de construcción civil que ha reducido la densidad del bosque a la margen derecha del río, afectando de esta forma la diversidad de los microhábitat característicos de la rizosfera que entra en contacto con el agua, que son utilizados por los macroinvertebrados acuáticos, factor que influyó en la calificación del índice.

- Se evidenció una alta presencia de piedras, bloques, cantos y gravas medianamente fijas por sedimentos, lo que proporciona al hábitat fluvial condiciones para que los organismos acuáticos puedan desarrollarse y establecerse dentro de este medio, pues le permite a la biota acuática tener a disposición medios de protección y refugio tanto para los depredadores como para evitar ser arrastrados por la corriente que, en este tramo, presenta regímenes de velocidad rápida relacionados con profundidades someras y mayores a 0.5 metros, lo que representa limitaciones en la diversidad de hábitat fluvial al presentar sólo una velocidad de flujo con escasa frecuencia de rápidos. La presencia de piedras y bloques permite a la vegetación acuática disponer de medios de soporte y adherencia, pero, durante la evaluación del índice en este tramo, se observó poca cobertura vegetal acuática representada sólo en la especie de helecho mencionada anteriormente, que podría estar asociada a que las piedras no están totalmente cubiertas por agua y que los helechos no están totalmente sumergidos en ciertos espacios del tramo de estudio, lo que representa una limitación para su supervivencia o presencia en el río, ya que son especies que utilizan CO₂ inorgánico del agua (limnofitos) y al exponerse al aire atmosférico pierde su coloración verde.

- El cauce del río en este tramo se encuentra expuesto a la luz solar, la condición mencionada favorece el desarrollo de vegetación acuática fotosintética y favorece la disposición de la fauna béntica como la especie ***Microsorium Punctatum*** referenciada en aguas arriba (ver **6.4.2.1.**)



Ilustración 26. Especie de *Microsorium Punctatum* en Aguas Abajo adherida en piedras
Fuente: autores del proyecto, 2019

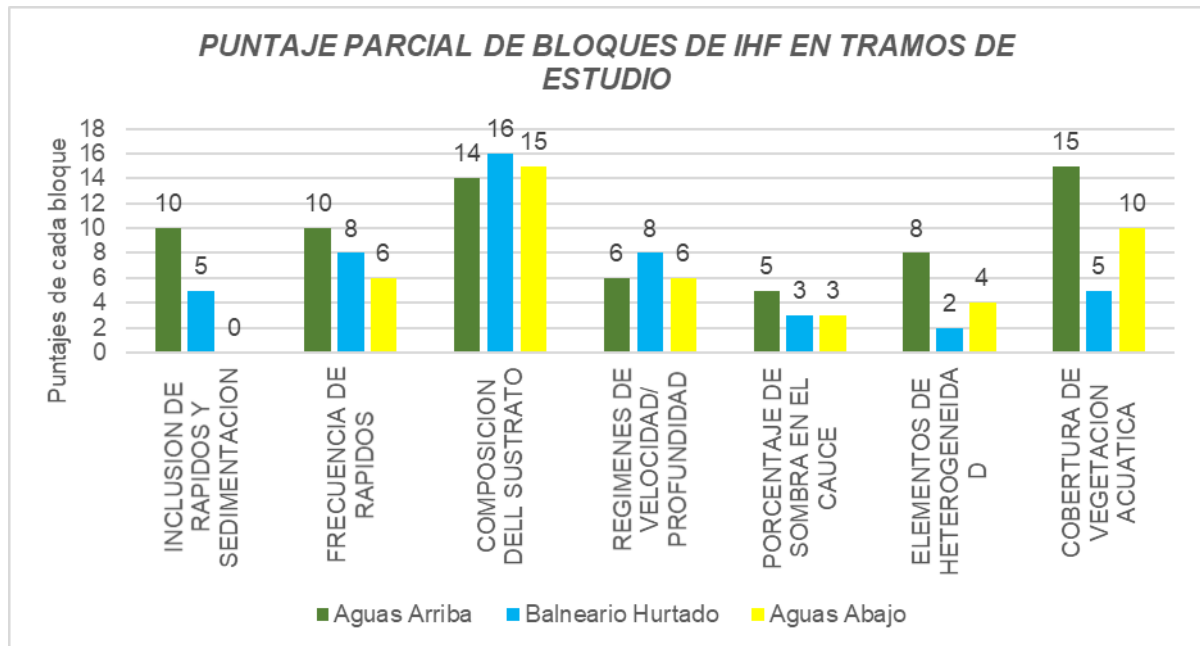
6.4.2.4. Puntuación promedio de índice de hábitat fluvial IHF:

La calidad del índice de hábitat fluvial en el área de estudio se obtuvo a través de la sumatoria de cada uno de los puntajes parciales de los siete componentes del índice. Cabe destacar que, para este ítem, se realizó un promedio de los resultados obtenidos tanto de los bloques como el puntaje total del índice con base de las estaciones y se analizaron por tramo de estudio. Por consiguiente, se presentan los puntajes promedios de cada uno de los siete componentes del IHF y el total para cada uno de los tramos en estudio (Aguas arriba, Balneario y Aguas abajo).

Tabla 50. Resultados de la puntuación promedio de cada bloque y el puntaje total promedio por tramos de la zona de estudio.

TRAMOS DE ESTUDIO			
AGUAS ARRIBA (AA) – BALNEARIO HURTADO (BH) – AGUAS ABAJO (AB)			
BLOQUES	PUNTUACION		
	AA	BH	AB
1. INCLUSION DE RAPIDOS – SEDIMENTACION POZAS			
TOTAL	10	5	0
2. FRECUENCIA DE RAPIDOS			
TOTAL	10	8	6
3. COMPOSICION DELL SUSTRATO			
TOTAL	14	16	15
4. REGIMENES DE VELOCIDAD/ PROFUNDIDAD			
TOTAL	6	8	6
5. PORCENTAJE DE SOMBRA EN EL CAUCE			
TOTAL	5	3	3
6. ELEMENTOS DE HETEROGENEIDAD			
TOTAL	8	2	4
7. COBERTURA DE VEGETACION ACUATICA			
TOTAL	15	5	10
PUNTUACION FINAL PROMEDIO	68	47	44

FUENTE: Autores del proyecto, 2019



Gráfica 17. Puntuación parcial de los bloques de IHF en los tramos de estudio

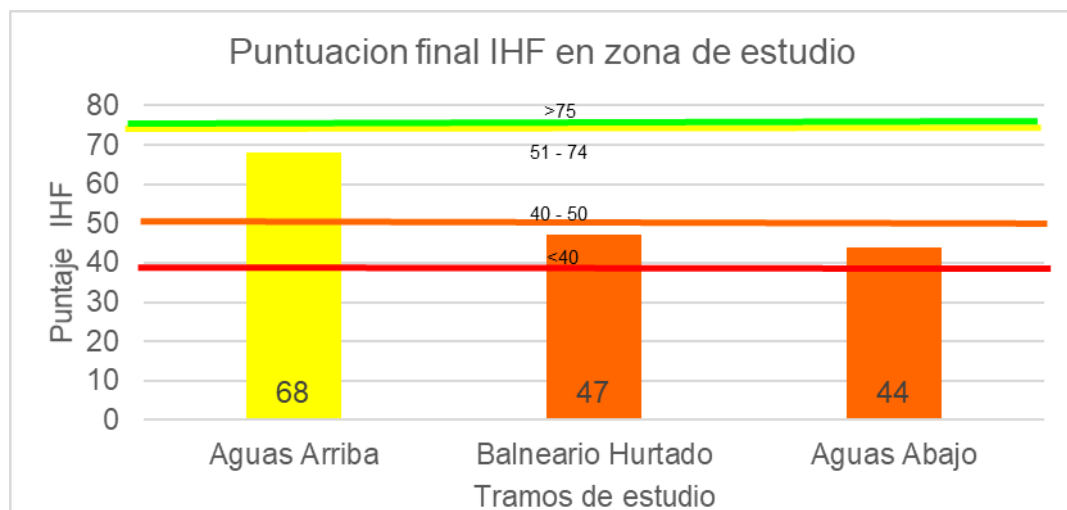
Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Teniendo en cuenta el puntaje total del índice IHF obtenido en las estaciones correspondiente a los tramos de Aguas arriba, Balneario y Aguas abajo y el consolidado total del mismo, se logró determinar el nivel de calidad del hábitat fluvial del balneario Hurtado y demás área de estudio siguiendo la metodología estipulada.

Tabla 51. Resultados del índice hábitat fluvial (IHF) promedio de la zona de estudio

Estado de calidad de hábitat fluvial	Color	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
		AGUAS ARRIBA			BALNEARIO			AGUAS ABAJO		
Óptimo	>75	68			47			44		
Medianamente diverso	51-74									
Poco diverso	40-50									
Serias limitaciones	<40									

Fuente: Autores del proyecto, 2019.



Gráfica 18. Puntuación final del índice IHF en zona de estudio.

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Con referencia a la gráfica e información anterior (ver **Tabla 51** y **Gráfica 18**) se pudo analizar lo siguiente:

- a. **El hábitat fluvial de aguas arriba** es medianamente diverso, esto es debido a la gran cantidad de cobertura vegetal acuática que se encuentran fijadas

en las piedras del río; además, posee una riqueza de materia orgánica a través de hojarasca que son vital para el alimento de las diferentes especies acuáticas encontradas dentro del lecho del río como son los macroinvertebrados y la especie vegetal acuática identificada; al igual, la cantidad de piedras y gravas encontradas son vitales para el albergue de los macroinvertebrados acuáticos con la finalidad de que no sean arrastradas por la corriente; pero, la desventaja que se presentó y que su calidad no resultó ser el óptimo se debe al bajo porcentaje de sombra causado por la poca ramificación y vegetación disponible en la ribera. Que, a pesar de la situación mencionada, el lecho hídrico resultó ser el menos alterado por la interacción humana dentro de la zona de estudio; por ende, las pocas actividades que se producen en dicha zona resultan ser mínimas o nulas.

- b. El hábitat fluvial del Balneario Hurtado** resultó ser poco diversa constatado a través de la ausencia o porcentaje mínimo de cobertura de vegetación acuática dentro del lecho del río; además, se evidenció el poco aporte de nutrientes a partir de hojarasca, de raíces expuestas y por consiguiente la poca o nula sombra que existe en la zona del balneario causado por la poca presencia de vegetación ribereña en las márgenes, sobre todo en la margen derecha del río; al igual, su poca diversidad se debe a la mayor presencia de piedras y cantos incrustadas por sedimentos muy finos provocando que las especies de macroinvertebrados no se puedan refugiar entre los espacios de dichas piedras; pero, a pesar de ello, se destaca el gran porcentaje de sustrato representado en piedras y gravas disponibles dentro del lecho del río que favorece a las especies pero por encontrarse incrustadas dificulta la subsistencia de las mismas; y que además, presenta todos los regímenes de velocidad causado por la alteración del ancho del río a partir de los sustratos que la corriente arrastra y deposita. Esta zona de estudio, resulta ser la más afectada por la interacción humana, esta interacción se ve reflejada a través de la entrada de los bañistas al río, al recorte de ancho del río para actividades comerciales, además de la gran disposición de residuos sólidos

que no son depositados en sus respectivos recipientes sino que, por lo general son desechados dentro del cauce afectando negativamente el hábitat fluvial, las diferentes construcciones civiles que provoca la disminución de espacio de hábitat acuática; además, por la interacción humana y la gran exposición del lecho del río a la luz solar provoca que la especie *Microsorium punctatum* no se reproduzca entre las piedras y espacios de los cantos.

- c. El hábitat fluvial de aguas abajo** resulta ser poco diverso con un puntaje inferior con referencia a la zona de Balneario Hurtado; esta calificación baja se debe a la gran presencia de piedras y cantos de grava que se encuentran incrustadas con sedimentos finos mayor al 60%, la relación de rápidos y anchura resulta ser muy baja debido al aumento del ancho del río logrando que se reduzca los rápidos e inclusive se restringe los regímenes de velocidad a dos categorías por su bajo flujo del cauce; además presenta una exposición total a la radiación solar debido a la baja cobertura ribereña disponible en la zona; pero, se destaca la presencia de vegetación acuática dentro del lecho del río con un porcentaje de abundancia inferior al 10% con relación al tramo de aguas arriba. En esta zona, es muy baja la interacción humana a través del turismo; pero, se destaca la presencia de construcciones civiles de proporciones mayores que afecta en gran medida la vegetación ribereña y por consiguiente los bloques que dependen de este factor, este es el caso de los gaviones y de la playa maravilla que solamente posee palmas como posible fuente de sombra que resultan ser no autóctonas de la zona; además, el curso hídrico presenta 2 desviaciones del cauce hacia los diferentes corregimientos y fincas ganaderas y agrarias, lo cual promueve que en esta zona sufra un bajo descenso del flujo hídrico lo que afecta considerablemente a la población de macroinvertebrados y vegetación dentro del lecho del río existente.



Mapa 2. Estado actual de la calidad del hábitat fluvial del curso hídrico en la zona de estudio
Fuente: Autores del Proyecto, realizado en Google Earth 2019

Al analizar las condiciones referentes a la calidad de hábitat fluvial en los tramos que comprendieron el área de estudio, se pudo concluir que: un hábitat óptimo y muy diverso con una puntuación mayor a 75 referido en la metodología no se evidenció sobre el área evaluada; solamente se encontró un hábitat medianamente diverso representado en aguas arriba, por su parte, en los tramos del balneario Hurtado y aguas abajo presentaron hábitats poco diversos. Lo anterior, permitió demostrar la importancia de utilizar la metodología propuesta en el índice IHF, para la evaluación del hábitat fluvial de los cursos hídricos superficiales, pues permite analizar el contexto de la situación del hábitat fluvial disponible a lo largo y ancho de un curso hídrico a estudiar, evaluando la influencia de factores externos (actividades humanas) como causa o circunstancia de la alteración a las condiciones físicas y morfológicas del hábitat fluvial. Sin embargo, este índice ha sido poco usado en estudios limnológicos en Colombia.

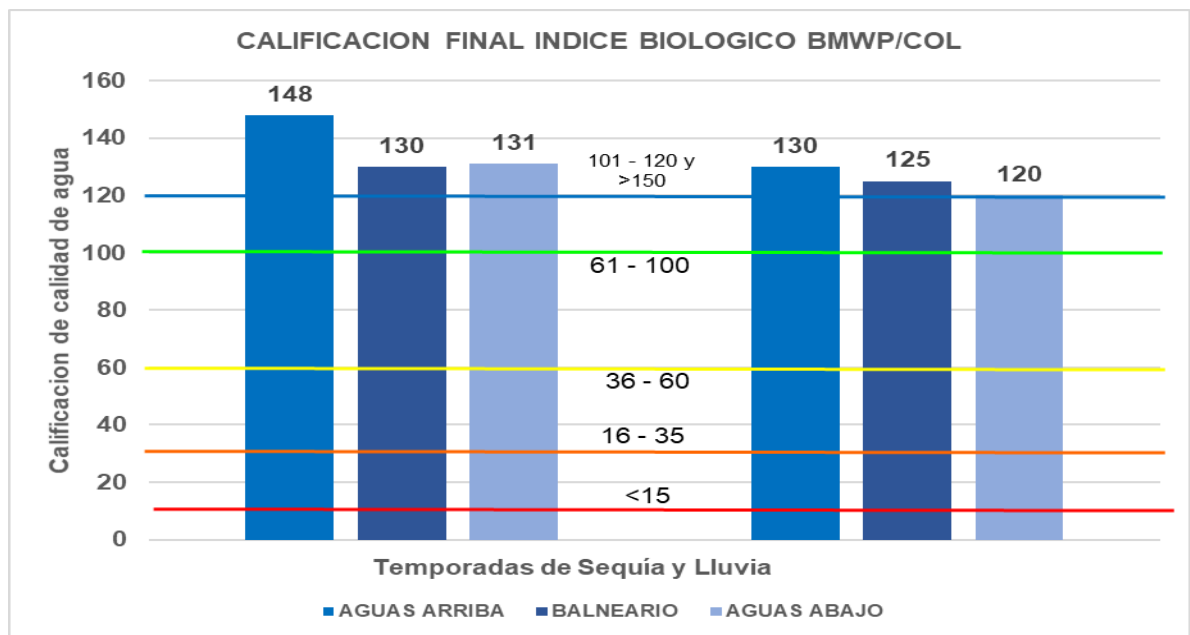
6.4.3. Aplicación del índice biológico BMWP/COL

Con la información recolección y diligenciada anteriormente sobre la macro fauna bentónica encontrada en el río Guatapurí en los tramos de estudio a la altura del Balneario Hurtado (ver **6.2.1**), se determinó la calidad de agua para el índice BMWP/COL teniendo en cuenta las diferentes familias identificadas en cada una de las estaciones de muestreo (Aguas arriba: E1, E2 y E3), (Balneario: E4, E5 y E6) y (Aguas abajo: E7, E8, E9). Obteniendo en todas las zonas de estudio, tanto en periodo de lluvia como de sequía, un puntaje del BMWP correspondiente a aguas de buena calidad (limpias o poco contaminadas), según las consideraciones de sensibilidad presentada por el índice para los organismos observados.

Tabla 52. Resultados de índice biológico BMWP/COL en ambas temporadas

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
		AGUAS ARRIBA			BALNEARIO			AGUAS ABAJO		
No. De especies										
Estado de calidad de agua	Color	TEMPORADA DE SEQUIA								
Muy Bueno	101-120	148			130			131		
Bueno	61 - 100									
Regular		TEMPORADA DE LLUVIA								
Malo	16 - 35	130			125			120		
Muy Malo	<15									

Fuente: Autores del Proyecto, 2019



Gráfica 19. Calificación final índice biológico BMWP/COL en ambas temporadas

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

En total se recolectaron 616 macroinvertebrados durante los periodos de lluvia y sequía en los tramos estudiados del río GUATAPURI sobre el Balneario Hurtado, agrupados en 12 órdenes y en alrededor de 44 familias, permitieron obtener los siguientes valores de BMWP/COL: aguas arriba con 148, balneario Hurtado con 130

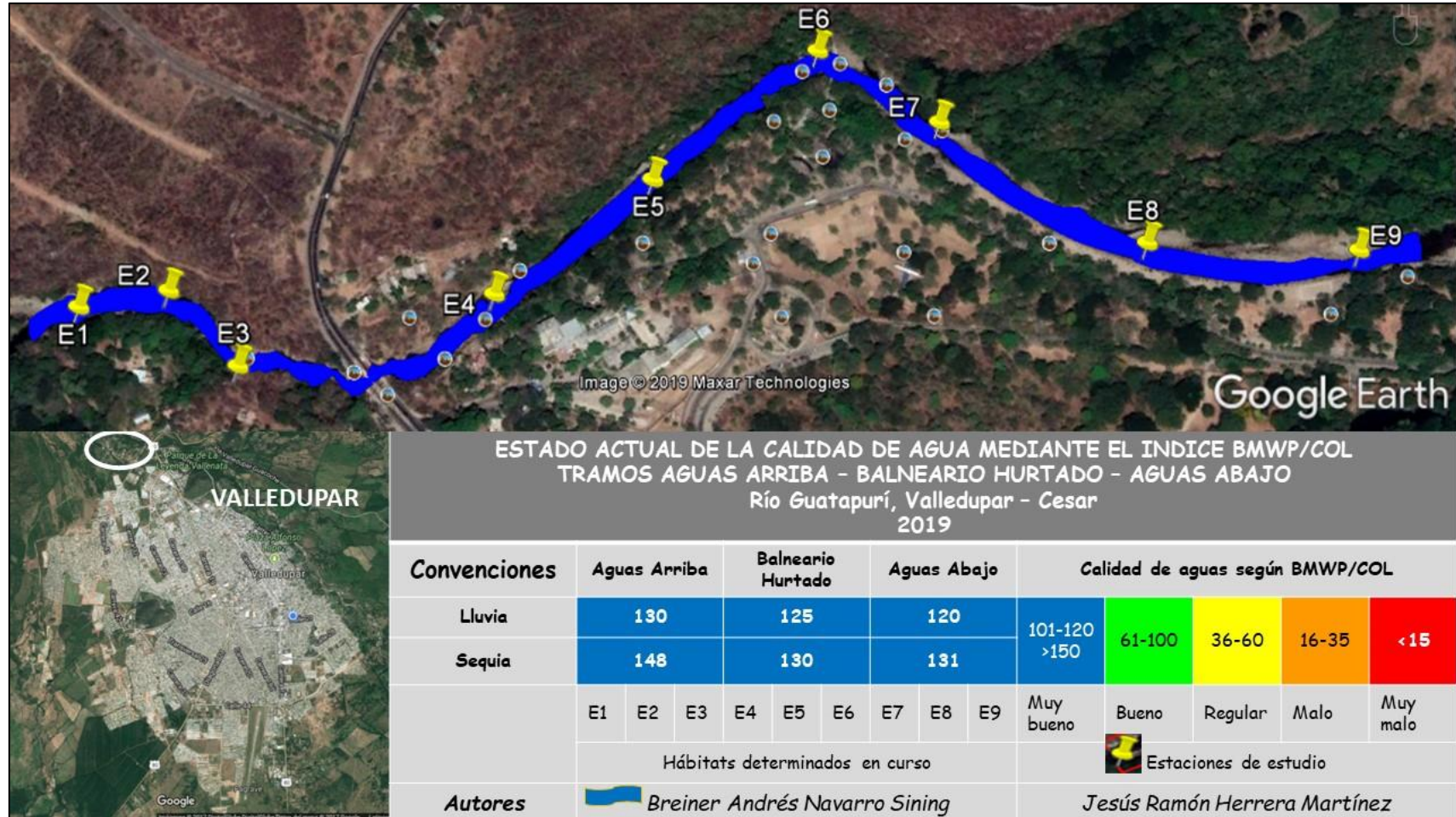
y en aguas abajo con 131 durante la temporada de lluvia; mientras que, en aguas arriba con 130, balneario Hurtado con 125 y en aguas abajo con 120 durante la temporada de sequía respectivamente; esto indica que, las aguas en los trayectos mencionados se encuentran poco contaminadas o limpias (calidad buena). Las familias dominantes en abundancia en estos tramos fueron *Leptophlebiidae*, *Leptohyphidae* e *Hdripsyichidae* en la temporada de sequía y *Psephenidae*, *Leptohyphidae* en la temporada lluvia; las cuales, presentan una puntuación alta según los criterios del índice, a razón de su alta sensibilidad a ciertos niveles de contaminación en el agua, además la presencia de familias como *Perlidae* y *Blepharoceridae* que son poco tolerantes a la contaminación, representan ser un indicador de que la zona de estudio posee buenas concentraciones de oxígeno y fuentes reducidas de contaminación por materia orgánica (ver **Tabla 29** y **Tabla 30**). Estos resultados presentados coinciden con anteriores estudios en cuanto al criterio cualitativo de calidad de agua, realizados en inmediaciones al balneario sobre el río Guatapurí, por el director del proyecto Nicolas Martínez García para el año 2018 y 2010 (ver **4.1**).

Los valores BMWP/COL presentados en cada tramo durante las diferentes estaciones, evidencian la conservación del estado ambiental del afluente, aunque existen diferencias significativas en la diversidad y número de macroinvertebrados durante las temporadas estudiadas (mayor en sequía), esto puede estar asociado a el aumento del caudal acompañado de rápidas, inundaciones y cargas altas de sedimentos, arrastraría los taxones presentes en los sustratos y limitará las condiciones respiratorias de la fauna bentónica (Roldán, 1988)

En los tramos del balneario Hurtado y aguas abajo, la presencia de organismos dulceacuícolas se redujo en comparación con lo observado en aguas arriba y que influyó directamente en la puntuación del índice BMWP/COL obtenida, que, aunque su cualificación permanezca dentro del mismo rango de buena calidad, es necesario destacar que, la constante presión antrópica producto de las diversas actividades

recreativas y de uso agropecuario, motivaron la alteración del cauce, donde las construcciones de infraestructura urbanísticas y transformación del paisaje natural sobre la ribera, han generado impacto sobre el hábitat acuático y ha sido determinante en la adaptación, permanencia y presencia de macroinvertebrados.

Por último, la valoración óptima de la calidad de las aguas a partir del índice con base a la identificación de macroinvertebrados se debió principalmente a los valores óptimos arrojados por las variables físico químicas como pH, conductividad, Oxígeno disuelto y temperatura, lograron ser factores claves para la determinación y distribución de estos organismos acuáticos según explican los autores (Roldán P G. , 1996); (Dominguez, 2001); (Meza, Rubio-M, Días, & Valteros, 2012), en especial los valores de pH arrojados en la zona de estudio, los cuales se encontraron entre los valores de **7,56** en sequía y **7,89** en lluvia (ver **Tabla 38**); siendo estos valores un pH apropiado para el desarrollo de biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos que signifiquen calidad de agua muy limpias (Gutiérrez, Riss, & Ospina, 2002).



Mapa 3. Estado actual de la calidad de agua en la zona de estudio
Fuente: Autores del Proyecto, realizado en Google Earth 2019

6.4.4. Aplicación de los índices de contaminación ICO

Los índices de contaminación (ICO), aplicados en los tres tramos de estudio fueron complementarios a los índices BMWP/Col, QBR e IHF en sentido ecológico que permitieron precisar problemas ambientales en los tramos estudiados y poder evaluar la calidad ambiental. Para ello se tomó los resultados de los análisis de los parámetros físico – químicos determinados (ver **6.3**) con el fin de aplicar el índice ICO.

6.4.4.1. Índice por mineralización (ICOMI)

A continuación, se describen los resultados obtenidos para los parámetros contenidos en el índice de contaminación por mineralización ICOMI durante las temporadas de sequía y lluvias por cada tramo de estudio. Para ello, se describieron en primer lugar, los resultados obtenidos de los parámetros de conductividad – dureza total – alcalinidad total y los resultados arrojados por la aplicación de ICATEST v1.0 para el índice.

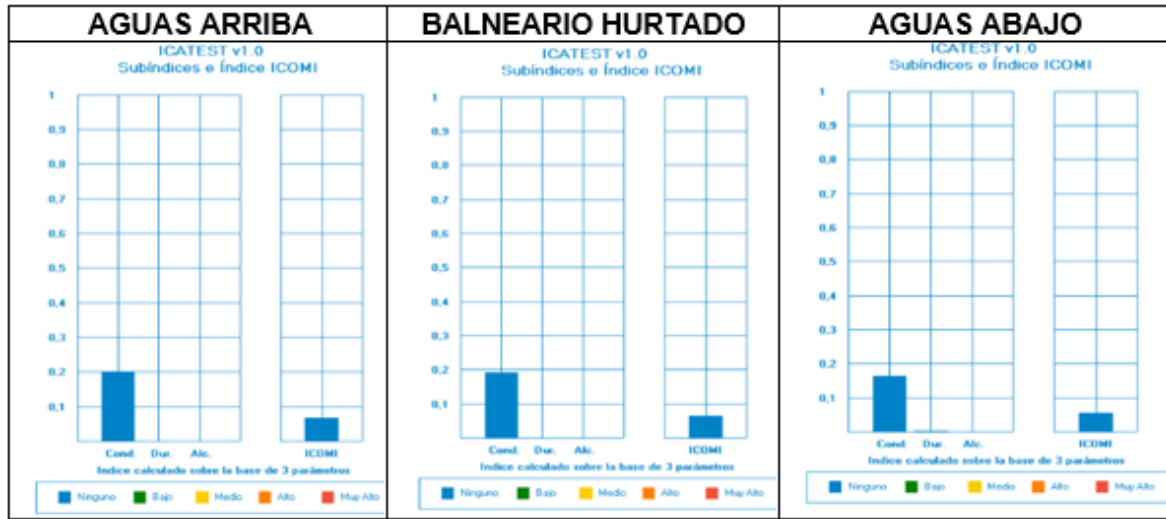
6.4.4.1.1. ICOMI para la temporada de sequía.

Los resultados obtenidos en los tramos (aguas arriba, balneario hurtado y aguas abajo) de las variables fisicoquímicas que conforman el índice fueron:

- a. **La conductividad:** presentó valores bajos con pocas diferencias entre los tramos estudiados. Logrando constatar que, los sólidos disueltos de carácter iónico encontrados dentro de la zona de estudio no generaron contaminación alguna en la fuente hídrica, a pesar de que en la zona del balneario Hurtado presente alteración por la actividad antrópica de los bañistas y visitantes de la zona (ver **Gráfica 6**).

- b. **La dureza:** se analizó que, la dureza provino de los cationes de calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}), mostrando que, el agua del río es de característica blanda en todas las estaciones (menos de 75 mg/L) (Clair, Sawyer, & McCarty, 2000), por ende, los niveles de estos cationes encontrados no generaron cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua del curso hídrico (ver **Gráfica 8**).
- c. **La alcalinidad:** se analizó que este parámetro provino de los iones de bicarbonatos debido a los resultados positivos en la alcalinidad total y negativo o nulo a la alcalinidad a la fenolftaleína. Resultados que indican que se trata de aguas con alcalinidad aceptable, según (Rivera et al, 2004) señala que alcalinidades con valores de 20 mg/l son aptas para la preservación de la Vida acuática (ver **Gráfica 8**).

Los resultados del índice ICOMI y las variables que la conforman, para la temporada de sequía en los tres tramos del muestreo (Aguas arriba, Balneario Hurtado y Aguas abajo) presentó valores un poco variables entre sí, pero, lograron indicar que **no hay ninguna contaminación debido a los parámetros usados**, por tanto, se asignó el color azul que significó **ausencia de contaminación por mineralización** y buena calidad inorgánica de las aguas, probablemente se deba a que los valores de las variables relacionadas: conductividad, dureza y alcalinidad, están dentro del rango de calidad establecidas por el ministerio de ambiente nacional (MAVDT, 2007) Por lo anterior, se logró establecer que, durante la temporada de sequía, el índice de contaminación ICOMI calculado en la zona de estudio indicó que: **la calidad del agua es muy buena o sin ningún grado de contaminación**. A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMI para los tres tramos estudiados en temporada de sequía arrojados por el software ICATest 1.0.



Gráfica 20. Resultados del índice ICOMI para los tres tramos de estudio en temporada de sequía.
Fuente: Autores del proyecto, 2019

La siguiente tabla contiene el reporte de los tres tramos de estudio para el ICOMI y los parámetros que lo conforma (Conductividad, Dureza y Alcalinidad) estimado en la temporada de sequía.

Tabla 53. Reporte ICOMI para los tramos de estudio en temporada de sequía

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMI PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE SEQUÍA				
SITIOS DE MUESTREO		Aguas Arriba	Balneario Hurtado	Aguas Abajo
VALOR DEL INDICE		0,066	0,064	0,055
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO		0 – 0,2	0 – 0,2	0 – 0,2
COLOR		Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	81	79	70
	Vr subíndice	0,198	0,192	0,163
	Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	28	22	30
	Vr subíndice	0	0	0,003
	Alcalinidad ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	8	10	16
	Vr subíndice	0	0	0

Fuente: Autores del proyecto, 2019

6.4.4.1.2. ICOMI para la temporada de lluvia

A partir de las variables físico químicas obtenidas que conforman el índice de contaminación por mineralización ICOMI se pudo analizar lo siguiente:

- Durante esta temporada se obtuvieron bajas concentraciones para los parámetros Conductividad, Dureza Total y Alcalinidad, con diferencias despreciables entre los tramos estudiados en el curso hídrico del río Guatapurí, disminución asociada al aumento de caudal que ayuda a la dilución de los compuestos que abarcan (ver **Tabla 38**)

Por su parte, los resultados obtenidos para el índice ICOMI calculado durante la temporada de lluvia en los tres tramos ya mencionados fueron valores bajos entre el rango de 0,05 y 0,07 respectivamente. Por tanto, se concluyó que **no hay contaminación por mineralización bajo los efectos de la conductividad – alcalinidad – dureza**, calidad establecida según la escala del índice descrita en la metodología que señala que: **el grado de contaminación es nulo**.

Por tanto, los resultados anteriores muestran similitud en el grado de contaminación reportado a través del índice ICOMI en las temporadas de sequía y lluvia, evidenciando que, **no hay contaminación por mineralización**. Esta calidad buena se debe a que, en la zona de estudio, explícitamente en los tramos de balneario Hurtado y aguas abajo sólo se realiza actividades de carácter turística, en donde no se realiza labores de explotación minera en canteras, material de arrastre o vertimientos de sustancias, además la capacidad del cuerpo de agua de disolver tanto cationes como aniones, lo cual se ve reflejado en la cantidad de sólidos disueltos que se pueden presenciar, lo que puede incrementar o disminuir el resultado final del índice de contaminación por mineralización del río. (Montero & Ramirez, repository.usta.edu.co, 2018). A continuación, se muestran los gráficos del

índice ICOMI para los tres tramos estudiados en época de lluvias arrojados por el software ICATest v1.0



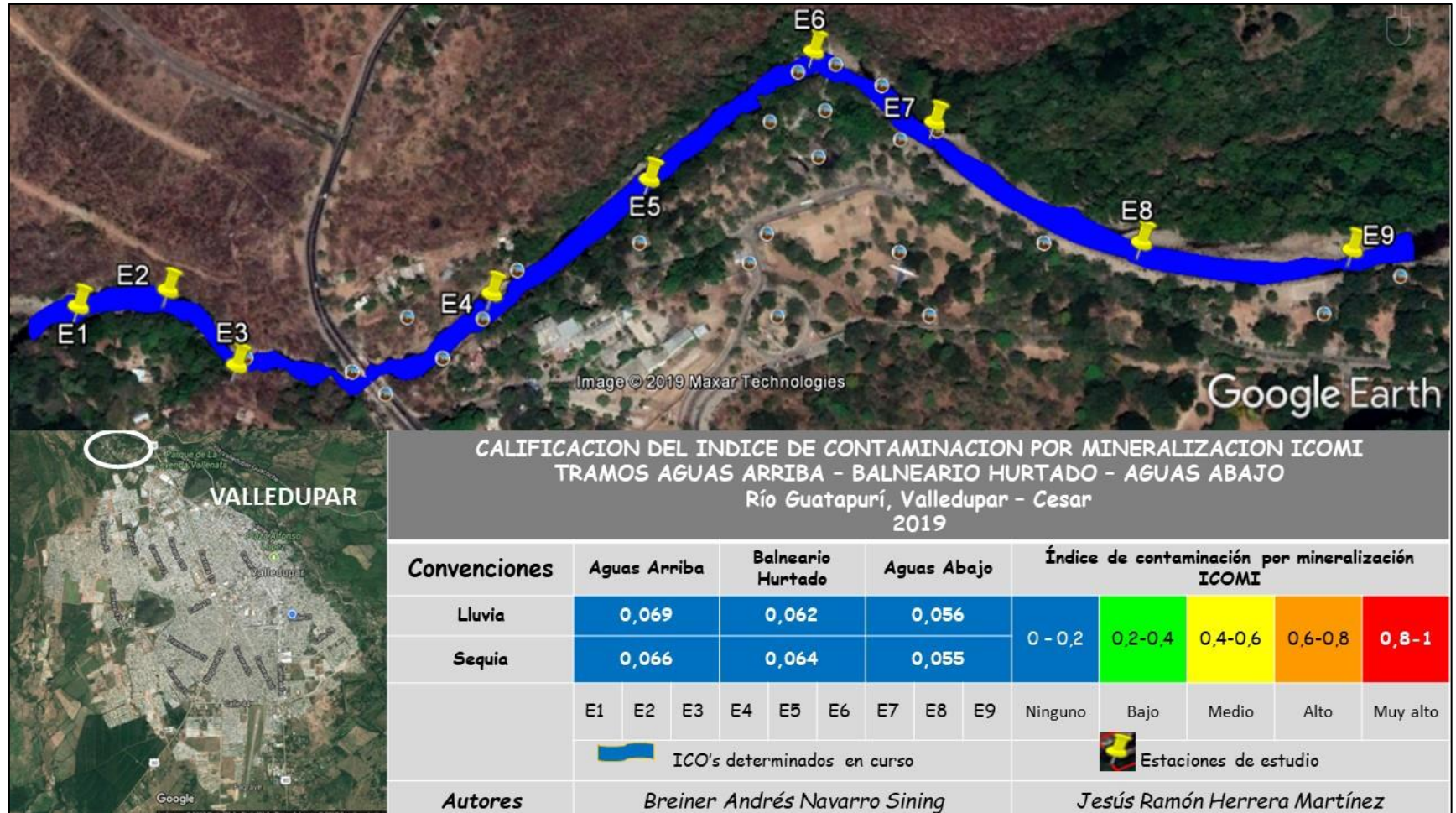
Gráfica 21. Resultados del índice ICOMI para los tres tramos de estudio en temporada de lluvia.
Fuente: Autores del proyecto, 2019

La siguiente tabla contiene el reporte de los tres tramos de estudio para el ICOMI y los parámetros que lo conforma (Conductividad, Dureza y Alcalinidad) determinados en la temporada de lluvia.

Tabla 54. Reporte ICOMI para los tramos de estudio en temporada de lluvia

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMI PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO			
TEMPORADA DE LLUVIA			
SITIOS DE MUESTREO	Aguas Arriba	Balneario Hurtado	Aguas Abajo
VALOR DEL INDICE	0,069	0,062	0,056
GRADO DE CONTAMINACIÓN	Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO	0 – 0,2	0 – 0,2	0 – 0,2
COLOR	Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	84	77
	Vr subíndice	0,208	0,185
	Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	24	20
	Vr subíndice	0	0
	Alcalinidad ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	4	2
Vr subíndice	0	0	

Fuente: Autores del proyecto, 2019



Mapa 4. Estado actual del índice de contaminación por mineralización ICOMI
Fuente: Autores del Proyecto, realizado en Google Earth 2019

6.4.4.2. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

A continuación, se describen los resultados obtenidos para los parámetros contenidos en el ICOMO (porcentaje de saturación de oxígeno, DBO y Coliformes Totales) durante las temporadas de sequía y lluvias; y, por último, los resultados arrojados por la aplicación ICATEST v1.0 por cada temporada y en cada tramo de estudio.

6.4.4.2.1. ICOMO para la temporada de sequía.

- a. Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación:** En la temporada de sequía, dentro de los tres tramos de monitoreo, los valores en promedio de oxígeno disuelto fueron de **6,0mg/l** en aguas arriba, **5,9mg/l** en el Balneario Hurtado y **5,5mg/l** en aguas abajo. Estos valores resultaron ser buenos, para mantener el equilibrio ecológico en el río Guatapurí, según (CORPOGUAJIRA, 2009) los rangos normales de oxígeno disuelto se encuentran entre 6.5 a 8 mg/L O₂, 5 mg/LO₂ es el valor mínimo de concentración para mantener el equilibrio en los ecosistemas acuáticos, constatando que, el lecho de río es óptimo para la formación de vida acuática al presentar valores superior a 5mg/l de oxígeno disuelto. Pero, cabe aclarar que, estos valores se relacionaron con la temperatura promedio del agua establecida entre los 25 a 26°C respectivamente, al igual que los regímenes de velocidad cambiantes que sufre durante su recorrido, geografía, la capacidad de aireación del agua debida al choque del flujo con las piedras que logra la adquisición de oxígeno atmosférico, el recorrido del río relativamente corto provoca que se conserve las concentraciones ideales de oxígeno. El papel biológico del oxígeno disuelto es fundamental, pues define la presencia o ausencia potencial de todas las especies acuáticas y el tipo aeróbico o anaeróbico prevaleciente en el ecosistema (Ramírez, Restrepo, &

Viña, Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación., 1997). (ver **Gráfica 10**)

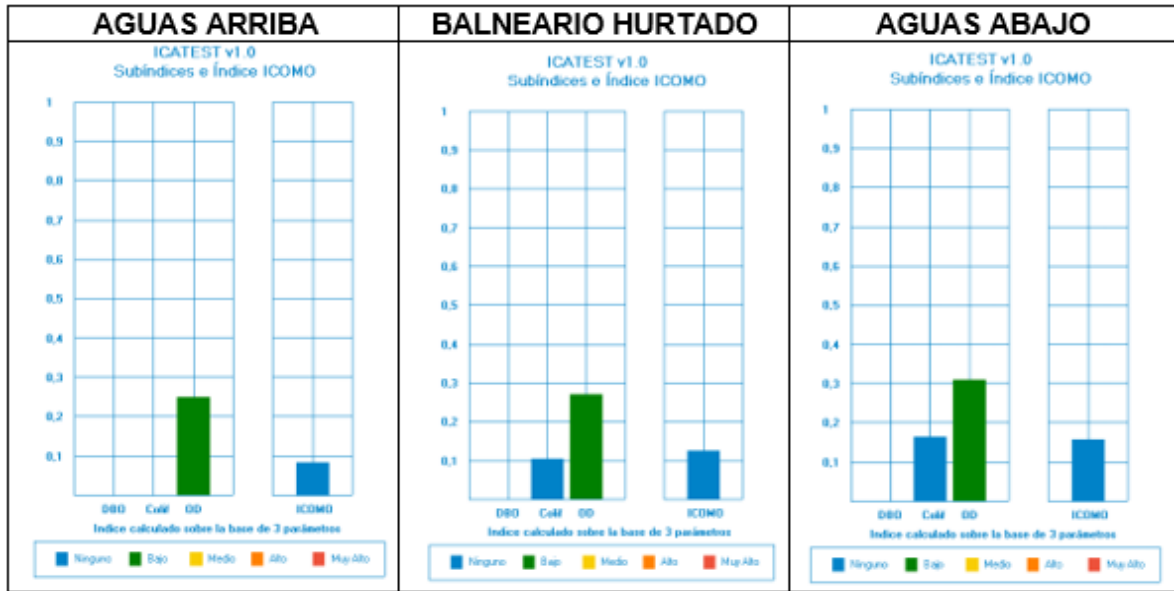
- b. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto:** Los valores de oxígeno disuelto y de la temperatura obtenidos proporcionaron el porcentaje de saturación de oxígeno, con el fin de utilizarlo para la determinación del índice ICOMO. Los valores registrados para los tres tramos de monitoreo durante la temporada de sequía fueron: **75%** en aguas arriba, **73%** en el balneario Hurtado y **69%** en aguas abajo. Esto valores resultaron ser un poco distanciados entre sí; pero el agua posee una buena saturación de oxígeno. Sin embargo, cabe destacar que, la temperatura tuvo un efecto considerable en la saturación de oxígeno debido a que; en la temporada de sequía, la temperatura promedio que registraba el agua muestreada fue de 25°C provocada por el aumento de la radiación solar que logró incrementar la temperatura del agua, lo cual, indujo a que disminuyera la concentración de oxígeno disuelto disponible y así su porcentaje de saturación. (ver **Gráfica 10**)
- c. Demanda Bioquímica de Oxígeno.** La demanda bioquímica de oxígeno presentó los siguientes valores promedio para los tres tramos de estudio: **1,65mg/l** en aguas arriba, **1,69mg/l** en el balneario Hurtado y **1,57mg/l** en aguas abajo. Para este sistema acuático se pudo demostrar que, existió una alta concentración de oxígeno disuelto y baja demanda bioquímica de oxígeno, lo que permitió concluir que, hubo una buena calidad de agua en estos términos. Además, esta baja concentración de DBO se debió a que el río no posee ningún tipo de vertimiento que motivara una alta concentración de materia orgánica a ser biodegradada, los valores presentados son en general producto de la descomposición natural de las hojarascas que se depositan en el río. (ver **Gráfica 9**)
- d. Coliformes fecales.** Los resultados obtenidos para este parámetro del agua en los tres tramos de monitoreo, referenciaron valores de: **350 UFC/100ml** en aguas arriba, **570 UFC/100ml** en el balneario Hurtado y **730 UFC/100ml** en aguas abajo. Valores significativos para el uso recreativo y contacto

primario establecido para el agua del río, donde la alta concentración de la población microbiana se debió principalmente por las diferentes actividades turísticas y ganaderas que se realizan alrededor de la zona de estudio, evidenciado esencialmente con el incremento significativo de coliformes en la zona del balneario Hurtado y aguas abajo, además, la deposición inadecuada de residuos sólidos de carácter biodegradable en los lechos del río son también causantes del crecimiento microbiano en las zonas mencionadas; sobre todo podrían influir en la calidad del curso hídrico del balneario Hurtado. Se evidencia además que, en la zona de aguas arriba, se ve una disminución considerable de coliformes con respecto al balneario y aguas abajo, pero, resultan ser aún mayores si en esas zonas no son tan explotadas por las diferentes actividades antrópicas de la región. (ver **Gráfica 9**)

Al determinar los valores del índice ICOMO sus resultados fueron los siguientes: **0,083** para aguas arriba, **0,124** para el balneario Hurtado y **0,158** para aguas abajo durante la temporada de sequía. Estos valores significaron que: **para todos los tramos** el grado de contaminación fue **ninguno** con un rango entre 0 – 0,2 que se correlaciona con el color azul como indicador de muy buena calidad.

En relación a lo anterior, el grado de contaminación del índice ICOMO fue bajo, lo que indica que el riesgo de contaminación de estas aguas por materia orgánica, microorganismos y baja concentración de oxígeno disuelto suele ser baja a pesar del incremento de los valores de los coliformes fecales. Esta última variable se debe de prestar atención con respecto a las afectaciones que podría tener el recurso hídrico para usos de agua según la normatividad ambiental vigente; lo cual se explicaron en la ETAPA IV (ver 6.5).

A continuación, se muestran los gráficos del índice ICOMO para los tres tramos estudiados en la temporada de sequía, arrojados por el software ICATest v1.0



Gráfica 22. Resultados del índice ICOMO para los tres tramos de estudio en temporada de sequía.
Fuente: Autores del proyecto, 2019

En la tabla siguiente tabla se muestran los valores del ICOMO para los tres tramos y los valores promedio de cada variable que conforman este índice, en época de sequía.

Tabla 55. Reporte ICOMO para los tramos de estudio en temporada de sequía

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMO PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE SEQUÍA				
SITIOS DE MUESTREO		Aguas Arriba	Balneario Hurtado	Aguas Abajo
VALOR DEL INDICE		0,083	0,124	0,158
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Ninguno	Ninguno	Ninguno
RANGO		0 – 0,2	0 – 0,2	0 – 0,2
COLOR		Azul	Azul	Azul
RESULTADO DE PARAMETROS	DBO5 (mgO ₂ /l)	1,65	1,75	1,65
	Vr subíndice	0	0	0
	Coliformes fecales (UFC/100ml)	350	570	730
	Vr subíndice	0	0,103	0,163
	Saturación de oxígeno (%)	75%	73%	69%
	Vr subíndice	0,25	0,27	0,31

Fuente: Autores del proyecto, 2019

6.4.4.2.2. ICOMO para la temporada de lluvia

- a. Oxígeno disuelto:** Los valores para el oxígeno disuelto en la temporada de lluvia en los tres tramos de monitoreo fueron: **6,2mg/l** en aguas arriba, **6,0mg/l** en el Balneario Hurtado y **5,8mg/l** en aguas abajo. Estos valores resultaron ser considerablemente altos en comparación con los registros de la temporada de sequía. Esto se debió principalmente a la disminución de la temperatura promedio con respecto a la temporada anterior, con un registro entre los 23 a 24°C lo cual promovió a que aumente la concentración de oxígeno disuelto en estas aguas, sumado con las características hidro geográficas que posee el río. (ver *Gráfica 10*)
- b. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto:** Los valores registrados de esta variable para los tres tramos de monitoreo durante la temporada de lluvia fueron: **76%** en aguas arriba, **74%** en el balneario Hurtado y **72%** en aguas abajo. A diferencia de la temporada de sequía, estos valores resultaron ser muy próximos entre. Que como se mencionó, la disminución de la temperatura, lo cual osciló entre los 23 a 24°C; permitió un aumento en la concentración de oxígeno en el agua entre el 2 a 3% más de las registradas en el muestreo de la temporada anterior. Por consiguiente, estos valores fueron buenos indicios para determinar la calidad del agua de forma óptima.
- c. Demanda Bioquímica de Oxígeno:** La demanda bioquímica de oxígeno presentó los siguientes valores para los tres tramos de estudio: **2,21mg/l** en aguas arriba, **2,41mg/l** en el balneario Hurtado y **2,35mg/l** en aguas abajo. Para esta temporada; el sistema acuático mostró un aumento considerable de concentración de oxígeno disuelto y de la demanda bioquímica de oxígeno con relación a la temporada de sequía; en el que se evidenció un aumento de esta variable en alrededor de **0,75 a 0,8mg/l**, sin embargo, no produjo ninguna afectación de las condiciones de calidad del agua reflejadas por el índice biológico BMWP/COL obtenido y descrito anteriormente. El sitio que mayor valor de DBO presentó fue el balneario Hurtado con **2,41mg/l**, se

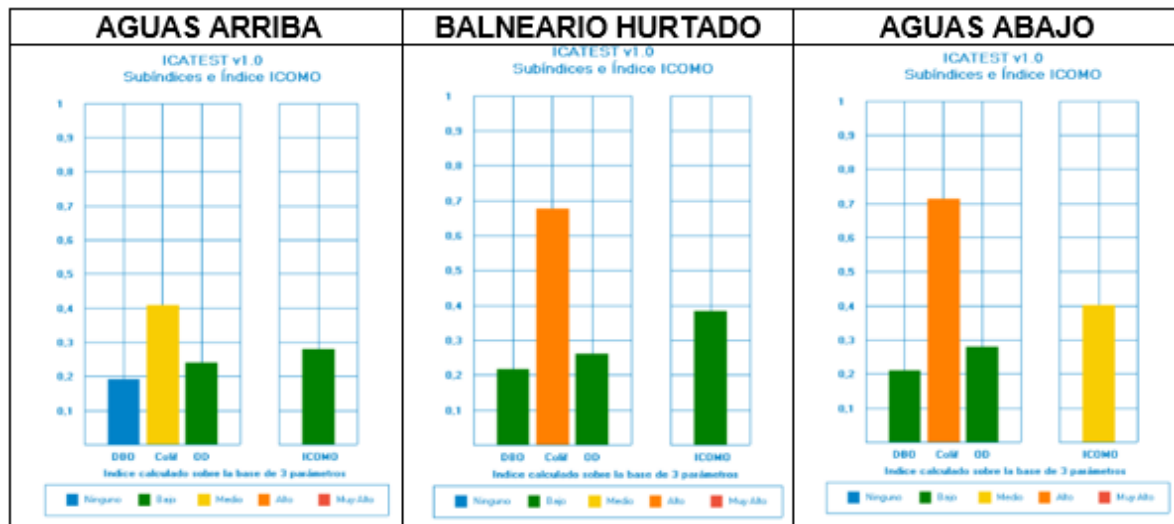
presume que la actividad antrópica propia de este lugar generó un cambio sobre la variable; influenciado por la deposición de materia orgánica producto de las actividades recreativas y comerciales que se desarrollan en la zona. Además, la materia orgánica (hojarasca) depositada desde las zonas ribereñas en el suelo que, por efecto de la escorrentía superficial producida por las lluvias, se vierten al río, logrando que, aumente los valores de la DBO. (ver *Gráfica 9*)

- d. **Coliformes fecales.** Los resultados obtenidos para este análisis microbiológico del agua en los tres tramos de monitoreo se referenciaron con valores de: **2000UFC/100ml** en aguas arriba, **6000UFC/100ml** en el balneario Hurtado y **7000UFC/100ml** en aguas abajo. El aumento significativo de los valores de los coliformes fecales se debieron a varios factores como: las escorrentías superficiales provenientes de las laderas de las montañas, fincas ganaderas y agrícolas, las actividades turísticas y comerciales de la zona, que finalmente llegan al río. (ver *Gráfica 9*)

En el resultado obtenido para el ICOMO de los tres tramos de monitoreo fueron los siguientes: **0,28** para aguas arriba, **0,384** para el balneario Hurtado y **0,401** para aguas abajo durante la temporada de lluvia. Estos valores significaron que: **para aguas arriba** el grado de contaminación fue **bajo** con un rango entre 0,2 – 0,4 que se correlaciona con el color verde como indicador de buena calidad, para **el balneario Hurtado** el grado de contaminación fue **bajo** con un rango entre 0,2 – 0,4 que se correlaciona con el color verde como indicador de buena calidad, y **para aguas abajo** el grado de contaminación fue **medio** con un rango de 0,4 – 0,6 que se correlaciona con el color amarillo como indicador de calidad regular.

A partir de los resultados obtenidos del índice ICOMO, se pudo concluir que, la calidad de agua durante la temporada de lluvia en los tramos de aguas arriba y balneario Hurtado fue bueno o con un grado de contaminación bajo; mientras que, en la zona de aguas abajo, la calidad del agua resultó ser regular o grado de

contaminación medio, asociado al aumento de la concentración DBO y disminución del porcentaje de oxígeno disuelto. Estos cambios de las calidades de agua con relación a la temporada de sequía se debieron principalmente al aumento de la población microbiana reflejada en los coliformes fecales. Pero se destaca que, en la zona del balneario se mantuvo su condición de grado de contaminación bajo, esto es importante debido a la gran influencia que posee esta zona con respecto a las actividades e interacciones directas que se realizan por parte de los bañistas al momento de entrar al lecho del río; pero, se debe de prestar atención a los valores de los coliformes determinados con respecto a las afectaciones que podría tener el recurso hídrico para el uso propuesto del agua y cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, descritas en la ETAPA IV (ver 6.5). A continuación, se muestran los gráficos del índice **ICOMO** para los tres tramos estudiados en temporada de lluvias, arrojados por el software ICATest v1.0



Gráfica 23. Resultados del índice ICOMO para los tres tramos de estudio en temporada de lluvia.
Fuente: Autores del proyecto, 2019

En la siguiente tabla se muestran los valores del ICOMO para los tres tramos y los valores promedio de cada variable que conforman este índice en la temporada de lluvias.

Tabla 56. Reporte ICOMO para los tramos de estudio en temporada de lluvia

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMO PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE LLUVIA				
SITIOS DE MUESTREO		Aguas Arriba	Balneario Hurtado	Aguas Abajo
VALOR DEL INDICE		0,28	0,384	0,401
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Bajo	Bajo	Medio
RANGO		0,2 – 0,4	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6
COLOR		Verde	Verde	Amarillo
RESULTADO DE PARAMETROS	DBO (mgO₂/l)	2,21	2,41	2,35
	Vr subíndice	0,191	0,217	0,210
	Coliformes fecales (NMP/100ml)	2000	6000	7000
	Vr subíndice	0,409	0,676	0,713
	Saturación de oxígeno (%)	76%	74%	72%
	Vr subíndice	0,24	0,26	0,28

Fuente: Autores del proyecto, 2019



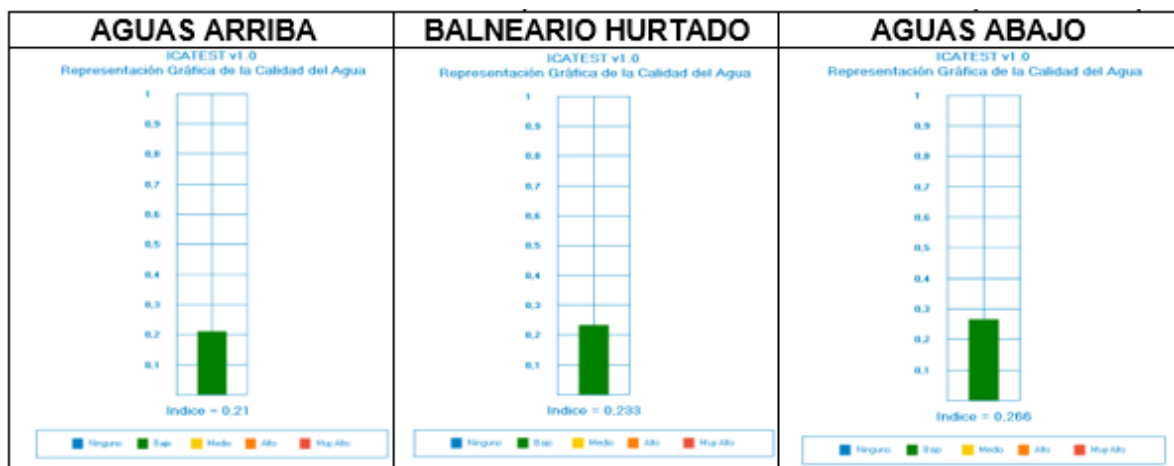
Mapa 5. Estado actual del índice de contaminación por materia organica ICOMO
Fuente: Autores del Proyecto, realizado en Google Earth

6.4.4.3. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

6.4.4.3.1. ICOSUS para temporada de sequía

Para la temporada de sequía, el índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS, reporto valores bajos en todas las estaciones de monitoreo. Esto presume que la concentración de partículas sólidas orgánicas o inorgánicas, que se mantuvieron en las aguas de la zona de estudio estuvieron en límites normales; según los valores típicos de buena calidad para aguas continentales neotropicales (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008); además, estos convergieron con los resultados de los índices ICOMI e ICOMO en cuanto a la buena calidad del agua.

Para los tramos de Aguas arriba, Balneario Hurtado y Aguas abajo los valores del índice fueron: **0,21 – 0,233 – 0,266** respectivamente. Por lo anterior, se infirió que **hubo un bajo grado de contaminación por sólidos suspendidos** en estas estaciones y el color indicativo de calidad fue verde. A continuación, se muestran los gráficos del índice **ICOSUS** para los tres tramos estudiados en temporada de sequía, arrojados por el software ICATest v1.0



Gráfica 24. Resultados del índice ICOSUS para los tres tramos de estudio en temporada de sequía
Fuente: Autores del proyecto, 2019

En la siguiente tabla, se muestran los valores del ICOSUS para los tres tramos y los valores promedio la variable que conforma este índice en temporada de sequía.

Tabla 57. Reporte ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de sequía

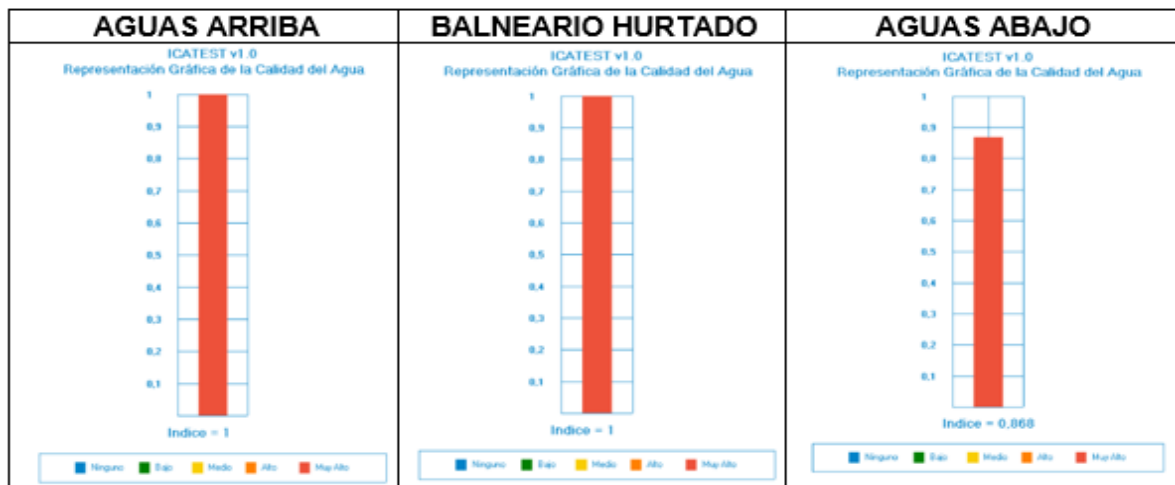
ICATest versión 1.0: REPORTE ICOSUS PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE SEQUÍA				
SITIOS DE MUESTREO		Aguas Arriba	Balneario Hurtado	Aguas Abajo
VALOR DEL INDICE		0,21	0,233	0,266
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Bajo	Bajo	Bajo
RANGO		0,2 – 0,4	0,2 – 0,4	0,2 – 0,4
COLOR		Verde	Verde	Verde
RESULTADO DE PARAMETROS	Sólidos suspendidos (mg/L)	76,8	84,3	95,2

Fuente: Autores del proyecto, 2019

6.4.4.3.2. ICOSUS para la temporada de lluvia

El índice ICOSUS, en temporada de lluvia, reportó valores más altos que en la temporada de sequía. Que lo ubica dentro del rango que categorizó los tres tramos como **contaminación muy alta por sólidos suspendidos**. Donde el aumento de caudal, velocidad del río, escorrentía superficial son factores influyentes en los resultados hallados. En Aguas arriba el valor del índice fue de **1**; Balneario **1** y Aguas abajo de **0,868**. El color que representó estos resultados es rojo (mala calidad de agua para el índice).

A continuación, se muestran los gráficos del índice **ICOSUS** para los tres tramos estudiados en temporada de lluvias, arrojados por el software ICATest v1.0



Gráfica 25. Resultados del índice ICOSUS para los tres tramos de estudio en temporada de lluvia
Fuente: Autores del proyecto, 2019

En la siguiente tabla, se muestran los valores del ICOSUS para los tres tramos (aguas arriba – balneario Hurtado – aguas abajo) y los valores promedio de la variable que conforma este índice en la temporada de lluvias.

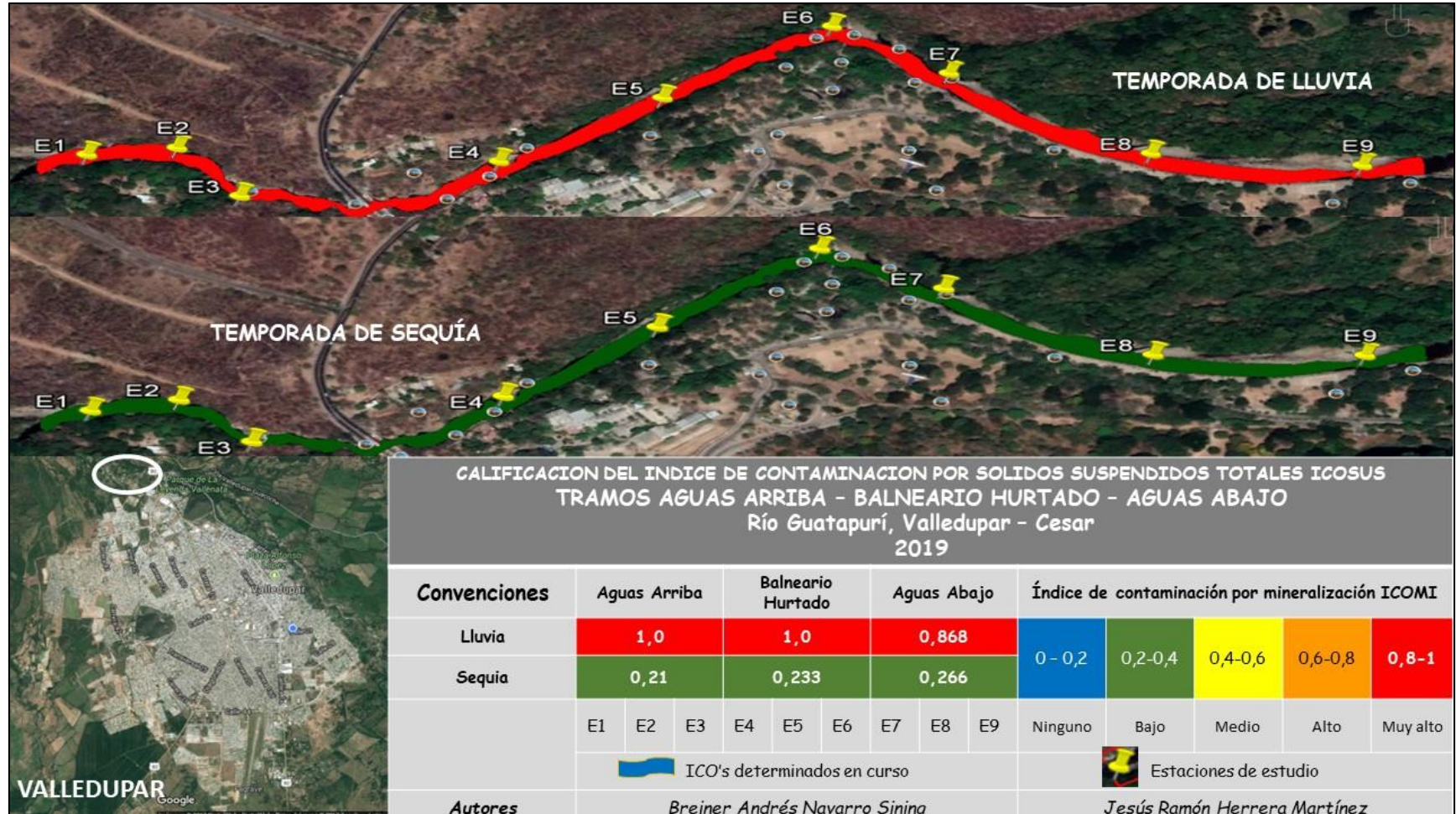
Tabla 58. Reporte ICOSUS para los tramos de estudio en temporada de lluvia

ICATest versión 1.0: REPORTE ICOMO PARA LOS TRES TRAMOS DE ESTUDIO				
TEMPORADA DE LLUVIA				
SITIOS DE MUESTREO		Aguas Arriba	Balneario Hurtado	Aguas Abajo
VALOR DEL INDICE		1,0	1,0	0,868
GRADO DE CONTAMINACIÓN		Muy alto	Muy alto	Muy alto
RANGO		0,8 – 1,0	0,8 – 1,0	0,8 – 1,0
COLOR		Rojo	Rojo	Rojo
RESULTADO DE PARAMETROS	Sólidos suspendidos (mg/L)	370	403	296

Fuente: Autores del proyecto, 2019

De manera general, para la temporada de sequía y de lluvias, los sólidos suspendidos totales tuvieron valores muy distanciados, por tanto, esto se reflejó en los resultados de los respectivos índices ICOSUS.

Cabe recalcar que, en esta zona de estudio, no se evidenció la presencia de vertimientos industriales, domésticos o de explotación de canteras de arena o grava, en donde solamente el tramo del balneario Hurtado es usado para realizar actividades recreativas y el impacto generado allí por sólidos suspendidos fue alto en lluvia, por consiguiente, los valores detectados probablemente provinieron de los procesos de erosión, aumento de caudal y velocidades del río, escorrentías superficiales y resuspensión de partículas sedimentadas como materia orgánica presente que indujeron resultados elevados en lluvia. El efecto que pueden dejar los sólidos totales sobre los ecosistemas acuáticos se manifiesta en la reducción de la penetración de luz y con ello impedimento de fotosíntesis y pérdida de la vida acuática algo que no se evidenció en este estudio. Por lo que la mala calidad en lluvia pudo estar asociada a una elevada resuspensión de materia orgánica durante la hora de muestreo (ver **Gráfica 7**).



Mapa 6. Estado actual del índice de contaminación por sólidos suspendidos totales ICOSUS
Fuente: Autores del Proyecto, realizado en Google Earth 201

6.4.4.4. Índice de contaminación trófica (ICOTRO).

El índice ICOTRO se fundamentó en la concentración de fósforo total en mg/l. dentro del contexto general; el fósforo es importante en los procesos vitales para el microbiota acuático, en especial para las algas. Esto se debe a que, el fósforo es la principal fuente de alimento y de crecimiento de las mismas. Por lo anterior, se deduce que, ante una alta concentración de fósforo en un cuerpo hídrico superficial, mayor será el aumento del crecimiento del microbiota disponible (en especial las algas), lo que origina que, el sistema acuático se eutrofice; es decir, con la presencia de este microbiota restringe el paso de la luz y la aireación en la profundidad de las aguas, provocando que, el ambiente acuático se convierta en anóxico o anaeróbico. Según autores como Ramírez *et al.*, (1997), este indicador de calidad de agua, hace referencia a que solo el fósforo es la causa de la eutrofización.

6.4.4.4.1. ICOTRO para la temporada de sequía

Los resultados obtenidos de los fosfatos totales para la temporada de sequía demostraron que, existió una baja concentración de este nutriente para los tres tramos de muestreo con valores de: **0,0075mg/l** en aguas arriba, **0,0074mg/l** en el balneario Hurtado y **0,0073mg/l** para aguas abajo. Estos resultados permitieron determinar la calidad del agua utilizando la escala del índice ICOTRO (Ramírez, Restrepo, & Viña, Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación., 1997). A partir de la escala este índice, la calidad del agua en los tramos de muestreo fue **oligotrófica**, es decir, posee niveles muy bajos o mínimos de fósforo total disueltos y por ende se consideraron estas aguas de **excelente calidad** durante la temporada de sequía.

6.4.4.4.2. ICOTRO para la temporada de lluvia

Los resultados de la variable de fósforo totales para la temporada de lluvia demostraron que, al igual que en la temporada de sequía, existió una baja concentración de este nutriente para los tres tramos de muestreo con valores de: **0,0071mg/l** en aguas arriba, **0,0075mg/l** en el balneario Hurtado y **0,0085mg/l** para aguas abajo. Al igual que en la temporada de sequía, la calidad de agua que se obtuvieron en los tramos de monitoreos durante la temporada de lluvias fue **oligotrófica** según la escala del índice ICOTRO (Ramírez, Restrepo, & Viña, Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación., 1997)

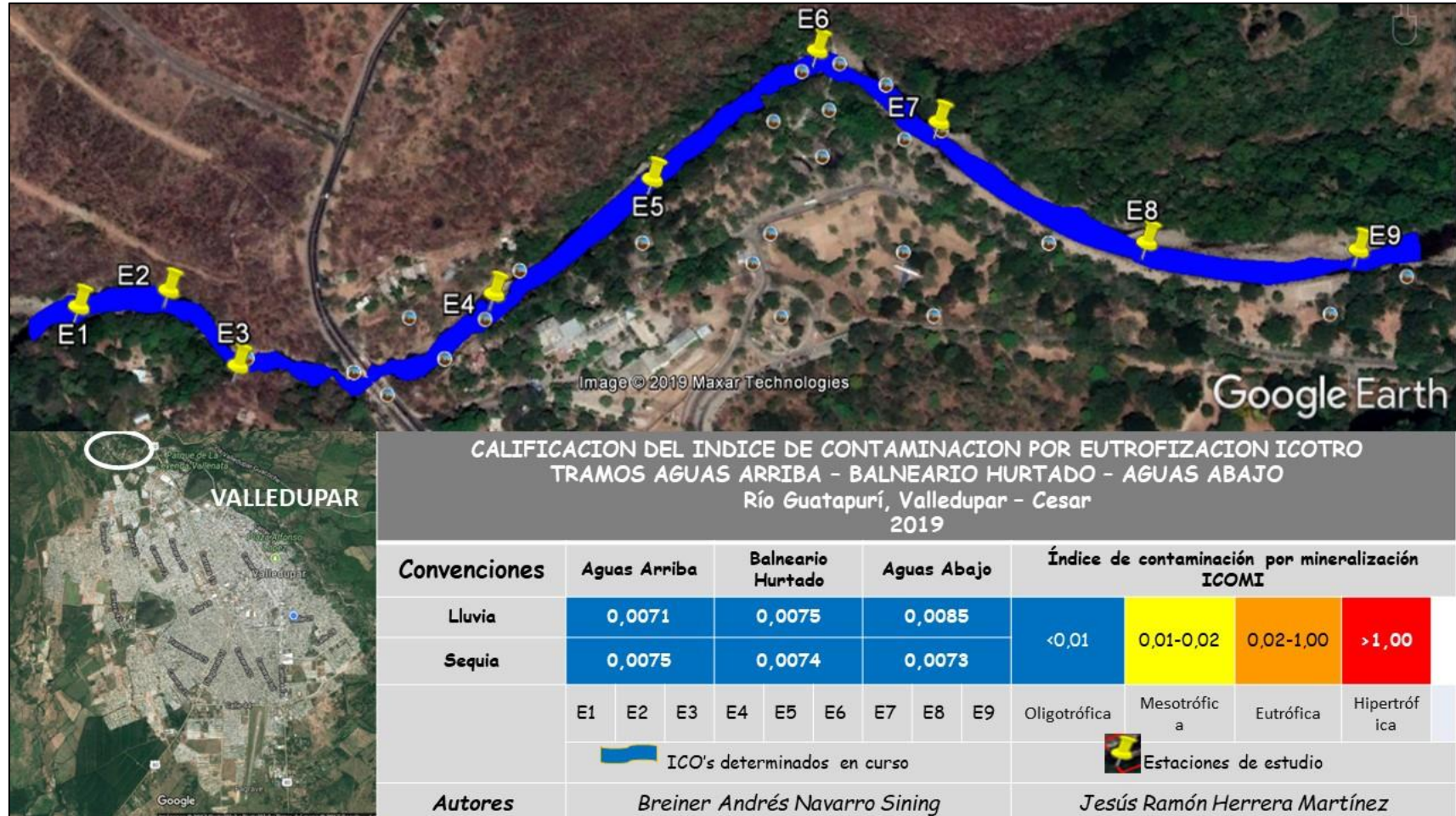
Por último, se destaca que, la especie vegetal acuática *Microsorium Punctatum* encontradas e identificadas al momento de aplicar el índice de hábitat fluvial IHF (ver 6.4.2) en los tramos aguas arriba y aguas abajo se alimentan de estas pequeñas concentraciones de fósforo total entre otras formas orgánicas disponibles de nutrientes en el cauce del río durante las temporadas de sequía y lluvia respectivamente.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de fósforo total en los tres tramos de estudio y en las dos temporadas climáticas.

Tabla 59. Reporte ICOTRO para los tramos de estudio en ambas temporadas

SITIOS DE MUESTREO	TEMPORADA DE SEQUIA		TEMPORADA DE LLUVIA		RANGO ICOTRO	
	Fósforo total (mg/L)	ICOTRO	Fósforo total (mg/L)	ICOTRO	Oligotrófica	<0,01
Aguas arriba	0,0075	Aguas oligotróficas	0,0071	Aguas oligotróficas	Mesotrófica	0,01 – 0,02
Balneario Hurtado	0,0074	Aguas oligotróficas	0,0075	Aguas oligotróficas	Eutrofia	0,02 – 1,00
Aguas Abajo	0,0073	Aguas oligotróficas	0,0085	Aguas oligotróficas	hipertrofia	>1,00

Fuente: Autores del proyecto, 2019



Mapa 7. Estado actual del índice de contaminación trófica ICOTRO
Fuente: Autores del Proyecto, realizado en Google Earth 2019

6.4.4.5. Índice biótico (ICOBIO).

El índice ICOBIO está relacionado con la identificación de macroinvertebrados realizado en la ETAPA I (ver **6.2**) del presente proyecto; a partir de esta identificación se verificó la presencia – ausencia de aquellas familias o taxones entre los tramos de aguas arriba y aguas abajo con la finalidad de verificar el comportamiento cambiante que sufren estas especies al momento de transcurrir en la zona del balneario Hurtado.

6.4.4.5.1. ICOBIO para la temporada de sequía

Con relación a la temporada de sequía, se analizó que, el número de taxones o familias de macroinvertebrados identificados entre aguas arriba y aguas abajo fue de 43 taxones; de los cuales, hay en común 21 familias en ambos tramos de muestreo. Además, se identificó que, el número de taxones particulares o encontrado solamente en aguas arriba fue de 12 familias, mientras que, se identificaron solo en aguas abajo 9 familias respectivamente. A continuación, se presenta la tabla correspondiente a las familias que fueron identificadas en ambos tramos de muestreo.

Tabla 60. Cantidad de familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo aguas arriba y aguas abajo durante la temporada de sequía.

TEMPORADA DE SEQUIA							
FAMILIAS	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	FAMILIAS	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO
Aeshnidae			3	Lestidae			2
Ancylidae	1			Libellulidae		4	2
Baetidae	6	6	3	Limnichidae	1		
Belostomatidae	1	1		Mesoveliidae	3		1
Blepharoceridae	4		10	Naucoridae	6	5	9
Calamoceratidae			1	Odontoceridae			1
calopterygidae	1	1	1	Oligoneuriidae	1	1	
Chironomidae	1			Perlidae	6	3	6
Coenagrionidae	3	4	2	Philopotamidae	5	8	
Corixidae	3			Physidae	1	1	1
Corydalidae	2	5	2	Planariidae	2	1	3

TEMPORADA DE SEQUIA							
FAMILIAS	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	FAMILIAS	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO
Dytiscidae	2			Planorbiidae	1		1
Elmidae	9	6	8	Polycentropodidae	5	4	
Gerridae	2	5	8	Pseudothelphusidae		1	1
Glossosomatidae	3	2	1	Pshephenidae	10	8	4
Gyrinidae	1		6	Psychodidae		2	1
Hydrobiosidae	2	6	5	Pyralidae	1	1	
Hydropsychidae	16		12	Staphlinidae	2		2
Hydroptilidae	8	6		stratiomyidae			2
Leptoceridae	1			Tipulidae			1
Leptohyphidae	15	13	11	Veliidae	4	7	1
leptophlebiidae	16	10	1				
TOTAL 43 taxones							
TAXONES IDENTIFICADOS EN TEMPORADA SEQUÍA							
COMUNES				22			
SOLO AGUAS ARRIBA				12			
SOLO AGUAS ABAJO				9			

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

6.4.4.5.2. ICOBIO para la temporada de lluvias

Por su parte, el número de taxones o familias que se identificó en los dos tramos de muestreo durante la temporada de lluvia fue menor en comparación con la temporada de sequía; en este caso, fue en total de 33 familias. Dentro de esas familias, solamente 19 de ellas se presentaron en ambos tramos de muestreo, mientras que, los taxones particulares en aguas arriba fueron de 7 familias, y los taxones en aguas abajo fueron de igual cantidad que los de aguas arriba (7 familias). A continuación, se presenta la tabla correspondiente a las familias que fueron identificadas en ambos tramos de muestreo.

Tabla 61. Cantidad de familias de macroinvertebrados encontrados en el tramo aguas arriba y aguas abajo durante la temporada de lluvia.

TEMPORADA DE SEQUIA							
FAMILIAS	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	FAMILIAS	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO
Baetidae	5	4	1	Libellulidae	2		1
Blepharoceridae	4	5	3	Mesoveliidae		1	1
Calamoceratidae			3	Naucoridae	9	6	3
calopterygidae			2	Noteridae		2	4
Coenagrionidae	3	2	4	Odontoceridae			2

TEMPORADA DE SEQUIA							
FAMILIAS	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO	FAMILIAS	AGUAS ARRIBA	BALNEARIO	AGUAS ABAJO
Corixidae	2		2	Oligoneuriidae	3		
Corydalidae	1	1	1	Perlidae	2	3	5
Dryopidae	2			Philopotamidae	4	5	2
Elmidae	6	5	7	Physidae	1		
Gerridae	3		6	Planariidae	2	1	
Glossosomatidae	3		1	Planorbiidae	1		
Gyrinidae	4		2	Polycentropodidae	6	5	2
Hydrobiosidae	4	3	2	Pshephenidae	2	15	6
Hydropsychidae	6	1	1	Tubificidae	1		
Hydroptilidae	3	3		Veliidae			1
Leptohyphidae	10	5	9	Lymnecessidae			1
leptophlebiidae	3	4	2				
TOTAL 33 taxones							
TAXONES IDENTIFICADOS EN TEMPORADA SEQUÍA							
COMUNES				19			
SOLO AGUAS ARRIBA				7			
SOLO AGUAS ABAJO				7			

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

Cabe aclarar que, los datos de los taxones identificados en la zona de estudio se tomaron a partir de los resultados de la recolección e identificación de macroinvertebrados (ver **6.2.1**). A continuación, se muestran los gráficos del índice **ICOBIO** para los tramos comparados en épocas de sequía y lluvias, arrojados por el software ICATest v1.0



Gráfica 26. Resultados del índice ICOBIO para ambas temporadas climáticas de la zona de estudio.

Fuente: Autores del proyecto, 2019

La siguiente tabla se muestra los valores del ICOBIO para los tramos comparados y los valores promedio de las variables que conforman este índice para cada temporada.

Tabla 62. Reporte ICOBIO para los tramos de estudio comparados y los taxones característicos en la zona de estudio.

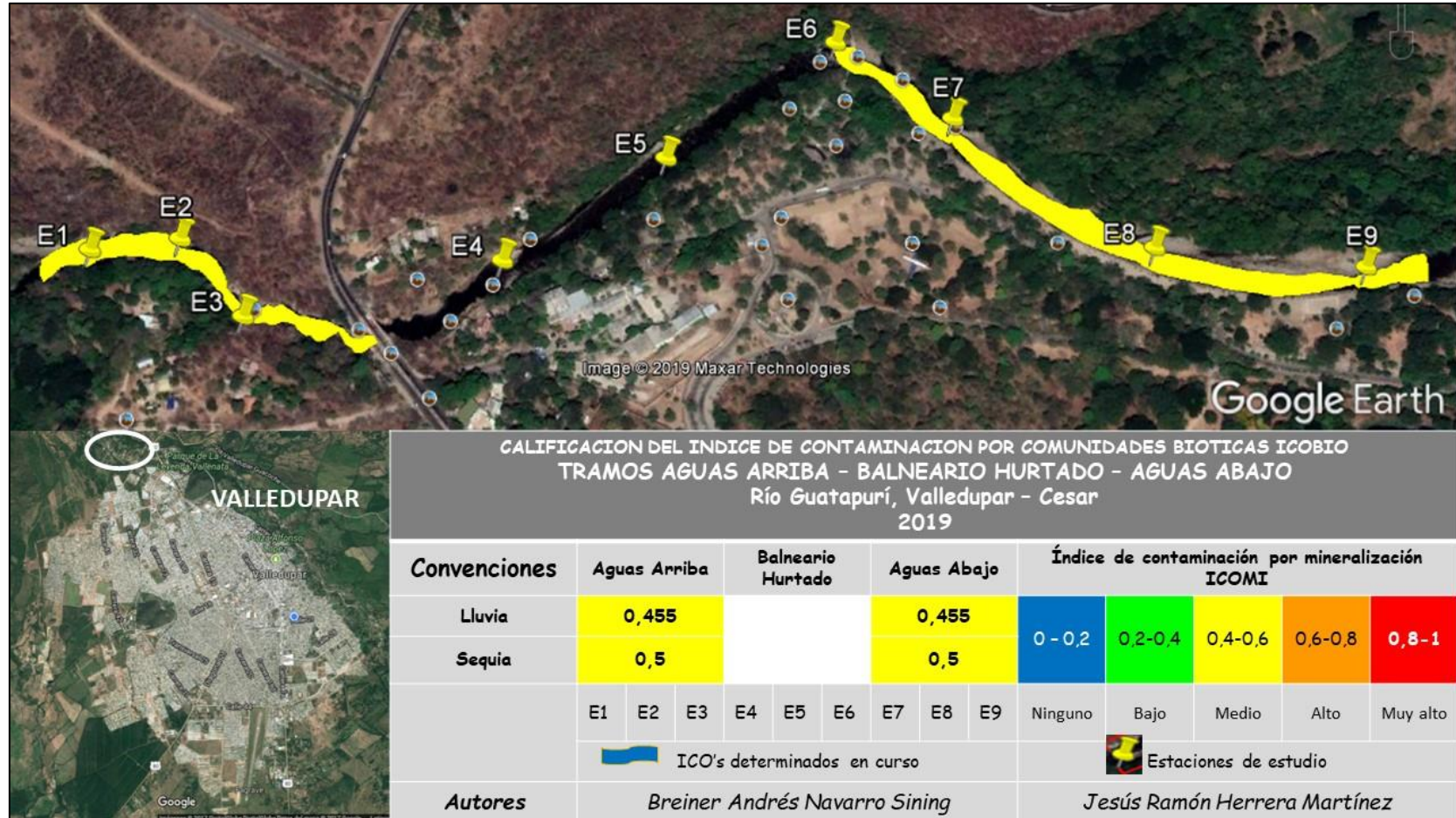
TEMPORADAS			Estaciones comparadas: AGUAS ARRIBA Vs. AGUAS ABAJO		
			Criterios arrojados	Sequía	Lluvias
TAXONES	Sequía	Lluvias	Vr. Índice	0,488	0,424
Comunes	22	19	Clasificación	Moderada	Moderada
Sólo aguas arriba	12	7	Rango	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6
Sólo aguas abajo	9	7	Color	Amarillo	Amarillo

Fuente: Autores del proyecto, 2019

Por lo anterior, los cálculos de este índice demostraron que, hubo una moderada diferencia de las comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas entre los sitios de muestreo correspondientes a aguas arriba y aguas abajo que fueron monitoreados durante las dos temporadas de sequía y lluvia. Al igual se destaca que, durante la temporada de lluvias, se evidenció una igualdad relacionada con la presencia de 7 taxones o familias de macroinvertebrados tanto en aguas arriba como aguas abajo respectivamente, mientras que, en la temporada de sequía se evidenció una alteración de presencia – ausencia de taxones, pasando de 12 familias en aguas arriba a 9 familias en aguas abajo. Ante ello, se logró evidenciar que, en la temporada de sequía hubo un impacto moderado en el ecosistema acuático por parte del Balneario Hurtado. Pero, a pesar de que no hubo alteración en la presencia – ausencia de taxones durante la temporada de lluvias, se debe de considerar el impacto que influye la zona del balneario Hurtado en la comunidad de macroinvertebrados. Este impacto pudo tener fundamento posiblemente, en las diferentes actividades turísticas y otras situaciones de carácter antrópico que se desarrollan en el balneario Hurtado tales como: actividades agrícolas y pecuarias, uso inadecuado del suelo, cambios en la características hidro morfológicas (caudal,

velocidad, propiedades fisicoquímicas) de los tramos estudiados, deterioro del bosque de ribera, construcciones civiles, disposición inadecuada de residuos sólidos en el cauce del río; influyen en la calidad ambiental del agua y a su vez, en los hábitats y ecosistemas de las diferentes comunidades biológicas, en especial, los macroinvertebrados acuáticos. Por consiguiente, las poblaciones de familias más sensibles a la calidad ambiental de aguas muy limpias son las más perjudicadas, ya que estas requieren de mejores condiciones de hábitat y calidad de agua para poder sobrevivir.

Teniendo en cuenta los resultados dados de este índice para las dos temporadas de muestreo se pudo concluir que, de continuar incrementando o la no implementación de controles ambientales a las actividades antrópicas (extensión de actividades agrícolas, urbanización sobre la rivera) que promueven el aumento de la contaminación, reflejado en los cambios que podrían existir en las variables fisicoquímicas, el índice BMWP/COL que se han estimado como aguas muy limpias, se vería modificado en pocos años, es decir, puede llegar a recategorizarse a una calidad inferior en la escala del índice mencionado debido a la pérdida o cambios en las condiciones del hábitat y la posterior disminución de la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos.



Mapa 8. Estado actual del índice de contaminación biótico ICOBIO
Fuente: Autores del Proyecto, realizado en Google Earth

6.4.4.6. Resultado final del índice de contaminación ICO en la zona de estudio.

En la siguiente tabla, se presentan en contexto general los resultados arrojados por cada uno de los indicadores ICO a través de la aplicación ICATEST versión 1.0

Tabla 63. Compendio de resultados de índice de contaminación ICO a partir de parámetros analizados en ambas épocas.

Evaluación índice de contaminación ICO	AGUAS ARRIBA		BALNEARIO HURTADO		AGUAS ABAJO	
	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia
ICOMI	0,066	0,069	0,064	0,062	0,055	0,056
ICOMO	0,084	0,28	0,124	0,384	0,158	0,401
ICOSUS	0,21	1,0	0,233	1,0	0,266	0,868
ICOTRO	0,0075	0,0071	0,0074	0,0075	0,0073	0,0085
ICOBIO	0,5	0,455			0,5	0,455
Promedio	0,1735	0,3622	0,1071	0,3634	0,1973	0,3577

Fuente: Autores del proyecto, 2019.

Finalmente, al tener el conglomerado general de los resultados obtenidos de cada uno de los índices de contaminación ICO con sus variables físico químicas y microbiológicas determinadas se analizó que, los tramos de muestreo del río Guatapurí durante la temporada seca obtuvieron un grado de contaminación bajo, es decir, las aguas presentan una calidad adecuada con un porcentaje mínimo de contaminación. Este resultado se vio reflejado en los datos determinados de los índices ICOSUS – ICOMO e ICOBIO que presentaron un grado de contaminación en su secuencia bajo – ninguno y moderado. El aumento de los valores de estos índices durante la temporada de lluvia estuvo relacionada en el caso de ICOMO, al aumento de los coliformes fecales que superaron los valores de 2000UFC/100ml debido a las actividades antrópicas realizadas en las zonas ribereñas que posibilitaron a que esta población bacteriana apareciera en el cauce del río por efecto de la escorrentía superficial de la ribera, pero su calidad fue baja debido a que las condiciones de velocidad de la corriente – la temperatura del agua y la

disponibilidad de Oxígeno disuelto fueron factores determinantes para el mejoramiento de la calidad del agua según explica Roldán (1996) y Domínguez & Fernández (2009), acompañada del poco aporte de aguas servidas que indujeron a unos valores de DBO bajos; al momento de realizar el muestreo durante las temporadas mencionadas, pudieron presentar altas cargas de sólidos suspendidos por encima de los 200mg/l, que posiblemente afectó el valor del índice asociado a este parámetro debido al efecto producido por la escorrentía superficial en las riberas, las perturbaciones del lecho del río producida por las actividades turísticas que logran depositar materiales particulados y la deposición de materia orgánica (hojarascas y demás) de tamaños muy pequeños ya sea por efecto natural o antrópico; por último, las perturbaciones realizadas por las actividades antrópicas en la zona del Balneario Hurtado lograron en cierta medida alterar las condiciones de presencia – ausencia de las familias o taxones encontrados en el lecho del río tomando como referencias los taxones identificados en aguas arriba y aguas abajo respectivamente.

A partir del argumento anterior se puede concluir que, las diferentes acciones antropogénicas, la agricultura, pérdida de la vegetación riparia y factores descritos en los resultados del índice QBR, generan un riesgo sobre la diversidad de macroinvertebrados por pérdidas del hábitat. Por ello, es necesario avanzar en investigaciones, donde se incluyan monitoreos físicos – químicos y biológicos complementarios y periódicos que permitan diseñar y aplicar planes de manejo y conservación de la biodiversidad de macroinvertebrados y de biota acuática en general presentes en los sistemas lóticos de esta región de Colombia y a su vez conocer la calidad ambiental del tramo de estudio del río Guatapurí que es de gran valor ecológico y cultural para la región.

6.5. ETAPA IV: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL CURSO HÍDRICO DEL BALNEARIO HURTADO – RÍO GUATAPURÍ A PARTIR DE LOS RESULTADOS DE LOS ÍNDICES QBR, IHF, BMWP/COL E ICO EN COMPARACIÓN CON LOS ESTÁNDARES DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE.

Para evaluar la calidad ambiental del curso hídrico del balneario Hurtado – Rio Guatapuri se tomó como referencias los análisis y resultados obtenidos de los índices de bosque de ribera QBR – índice de hábitat fluvial IHF – índice de calidad de aguas por macroinvertebrados BMWP/COL y los índices de contaminación ICO descritos en la ETAPA III (ver **6.4**) de la presentación de resultados del presente proyecto.

6.5.1. Comparación de parámetros físico – químicos con la normatividad ambiental vigente

A partir de la tabulación de los análisis de los parámetros realizados en los laboratorios reflejados en la ETAPA II (ver **6.3**) del presente proyecto; se comparó la información con la normatividad que establece los valores máximos permitidos con relación al uso del recurso hídrico según el artículo 2.2.3.3.9.7 del Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015 ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

Tabla 64. Comparación con la normativa ambiental de uso de agua recreativo contacto primario

CRITERIOS DE LA NORMA AMBIENTAL DE USO DE AGUA RECREATIVO CONTACTO PRIMARIO									
PARAMETRO	UNIDAD	AGUAS ARRIBA		BALNEARIO HURTADO		AGUAS ABAJO		Decreto 1076 de 2015 Art. 2.2.3.3.9.7	CRITERIO DE CUMPLIMIENTO
		Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequia	Lluvia		
ALCAL. TOTAL	(mg/l CACO3	8	4	10	2	16	4	N/A	-----
DUREZA TOTAL	(mg/l CACO3)	28	24	22	20	30	26	N/A	-----
SST	(mg/l)	76,8	370	84,3	403	95,2	296	N/A	-----

CRITERIOS DE LA NORMA AMBIENTAL DE USO DE AGUA RECREATIVO CONTACTO PRIMARIO									
PARAMETRO	UNIDAD	AGUAS ARRIBA		BALNEARIO HURTADO		AGUAS ABAJO		Decreto 1076 de 2015 Art. 2.2.3.3.9.7	CRITERIO DE CUMPLIMIENTO
		Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequia	Lluvia		
CONDUCT	(μ S/cm)	81	84	79	77	70	72	N/A	----
PH	---	7,98	8,12	7,5	7,88	7,25	7,69	5,0-9,0	CUMPLE
TEMP	°C	25,6	24,9	25,9	24,5	26,0	25,1	N/A	----
DBO5	(mg/L)	1,65	2,21	1,75	2,41	1,65	2,35	N/A	----
FOSFORO TOTAL	mg/l	0,0075	0,0071	0,0074	0,0075	0,0073	0,0085	N/A	----
OD	(mg/IO ₂)	6,0	6,2	5,9	6,0	5,5	5,8	N/A	----
	(%sat)	75%	76%	73%	74%	69%	72%	70%	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	(UFC/100ml)	350	2000	570	6000	730	7000	200	NO CUMPLE
COLIFORMES TOTALES	(UFC/100ml)	500	4000	740	9000	890	8000	1000	CUMPLE PARCIALMENTE
COMP. FENOL	(mg/l)		<0,05					0,002	CUMPLE
TENSO ACT.	(mg/l SAAM)		<0,05					0,5	CUMPLE

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

La comparación de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, con la norma ambiental que reglamenta las condiciones de calidad del agua para usos recreativo de contacto primario (artículo 2.2.3.3.9.7. decreto 1076 de 2015), permitió establecer el estado de calidad del agua en los tramos estudiados para el uso propuesto, basado en el cumplimiento de cada parámetro con los criterios presentados en el decreto en mención, de forma que, los valores indiquen si el agua pierde su uso asignado y representa algún peligro para la salud humana. Bajo esta consideración y en referencia a la tabla anterior, permitió indicar que, los valores de pH y porcentaje de saturación de oxígeno presentaron conformidad con la norma durante las temporadas evaluadas en todos los tramos.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, los Coliformes Fecales presentaron valores por encima del límite de calidad (200UFC/100ml) en todos los tramos durante los periodos evaluadas, sin embargo, en cuanto al valor obtenidos en los Coliformes Totales indicó el cumplimiento del mismo solamente durante la temporada seca.

Es necesario destacar que los parámetros Tensoactivos y Compuestos Fenólicos evaluados aguas arriba en lluvia, presentaron valores por debajo del límite de detección del método de análisis empleado, que, para los tensoactivos fue un valor por debajo del criterio de la norma indicando cumplimiento. En cuanto a los fenoles el límite se encuentra por encima del valor del decreto, pero se establece el cumplimiento del mismo conforme a la normativa debido a las condiciones naturales y urbanas encontradas alrededor del balneario y área de estudio que permiten presumir ausencia de contaminación por estos parámetros según las justificaciones indicadas anteriormente, por tanto, no se espera un resultado para fenoles por encima de la norma.

Según lo anterior el agua para uso recreativo de contacto primario establecido en el balneario, cumple parcialmente con las condiciones de calidad que garanticen seguridad para la salud humana, pues las concentraciones de parámetros críticos como los microbiológicos están por encima de la norma, lo que ocasionaría afectaciones considerables en la población, sin embargo, estos valores pueden ser ocasionales y variables donde sin lugar a dudas las propias actividades recreativas, domésticas y comerciales de la zona son factores detonantes de estos resultados.

6.5.2. Evaluación final de la calidad ambiental del balneario Hurtado – Río Guatapurí

La evaluación final de la calidad ambiental del balneario Hurtado – río Guatapurí; estuvo acorde con los análisis y resultados obtenidos de cada uno de los índices biológicos mostrados en la ETAPA III (ver **6.4**) y en la comparación de los parámetros físico químicos y microbiológicos con la normatividad ambiental vigente (ver ítem **6.5.1**). Por tanto, los resultados de cada índice fueron:

Tabla 65. Resultados conglomerados de los índices ICO – IHF – BMWP/COL – QBR aplicados en la zona de estudio

ESTACION	BMWP/ Col	QBR	IHF	ICO				
				MI	BIO	SUS	MO	TRO
E1	139	80	68	0,068	0,4775	0,605	0,182	0,0073
E2			68					
E3			70					
E4	128	0	40	0,063		0,616	0,254	0,0075
E5			52					
E6			55					
E7	126	45	53	0,055	0,4775	0,567	0,279	0,0079
E8			45					
E9			45					
BMWP/Col	Buena	Aceptable	Dudosa	Critica	Muy critica			
QBR	Sin alteración	Ligeramente perturbado	Alteración importante	Alteración fuerte	Degradación extrema			
IHF	Óptimo	Medianamente diverso	Poco diverso	Serías limitaciones				
ICO	Ninguna	Baja	Media	Alta	Muy alta			

Fuente: Autores del proyecto, 2019

Con referencia a los resultados presentados, se pudo inferir que; la calidad del agua en todo el tramo de estudio resultó ser muy buena a partir de la identificación de macroinvertebrados que subsisten en ambientes acuáticos muy limpios; en cambio, el bosque de ribera presentó altas perturbaciones o degradación extrema en la zona del balneario Hurtado debido a las diferentes actividades antrópicas realizadas en la ribera, mientras que, en la zona de aguas arriba se evidenció un bosque con ligeras perturbaciones dada la baja actividad antrópica que modifique estas condiciones y en aguas abajo se evidenció una alteración fuerte de la ribera debido a las construcciones civiles como gaviones y la creación de la playa maravilla que lograron modificar las condiciones actuales de la misma; al igual, el hábitat fluvial estuvo representado en un hábitat fluvial medianamente diverso y poco diverso, con alteraciones considerables en aguas abajo debido a que presentaron características físicas en los que, la diversidad de vida acuática resulta ser baja, mientras que, en el balneario y aguas arriba presentaron un hábitat medianamente diverso a pesar

de que, en el balneario se contó con el factor antrópico de la zona en los que presentaron unas características óptimas para la subsistencia de vida acuática en un medio ideal. Por su parte, los índices de contaminación ICO presentaron grados de contaminación de ninguna a alta, en los que; el ICOMI e ICOTRO presentaron ningún grado de contaminación debido a la baja concentración de los parámetros usados para esta valoración; mientras que, el ICOBIO presentó un grado de contaminación medio debido a que en la zona del balneario afectó de forma considerable la presencia de las taxas acuáticas presentes por las interacciones antrópicas dentro del lecho del río que modificaron la presencia de las mismas de aguas arriba en aguas abajo respectivamente; el ICOSUS obtuvo un grado de contaminación de media a alta debido a la presencia de coloides de manera significativa durante la temporada de lluvias que lograron evidentemente modificar las condiciones de turbiedad y de sólidos existentes ya sean por coloides o por materia orgánica en degradación; y por último, el ICOMO indicó un grado de contaminación de ninguna a baja debida a la alta presencia de coliformes fecales durante la temporada de lluvia que, pudo ser evidenciado por las altas concentraciones de sólidos suspendidos en dicha temporada que pudieron modificar la condición natural del curso del río.

Como complemento a la explicación anterior, se realizó un análisis estadístico con el método de correlación de Spearman en el que se determinó las relaciones monótonas entre datos continuos u ordinales que no siguen una distribución normal con la intención de determinar el grado de significancia entre las variables cuantitativas como son los estados de calidad arrojados por cada índice biológico aplicado (IHF – BMWP/COL – QBR) con los índices de contaminación ICO para Colombia, es decir, los valores obtenidos en la evaluación de los índices biológicos y de calidad de agua fueron correlacionados. Por lo tanto, este análisis permitió precisar la relación, conexión e incidencia de estos entre sí, al momento de evaluar el estado de la calidad ambiental del Balneario Hurtado como un ecosistema, en donde la interacción entre los factores ambientales (microbiota, agua y flora)

funciona como un sistema, que conlleva a que, las afectaciones de un elemento coinciden con la influencia en las funciones ecológicas de otro; dicha interacción o correlación existente entre las variables mencionadas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 66. Resultados de correlación Spearman entre los índices IHF – BMWP/COL – QBR e ICO

INDICES	QBR	BMWP/COL	IHF	ICOMI	ICOSUS	ICOMO	ICOBIO	ICOTRO
QBR		0,55						0,55
BMWP/COL			0,71					0,55
IHF	0,71							0,76
ICOMI	0,55	0,55	0,76			-0,80	0,55	-0,80
ICOSUS	-0,35	-0,35	-0,64	-0,80				0,88
ICOMO	-0,35	-0,35	-0,64		0,88			0,98
ICOBIO	0,55	0,50	0,55		0,55			0,55
RANGOS DE CORRELACION	(+) 0,76 – 1,00		Entre fuerte y perfecta					
	(+) 0,51 – 0,70		Entre fuerte y moderada					
	(+) 0,26 – 0,50		Débil					
	(+) 0,00 – 0,25		Escasa					

Fuente: Autores del Proyecto, 2019

De acuerdo con el análisis conseguido a partir de la aplicación del modelo estadístico SPEARMAN se pudo destacar lo siguiente:

- a. Todas las correlaciones entre los índices biológicos (QBR, IHF, BMWP/COL) fueron positivas, lo que indica dependencias que se deben explorar. En este sentido, la valoración para el estado de calidad aportado por un índice biológico relacionado con un elemento en particular estudiado en estos denota incidencia directa con las cualidades que las demás partes bióticas que el ecosistema presenta y que, a su vez, están relacionadas con valoraciones particulares e independientes en estos índices.

De las correlaciones que fueron significativas, el índice IHF presenta una correlación fuerte (Cánovas, Martínez, & Pérez, 2009) con los índice BMWP/Col y QBR ($\rho=0,71$, ver **Tabla 66**), relacionado con los aspectos evaluados en cada uno de sus bloques, donde la evaluación ambiental aportada por cada índice respecto al curso hídrico,

está determinada por la presencia o ausencia de ciertas especies de los macroinvertebrados que lo habitan; influenciada por factores como el tipo de sustrato representativo (oferta de alimento) y capacidad de dilución o autorregulación de la corriente de agua, en consecuencia, las características de calidad del hábitat fluvial incide en la presencia o ausencia de especies de macroinvertebrados, pues la diversidad y heterogeneidad de los componentes de cada microhábitat aumenta la probabilidad de desarrollar una amplia variedad de formas de biota acuática que enriquecen el ambiente del ecosistema del río.

Entre tanto, la correlación presentada entre QBR e IHF, viene dada a razón de que, la vegetación ribereña es evaluada desde el IHF como componente o factor que aporta elementos esenciales al hábitat físico como hojas, ramas, troncos o raíces dentro del lecho del río que puede ser colonizado por los organismos acuáticos, que, a la vez, constituyen una fuente de alimento para los mismos, de igual manera determina la cantidad de luz que llega al canal del río que influye directamente en el desarrollo de los productores primarios (Bonada, Casas, Cuella, Mellado, & Robles, 2002); por tanto, la vegetación influye directa y significativamente en la oferta de nichos ecológicos, pues contribuye a incrementar la diversidad de hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre ellos: materiales de origen alóctono (hojas, madera) y de origen autóctono como la presencia de diversos grupos morfológicos de productores primarios, que, a su vez, condicionan la diversidad de macroinvertebrados bentónicos de forma natural, debido a que, son la fuente que aporta los elementos que dan heterogeneidad (alimento y energía) al ambiente acuático, así como la existencia de gradientes ambientales de transición entre el río y la vegetación terrestre adyacente (Álvarez, Bonada, Casas, & Pardo, 2002).

En consecuencia, la evaluación de la calidad del hábitat fluvial permite detectar impactos en la estructura del hábitat y en último término sobre la calidad y riqueza biológica de las comunidades acuáticas (macroinvertebrados) y estado de la vegetación ribereña, por las actividades humanas con influencia directa. Lo cual se vio evidenciado en las condiciones de calidad reportado por estos índices en los

tramos de estudio del río Guatapurí, dónde las afectaciones encontradas en el hábitat fluvial pudieron indicar las modificaciones en infraestructura civiles y actividades comerciales y recreativas existentes sobre la ribera. Así mismo, los cambios en QBR y BMWP/Col indicaría una modificación inicial de las condiciones ambientales y que, a valores bajos de IHF reflejan una situación con mayores modificaciones.

- b. Los índices de contaminación que presentaron mayor correlación (fuerte y moderada) con los índices biológicos fueron ICOMI, ICOBIO e ICOTRO, destacándose la fuerte correlación del IHF ($\rho=0,76$, ver **Tabla 66**) con los índices ICOMI e ICOTRO, pues la calidad de los microhábitat viene determinada entre muchas cosas por la presencia de nutrientes (oligotrófico) y la existencia de un sustrato adecuado (Álvarez, Bonada, Casas, & Pardo, 2002). Que sin duda repercuten en la diversidad biótica del río.
- c. En cuanto a los resultados presentados para los ICO, las correlaciones entre ICOSUS e ICOMO ($\rho=0,88$, ver **Tabla 66**), ICOTRO con ICOSUS ($\rho=0,88$, ver **Tabla 66**) e ICOMO ($\rho=0,98$, ver **Tabla 66**), indicaron según el modelo estadístico de SPEARMAN, una relación fuerte entre las variables, donde es posible precisar que:
 - Los sólidos suspendidos totales (SST) están constituidos por sólidos sedimentables y materia orgánica e inorgánica en suspensión y/o coloidal. Esta materia orgánica aumenta la DBO5 y disminuye el oxígeno disuelto, además de que, la materia orgánica puede poseer coliformes, indicaría que, según los resultados de sólidos suspendidos encontrados durante la ejecución del estudio (en base a los resultados obtenidos del ICOSUS) estaría relacionado con la alta presencia de coliformes (influenciado por los resultados del ICOMO) (Chavarro & Gélvez, 2016).
 - En este mismo orden, el ICOMO se suele expresar en diferentes variables que incluyen: nitrógeno amoniacal, nitritos, fósforo, oxígeno, DBO, DQO y Coliformes totales y fecales principalmente; por tanto, las

- condiciones eutróficas denotan altos índices de contaminación por materia orgánica y baja presencia de oxígeno, además esta materia orgánica e inorgánica puede estar representada en partículas suspendidas en el agua.
- En este contexto la fuerte dependencia obtenida entre los ICO mencionados, indica una relación positiva, directa pero no proporcional a las condiciones de calidad reportados por cada índice, por tanto, cuando una variable aumenta la otra aumenta, pero la cantidad no es consistente.
- d. En cuanto a las relaciones negativas encontradas entre los índices evaluados se logró destacar una correlación fuerte y negativa entre ICOMI con ICOSUS, ICOTRO e ICOMO ($p=-0,8$, ver **Tabla 66**), lo que según la metodología de SPEARMAN, el signo indica la dirección de la relación; por tanto, se pudo inferir que, mientras una variable aumenta la otra disminuye, que en este caso demostró que, los sólidos disueltos asociados con la presencia de iones que indican alcalinidad, dureza y conductividad difieren de los sólidos suspendidos que reportan la contaminación por materia orgánica, por lo que no se demuestran correlaciones sistemáticas con las variables propias de mineralización; por tanto, las condiciones de eutrofización coinciden con baja concentración de iones, bases o sales en el agua. En este sentido los sólidos disueltos presentes en el agua del río Guatapurí están ampliamente ligados a la capacidad del cuerpo de agua de disolver partículas minerales.

En forma general es importante anotar que, los procesos de contaminación orgánica ICOMO no siempre están asociados a incrementos de sólidos suspendidos (a pesar de las correlaciones entre esta última) o disueltos, ni tampoco a procesos de eutrofización (ICOTRO). Así mismo, el aumento de sólidos suspendidos no está relacionado con los sólidos disueltos ni con llegada de nutrientes (salvo durante lluvias) (RAMÍREZ, RESTREPO, & VIÑA, 1997)

7. CONCLUSIONES

Al finalizar el estudio relacionado con la calidad ambiental del curso hídrico de la zona del Balneario Hurtado – río Guatapurí y su área de influencia se evidenció que:

- La mayor abundancia de macroinvertebrados, estuvo presente durante la temporada de sequía con un subtotal de 369 organismos equivalente al 59,9% del total de individuos identificados en ambas temporadas, donde el tramo Balneario obtuvo un 18,18% representado en 112 macroinvertebrados. Además, la Phylum Atrópoda fue la más representativa durante las temporadas con un porcentaje entre 96 y 97%, en cuanto a la orden Trichoptera sobresalió en sequía, mientras la orden Coleoptera, constituyó el 23,89% entre los individuos bentónicos recolectados durante la temporada de lluvia, estos resultados están relacionados con la mayor diversidad que tienen los insectos como componente en los ecosistemas acuáticos y terrestres, puesto que ocupan una gran variedad de nichos y microhábitats a lo largo de un amplio espectro de escalas espaciales y temporales.
- La vegetación ribereña identificada en el área de estudio, estuvo conformada por 43 especies leñosas características del bosque seco tropical, de las cuales el 78% son árboles, el 5% son arbustos y el 16% son arboles foráneos, donde el tramo aguas arriba represento la zona con mayor abundancia de bosque nativo al contar con 36 especies mientras el tramo Balneario fue la zona con menos presencia de especies endémicas de bosque seco tropical.
- Las concentraciones obtenidas para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados en el agua del río Guatapurí en los tramos de estudio, indicaron durante ambas temporadas baja presencia de iones minerales, de materia orgánica y condiciones oligotróficas del agua; además de buenos niveles de oxígeno disuelto y temperatura para el desarrollo de vida acuática. Sin embargo, los parámetros de solidos suspendidos y las variables microbiológicas (coliformes fecales y totales) presentaron durante

la temporada de lluvia altos valores, incumpliendo la norma de calidad de agua para uso recreativo (artículo 2.2.3.3.9.7. decreto 1076 de 2015), posiblemente relacionado con el aumento de la escorrentía superficial sobre la ribera. En cuanto a los Compuestos Fenólicos y Tensoactivos las bajas concentraciones obtenidas coincidieron con la ausencia de fuentes de contaminación asociadas a estas variables, cumpliendo a su vez el límite de la norma para el uso propuesto.

- Las condiciones del bosque Ripario según la metodología del índice QBR, presentaron sólo en aguas arriba buena calidad, por su parte las zonas de balneario Hurtado y aguas abajo obtuvieron una calificación de mala calidad, asociada con la degradación extrema del ecosistema Ripario por la extrema presión antrópica que se genera sobre esta zona que cuenta con alta actividad comercial, turística, construcciones civiles y reforestación exótica, factores que cuentan como penalización dentro del índice.
- Con respecto al IHF, las construcciones civiles sobre la ribera, la alteración sobre la vegetación riparia, el aporte de elementos que dan de heterogeneidad (alimento y energía) y la poca diversidad de vegetación acuática, constituyeron los principales factores para la calidad obtenida en los diferentes tramos. Aguas arriba del balneario presenta un hábitat fluvial medianamente diverso, mientras los tramos Balneario Hurtado y aguas abajo del Balneario presento un grado de heterogeneidad del hábitat fluvial poco diverso. En general el hábitat fluvial presentó una calidad medio – baja, lo que limita las condiciones para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos, dado que en estos dos últimos tramos la abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados fue alrededor del 12 al 18% respectivamente.
- El índice BMWP/COL indicó aguas poco contaminadas o limpias (buena calidad) sobre todos los tramos de estudio. Esta calidad estuvo asociada principalmente a la presencia de familias de macroinvertebrados sensibles a ambientes contaminados como fueron Leptophlebiidae, Leptohyphidae,

Hdripsychidae Psephenidae, Perlidae y Blepharoceridae, además, indicaron buenas concentraciones de oxígeno disuelto y bajas fuentes de materia orgánica.

- Los ICO durante la temporada de sequía no registraron contaminación asociada a iones minerales, fósforo, materia orgánica, coliformes y solidos suspendidos. Sin embargo, en lluvia el aumento de sustancias coloidales por la esorrentía superficial, motivó el aumento de las concentraciones de Coliformes y solidos suspendidos y con esto los índices ICOMO e ICOSUS, los cuales, indicaron niveles medio y alto de contaminación respectivamente.
- El análisis estadístico realizado entre los índices biológicos (QBR, BMWP/COL, IHF) con los ICO, se observó una correlación fuerte y positiva entre los índices biológicos, lo que demuestra la relación entre los bloques de evaluación y las condiciones de la metodología de los índices. Por su parte, los índices ICO presentaron correlaciones fuertes y positivas entre ICOSUS – ICOMO, ICOTRO – ICOSUS e ICOMO, debido a los factores de coliformes fecales, solidos suspendidos totales, fósforo total y DBO5.

8. RECOMENDACIONES

Una vez terminado el proyecto de grado, se considera interesante profundizar en la estandarización de una metodología de índices biológicos acorde con la diversidad y dinámica de los ecosistemas colombianos, que sea aplicado como complemento de los métodos tradicionales para la evaluación de la calidad de agua, además, se propone:

- a. La planificación y control de actividades y usos antrópicos desarrollados sobre la cuenca de los ríos, acorde con la calidad que su ecosistema presenta.
- b. Extender los estudios taxonómicos de los macroinvertebrados presentes en la cuenca del río Guatapurí, a los niveles posibles, así mismo generalizar y normalizar su aplicación en la determinación de la calidad del agua superficial en el país
- c. La utilización de indicadores biológicos (macroinvertebrados, hábitat fluvial, bosque de ribera, etc.), acompañados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos en programas de evaluación ambiental de cuerpos de agua, como alternativa efectiva en la búsqueda de un mayor control al uso de agua, a través de un análisis integral del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFIA

- Alba Tercedor, J. &. (1978). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el Hellawell. . *limnetica*, 51-56.
- Alcaldía de Valledupar. (5 de junio de 2015). Acuerdo No. 011. *Por el cual se aprueba el segundo PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL del Municipio de Valledupar*, 2, 1, 411. (C. M. Valledupar, Ed.) Valledupar, Cesar, Colombia: Acta de resolución de Curaduría Municipal de Valledupar. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <http://curaduria2valledupar.co/pdf/potva.pdf>
- Álvarez, A. (2005). Metodología para la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos. . *Instituto Alexander Von Humboldt. Colombia.* , 1-20.
- Álvarez, E. C. (2001). Normalización de parcelas. Propuesta metodológica para los inventarios de vegetación en el programa de biodiversidad. *Documentos del jardín botánico "Joaquín Antonio Uribe" e Interconexión eléctrica. S. A.*, 12.
- Álvarez, M., Bonada, N., Casas, J., & Pardo, I. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 115-133.
- Ambrose, S., Bassett, T., Bowen, M., Crummey, D., Isaacson, J., Johnson, D., . . . Winter-Nelson, A. (1997). Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality*, 581-589.
- Arancibia Fortes, J., & Silva Haun, R. (2015). UTILIZACIÓN DE LOS ÍNDICES DE HÁBITAT FLUVIAL, BOSQUE DE RIBERA Y MACRÓFITAS PARA LA DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL ESTERO CATAPILCO, REGIÓN DE VALPARAÍSO. *Anales Museo de Historia Natural de Valparaíso*, 9-30.
- Aurazo de Zumaeta, M. (2004). ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. En L. d. Vargas, I, *Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría Tomo* (págs. 59 - 102). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS.
- Avecillas Arellano, L. A. (2013). Tesis de grado. *Caracterización físico - químico del estero salado entre el puente de la avenida Kennedy y el puente 5 junio efectuado en el periodo Agosto - Octubre de 2012*, 10-12. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Bain, M. B., & Stevenson, N. J. (1998). Aquatic Habitat Assessment. En M. B. Bain, & N. J. Stevenson, *Common Water Quality Parameters* (págs. 186-187). Bethesda - Maryland - USA: American Fisheries Society.
- Barrenechea Martel, A. (2004). ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. En T. d. I, *Ing. Lidia de Vargas* (págs. 3 - 56). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS.
- Blanco, J. (2009). CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS QUEBRADAS DEL PARQUE NACIONAL NATURAL GORGONA, PACÍFICO COLOMBIANO. *Actualidades Biológicas*, 123-140.
- Bonada, N., Casas, J., Cuella, P., Mellado, A., & Robles, S. (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica*, 187-204.

- Bustamante, C., Corredor, N., & Marin, N. (2011). ESTUDIO DE CALIDAD AMBIENTAL EN LA QUEBRADA LA FLORIDA, UNIDAD DE MANEJO DE CUENCA DEL RÍO QUINDÍO. ARMENIA – QUINDÍO, COLOMBIA. *Asociación Colombiana de Ciencia*, 65-76.
- Cajas, L., Carrera, D., T., G., Guaman, E., Guerrón, E., & Velarde, P. (2018). Relación de temperatura, pH y CE en la variación de concentración de fosfatos en el Río Grande, Cantón Chone. *Escuela de Ingeniería Ambiental, FIGEMPA*, 37-40.
- Camacho Campos, C. (2004). II. COMPUESTOS FENOLICOS EN EL MEDIO AMBIENTE. En C. Camacho Campos, *COMPUESTOS FENOLICOS Y EL AMBIENTE* (pág. 3). HABANA: Centro de Tecnología enzimática CETENZ.
- Cánovas, A., Martínez, R., & Pérez, A. (2009). EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPEARMAN CARACTERIZACION. *Ciencias Médicas*.
- Chavarro, A., & Gélvez, E. (2016). Caracterización de la calidad de las aguas de la quebrada Fucha utilizando los índices de contaminación ICO con respecto a la precipitación y usos del suelo. *Mutis*, 19-31.
- Clair, N., Sawyer, P. L., & McCarty, G. F. (2000). *QUÍMICA para Ingeniería Ambiental*.
- Closs, G., Downes, B., & Boulton, A. (2004). Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystem. En G. Closs, B. Downes, & A. Boulton, *Freshwater ecology: a scientific introduction* (págs. 539-541). United States Of America: John Wiley & Sons, Ltd.
- CORPOGUAJIRA. (2009). <http://www.corpoguajira.gov.co>. Obtenido de <http://www.corpoguajira.gov.co>: http://www.corpoguajira.gov.co/web/attachments_Joom/article/875/Informe%20Final%20POMCA%20Tapias%20tomo%204%20de%204.pdf
- Décamps, H. (1996). The renewal of floodplain forests along rivers: A landscape perspective. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie*, 26, 35-59.
- Dominguez, E. y. (2001). Guía para La determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. *Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto M. Lillo. Tucumán, Argentina.*, 282.
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M., Hubbard, M., & Nieto, C. (2006). Ephemeroptera de América del Sur. *Pensoft Publishers*.
- Domínguez, & F. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, Sistemática y Biología. (V. R. Scopus, Ed.) *Fundación Miguel Lillo*, 656.
- FAO. (2018). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura*. Obtenido de Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Fernández, N., Ramos, G., & Solano, F. (2005). ICATEST V 1.0. Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad del Agua. *Bistua. Universidad de Pamplona*, 88 - 97.
- Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad. (Diciembre de 2012). *asocana organizacion*. Obtenido de *asocana organizacion*: <http://www.asocana.org>
- García, G., Gordillo, J., Ospino, O., & Tovar, K. (2016). Evaluación de la turbiedad y la conductividad ocurrida en temporada seca y de lluvia en el río Combeima (Ibagué, Colombia). *Ingeniería Solidaria*, 19-36.

- Gutiérrez, J. D., Riss, W., & Ospina, R. (2002). Bioindicación de la calidad del agua con lógica difusa Sugeno y macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Acta biológica colombiana*, 7(2), 37-51. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26078>
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 3-37.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez - Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). METODOLOGIA DE LA INVESTIVACION: Cuarta Edicion. En R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez - Collado, & P. Baptista Lucio, *Cap. 4: Definicion del tipo de investigacion a realizar "basicamente exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa"* (págs. 44-71). McGraw -Hill.
- IDEAM. (1 de abril de 2005). *PROGRAMA DE FISICOQUÍMICA AMBIENTAL* . Obtenido de DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD POR TITULACION DE H2SO4: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>
- IDEAM. (2006). *MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, DETERMINACIÓN TAXONOMICA - CONTEO*. Bogota: IDEAM.
- IDEAM. (28 de septiembre de 2007). *SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL* . Obtenido de pH EN AGUA POR ELECTROMETRIA: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/pH+en+agua+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/ec53b64e-91eb-44c1-befe-41fcfccdfff1>
- IDEAM. (4 de octubre de 2007). *SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL* . Obtenido de Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>
- IDEAM. (4 de junio de 2007). *SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL* . Obtenido de DEMANDA BIOQUIMICA DE OXÍGENO – 5 días, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRIA: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- IDEAM. (2010). Guia de Monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterranas. En IDEAM, *TIPOS DE MUESTRAS Y FRECUENCIA DE MUESTREO* (págs. 16 - 17). BOGOTA: IDEAM.
- IDEAM. (2010). Guia de Monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterranas . En IDEAM, *TOMA DE MUESTRAS* (pág. 21). BOGOTA: IDEAM.
- Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). *Metodos Analíticos de parametros de agua*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/metodos-analiticos>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (Febrero de 2006). *Sistema de Infrmacion de Biodiversidad*. Obtenido de Sistema de Infrmacion de Biodiversidad: <https://www.sib.gov.ar/archivos/IAVH-00288.pdf>

- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2016). Comunidades de Insectos Acuáticos de los tres flancos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Biota Colombiana*, 47-61.
- Jacobsen, D. (1998). The effect of organic pollution the macroinvertebrate fauna of Ecuatorian highland streams. . *Hidrobiology*. 2, 179 - 195.
- Kennard, Olden, M. &, Arthington, J. &, Pusey, A. &, & Bradley & Poff, N. (2007). Multiscale Effects of Flow Regime and Habitat and Their Interaction on Fish Assemblage Structure in Eastern Australia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.*, 7-108.
- López-Delgado, E., Vásquez-Ramos, J., Villa-Navarro, F., & Reinoso, G. (2015). Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Revista Tumbaga*, 6-29.
- Machado, T. &. (1989). Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. . *Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología*, 228.
- Marcano C, J. A. (2016). *COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON Y DE SPEARMAN*. BARCELONA: INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO SANTIAGO MARINO, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA .
- MAVDT. (9 de MAYO de 2007). *MINAMBIENTE.GOV.CO*. Obtenido de *MINAMBIENTE.GOV.CO*:
<http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>
- MAVDT. (2016). *minambiente.gov.co*. Obtenido de *minambiente.gov.co*:
http://www.minambiente.gov.co/images/Atencion_y_participacion_al_ciudadano/consultas_publicas_2015/juridica/Proyecto_de_Decreto_7_5_15.pdf
- McCafferty, W. (1981). Aquatic Entomology. *Science Books International.*, 448.
- Medina Tafur, C. A. (11 de Diciembre de 2007). Tesis de doctorado. *Estado ecológico del río Chicama: regiones La Libertad y Cajamarca*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo: Escuela de postgrados.
- Merck, & Buikema. (1983). III Efectos Toxicos de los fenoles. En C. Camacho Campos, *COMPUESTOS FENOLICOS Y EL MEDIO AMBIENTE* (págs. 12-13). HABANA: Centro de tecnología enzimática CETENZ.
- Merritt, R. &. (1996). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. *Kendall /Hunt Publishing*, 862.
- Meza, A., Rubio-M, J., Días, L., & Valteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasía.*, 443-456.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (1984). <http://www.ideam.gov.co>. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co>:
http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f
- Montero, V., & Ramirez, Y. (2018). *repository.usta.edu.co*. Obtenido de *repository.usta.edu.co*:

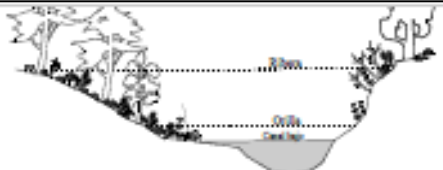
- <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13688/2018valentinamontero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montero, V., & Ramírez, Y. (2018). *repository.usta.edu.co*. Obtenido de [repository.usta.edu.co](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13688/2018valentinamontero.pdf?sequence=1&isAllowed=y): <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13688/2018valentinamontero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morales, A. &. (2008).). *Árboles del Bosque Seco Tropical en el área del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago- Nilo Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Autónoma de Colombia. .
- Munné, A. C. (1998). *PROTOCOLO 7: INDICE DE CALIDAD DE BOSQUE DE RIBERA QBR*. MADRID.
- Munné, A., Prat, N., Solà, & C. (1998). un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del agua*, 20-39.
- Munne, A., Sola, C., & Prat, N. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua: España*, 20-37.
- Munné, e. (1998). *PROTOCOLO 7: INDICE DE CALIDAD DE BOSQUE DE RIBERA QBR*. MADRID.
- Murillo A, J. (2017). Diversidad de los helechos y licófitos de Colombia. *Acta Botanica Malacitana*, 42(01), 23-32.
- Ocampo Zamora, A. (2013). *EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA LA JARAMILLA, MUNICIPIO DE TEBAIDA, DEPARTAMENTO DE QUINDIO*. ARMENIA: UNIVERSIDAD DE MANIZALES, FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ADMINISTRATIVAS Y ECONOMICAS.
- Palma Alejandro, F. R. (2009). EVALUACION DE RIBERA Y HABITAT FLUVIAL A TRAVES DE LOS INDICES QBR E IHF. *Gayana*, 57-63.
- Pardo, I. e. (2004). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de habitat. *Limnetica*, 115-133.
- Pardo, I., Alvarez, M., Casas, J., Moreno, J., Vivas, S., Bonada, N., . . . Vidal, M. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de habitat. *Limnetica* 21(3-4), 115-133.
- Pennak, R. (1978). *Freshwater Invertebrates of the United States*. Wiley Interscience, 803.
- Pizano, C., González, R., García, H., Isaacs, P., González, M. F., Piñeros, P., & Ramírez, W. (1 de Enero de 2014). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Obtenido de Bosques secos tropicales en Colombia: www.humboldt.org.co/es/investigacion/proyectos/en-desarrollo/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia
- Posada Marta, A. M. (2015). ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL RETIRO RIBEREÑO PARA EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL RÍO LA MIEL, CALDAS, COLOMBIA . *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 117-128.
- Posada, M. I., & Arroyave, M. (2015). ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL RETIRO RIBEREÑO PARA EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACION ECOLOGICA EN EL RIO LA MIEL, CALDAS, COLOMBIA. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 117-128.








- RAMÍREZ, A., RESTREPO, R., & VIÑA, G. (1997). CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES FORMULACIONES Y APLICACIÓN. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 135-153.
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. *Ciencia Tecnología y Futuro*, 1(3), 135-153.
- Ramírez, A., Restrepo, R., Viña, G., & otros. (1997). CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES. FORMULACIONES Y APLICACIÓN. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 135 - 153.
- Ramírez, J., & Roldan, G. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical 2da. edición*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Riaño, P., Basaguren, A., & Pozo, J. (1993). VARIACIONES ESPACIALES EN LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS DEL RÍO AGUERA (PAÍS VASCO- CANTABRIA) EN DOS ÉPOCAS CON DIFERENTES CONDICIONES DE RÉGIMEN HIDROLÓGICO . *Asociación Española de Limnología*, 19-28.
- Rodier, J. (2011). ANALISIS DE LAS AGUAS primera parte: analisis de las aguas naturales. En J. Rodier, *Generalidades: Toma de muestras* (págs. 6 - 7). BARCELONA: OMEGA S.A.
- Rojas Benavides, A. (2011). Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 176-207.
- Roldán P, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. *Universidad de Antioquia. Facultad de ciencias exactas y naturales. Centro de investigaciones CIEN*.
- Roldán P, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. *Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín.*, 170.
- Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 254 - 274.
- Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *FUNDAMENTOS DE LA LIMNOLOGIA NEOTROPICAL*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Medellín: Fondo FEN - Colombia. Bogotá, Colombia: Editorial Presencia Ltda.
- Roldán, G. (2003). *La bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Medellín: Editorial Universidad del Antioquia, Medellín.
- Roldan, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 254-274.
- Roldán, G., Zúñiga, M. d., Zamora, H., Álvarez, L., Reinoso, G., & M. Longo, M. (2014). Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico. (J. M. Perla Alonso-Eguális, Ed.) *IMTA*.

- Rosemberg, D. &. (1996). Use of aquatic insects in biomonitoring. (&. K. En R. Merritt, Ed.) *An Introduction to the aquatic insects of North America*, 87-97.
- Sánchez de Fuentes, J. (2001). EL FOSFORO, PARAMETRO CRITICO DE CALIDAD DE AGUA, TECNICAS ANALITICAS Y DE MUESTREO. *ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 1-9.
- Sanz, M. J. (17 de Enero de 2002). *Eroski consumer*. Obtenido de Consumer: <http://www.consumer.es>
- Silva, L. A. (2015). *Manual de Monitoreo de agua para investigación local*. Bogota: ARFO Editores e Impresores Ltda.
- USEPA, A. d. (2005). III.III Toxicidad en el Hombre. En C. Camacho Campos, *COMPUESTOS FENOLICOS Y EL MEDIO AMBIENTE* (págs. 15-16). HABANA: Centro de tecnologia enzimatica CETENZ.
- Valledupar, A. d. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal, Valledupar Avanza 2016 - 2019*. Valledupar: Valledupar Avanza.
- Vélez, J. (2004). *Estudio florístico del bosque seco tropical en el cañón del río cauca en el occidente medio de Antioquia*. . Medellín: Corantioquia.
- Villarreal H., M. Á. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*, 236.
- Yepes Mayorca, A. (2006). CALIDAD MICROBIOLOGICA Y FISICOQUIMICA DEL AGUA PARA USO RECREATIVOS EN LAS PLAYAS DE BOCANEGRA Y MARBELLA EN CARTAGENA DE INDIAS - COLOMBIA. *Medio Ambiente y recursos Naturales*, 67-84.


ANEXOS

Anexo A FORMATO DE PRESENTACION DE RESULTADOS QBR

Hoja de campo <i>Calidad del bosque de ribera</i>		 Estima longitud de la ribera %cobertura real	
Estación			
Situación			
Técnico			
Fecha			
Hora			
La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25			
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque QBR.1	
Puntuación			
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 natural adyacente es total		
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es superior al 50%		
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es entre el 25 y 50%		
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente es inferior al 25%		
Estructura de la vegetación en la zona de ribera		Puntuación bloque QBR.2	
Puntuación			
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %		
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %		
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %		
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %		
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %		
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque		
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %		
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad		
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		
Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la zona de ribera*)		Puntuación bloque QBR.3	
Puntuación		Tipo 1	Tipo 2
25	numero de especies diferentes de árboles autóctonos	> 1	> 2
10	numero de especies diferentes de árboles autóctonos	1	2
5	numero de especies diferentes de árboles autóctonos	-	1
0	sin árboles autóctonos		
+ 10	si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río como mínimo de 3 m de ancho, uniforme y ocupando > 75 % de la ribera		
+ 5	si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre 50 - 75 % de la ribera)		
+ 5	si existe una disposición en galería de diferentes comunidades		
+ 5	si el número diferente de especies de arbustos es:	> 2	> 3
- 5	si existen estructura construidas por el hombre		
- 5	si existe alguna sp. de árbol introducida (alóctona)** aislada		
- 10	si existen sp. de árboles alóctonas** formando comunidades		
- 10	si existen vertidos de basuras		
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque QBR.4	
Puntuación			
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	no canalizado en la totalidad del tramo		
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río		
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río		
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones) QBR total			

* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, calidad de la cubierta)		Puntuación	
		Izquierda	Derecha
Tipos de desnivel de la zona riparia			
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
Existencia de una isla o islas en el medio del lecho del río			
Anchura conjunta "a" > 5 m.		- 2	
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m.		- 1	
Potencialidad de soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para enraizar una masa vegetal permanente			
> 80 %		No se puede medir	
60 - 80 %		+ 6	
30 - 60 %		+ 4	
20 - 30 %		+ 2	
Puntuación total			
Tipo geomorfológico según la puntuación			
> 8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera	
entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos	
< 5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso	

Anexo B FORMATO DE PRESENTACION DE RESULTADOS IHF.

Estación			
Fecha			
Operador			
Bloques		Puntuación	
1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas			
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	
		TOTAL (una categoría)	
2. Frecuencia de rápidos			
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	
		TOTAL (una categoría)	
3. Composición del sustrato			
% 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	
		TOTAL (sumar categorías)	
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
soonero: < 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	
		TOTAL (una categoría)	
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
Sombreado con ventanías		10	
Totalmente en sombra		7	
Grandes claros		5	
Expuesto		3	
		TOTAL (una categoría)	
6. Elementos heterogeneidad			
Hojarosa	> 10% ó < 75%	4	
	1 - 10% ó > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	
Raíces expuestas		2	
Diques naturales		2	
		TOTAL (sumar categorías)	
7. Cobertura de vegetación acuática			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
% Pecton	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	1 - 10% ó > 50%	5	
		TOTAL (sumar categorías)	
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 C RESPUESTA DE SOLICITUD DE INFORMACION A SECRETARIA DE SALUD DEPARTAMENTAL



Gobernación del
cesar
El buen camino del desarrollo y la #21



GOBERNACIÓN DEL CESAR
SECRETARIA DE SALUD DEPARTAMENTAL
COORDINACIÓN DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA
DEPARTAMENTOS DEL CESAR

Valledupar, 20 marzo de 2019

Señores
JESUS RAMÓN HERRERA MARTINEZ
BREINER ANDRÉS NAVARRO SINING
Estudiantes Universidad Popular del Cesar
Valledupar - Cesar

ASUNTO: Respuesta a su solicitud de fecha 13 marzo de 2019

Cordial saludo


En atención a la solicitud de la referencia relacionada con datos estadísticos sobre enfermedades producidas a los bañistas de Bañeario Hurtado en el Rio Guatapuri de la ciudad de Valledupar, por contaminantes derivados de compuestos féndicos (derivado de hidrocarburos) y tensoactivos (detergentes), me permito informarle que estos eventos no se notifican al SIVIGILA, de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Instituto Nacional de Salud, por lo que no contamos con esta información.

Atentamente,

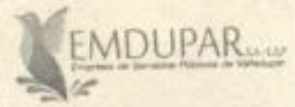

MARÍA TERESA GARCÉS PADILLA
Coordinadora de Vigilancia en Salud Pública

Elaboró: Alberto Luis Morales – Auxiliar Advo. SSD
Proyectó: María José Hinojosa Canales – Ref. Inmunoprevenibles SSD

Anexo D COTIZACION DE PARAMETROS FISICO QUIMICOS DE COMPUESTOS FENOLICOS Y TENSOACTIVOS POR EL LABORATORIO AMBIENTAL NANCY FLOREZ S.A.

 <p>Laboratorios Nancy Flórez García S.A.S Confiable a toda prueba Nº: 824.006.588-0</p>	COTIZACIÓN Y CONDICIONES COMERCIALES		CODIGO	RO - 202	
			VERSION	01	
			FECHA	2018-07-23	
	LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS		Página 2 de 5 DOCUMENTO CONTROLADO		
COTIZACION N°		8373			
FECHA DOCUMENTO	30-03-2019		FECHA VENCIMIENTO	29-05-2019	
Sr(a):	BREINER NAVARRO		TIEMPO DE ENTREGA	30 DÍAS HABLES	
CLIENTE	BREINER ANDRES NAVARRO SINING		FORMA DE PAGO	Forma de Pago : Anticipo de 50 % del servicio y el 50 % restante para la entrega de resultados.	
NIT	1065641742		VENDEDOR	KARELLYS ZAPARAN	
EMAIL	breinernavarro-01@hotmail.com		OBSERVACIONES:		
DIRECCION	MZ 63 CASA 5 450 AÑOS				
TELEFONO	3012702005	VALLEDUPAR			
ANÁLISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO EN AGUA SUPERFICIAL					
DESCRIPCIÓN	MÉTODO - TÉCNICA	LMC	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
AGUA SUPERFICIAL					
Alcalinidad Total mg CaCO3/L (A)	SM 2320 B - Volumétrico	0,500	9	17.506	157.554
Compuestos fenolicos mg/L (S)	EPA 3510 C / EPA 8041 A - Cromatografía de Gases	0,000211	9	252.000	2.268.000
Conductividad µS/cm	SM 2510 B - Electrométrico	-	9	6.733	60.597
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días	2,00	9	46.458	418.122
Dureza Total mg CaCO3/L (A)	SM 2340 C - Volumétrico - EDTA	0,500	9	17.506	157.554
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B,E - Fotométrico	0,050	9	24.238	218.142
Surfactantes anionicos mg SAAM/L (A)	SM 5540 C - Fotométrico	0,100	9	68.677	618.093
Coliformes Totales y Fecales (Numero mas probable) (Agua)			9	53.191	478.719
Coliformes Fecales NMP/100 mL	SM 9221 E - Número más probable	1,8	9		
Coliformes Totales NMP/100 mL	SM 9221 B - Número más probable	1,8	9		
SUBTOTAL					4.376.781
DESCUENTO 0%					0
IVA					831.588
TOTAL DOCUMENTO					5.208.369
<p>Consignar en la Cuenta de Ahorros: 52428081595 de Bancolombia.</p> <p>(A) Parámetros acreditados por el IDEAM – Resolución 0099 del 19 de Enero de 2018</p> <p>(S) Parámetros subcontratados acreditados.</p> <p>(SNA) Parámetros subcontratados no acreditados.</p> <p>SM = Estándar Methods for examination and wastewater –AWWA, APHA, WEF, Edición 22, 2012</p> <p>La aceptación del servicio deberá ser por escrito (orden de servicio o contrato) para iniciar el proceso de análisis. Anexar copia del RUT</p>					
			<p>Elaborado por:</p> <p>Karellys Zaparan V. A. C.</p>		

**Anexo E RESPUESTA DE SOLICITUD DE LA EMPRESA DE SERVICIOS
PUBLICOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EMDUPAR S.A. E.S.P**

	COMUNICACIÓN EXTERNA	FD-GD-15
		Versión: 02-19-07-11
		Página: 1 de 1

DT-DT-223

Valledupar, 28 de Marzo de 2019

Señor
JESÚS RAMÓN HERRERA MARTINEZ
Dirección: Carrera 5E No 20D – 06
Barrio: Sicarare
Valledupar - Cesar







REF: Respuesta solicitud con Rad. Interno N° 0891-2.

Cordial Saludo,

En atención a su solicitud, nos permitimos informarles que la empresa EMDUPAR S.A E.S.P., no dispone de caracterizaciones donde sean evaluados parámetros fisicoquímicos correspondientes a compuestos fenólicos y tensoactivos en la fuente de abastecimiento río Guatapuri.

Atentamente,


RICARDO ALFONSO LLANOS BALLESTAS
Jefe Gestión Técnica Operativa

	Nombre	Cargo	Firma
Elaborado por:	Teoliste María Rumbo A.	Aux. Adm. en Gestión Amb.	
Proyectado por:	Teoliste María Rumbo A.	Aux. Adm. en Gestión Amb.	
Revisado por:	Ricardo a. Llanos Ballestas	Jefe Gestión Técnica	
Los amba firmantes declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales vigentes y por lo tanto, bajo nuestra responsabilidad, lo presentamos para la firma de Gestión			

Anexo F EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE VEGETACIÓN RIBERENA E IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE DE BOSQUE DE RIBERA

- Aguas Arriba



- Balneario Hurtado



- Aguas Abajo


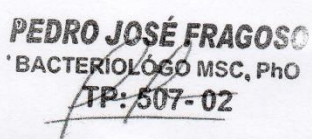



Anexo G EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE IDENTIFICACION Y RECOLECCION DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS



Anexo H RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE BIOINDALAMB PARA LA TEMPORADA DE LLUVIAS (28 de junio 2019)

BIOINDALAMB Laboratorios		FORMATO REPORTE DE RESULTADOS		VIGENCIA		
				14 - 01 - 19		
				VERSION: 2	PAG: 1	
REPORTE DE ENSAYO No 1629-1						
				ODS No.	1629-1	
				Códigos:	0619-1629-1	
I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE						
CLIENTE:	BREINER NAVARRO SINING			NIT/C.C.	1065641742	
CONTACTO/CARGO:	BREINER NAVARRO SINING		DIRECCIÓN:	MZ 63 CASA 5 CIUDADELA 450 AÑOS		
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar	TELÉFONO:	3053950490	
II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA						
CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR	Cliente	
0619-1629-1	AGUA SUPERFICIAL	AGUA DE RIO	AGUAS ARRIBA BALNEARIO HURTADO	FECHA DE MUESTREO	2019-06-28	HORA: 07:30 AM
				FECHA DE INGRESO MUESTRA	2019-06-28	HORA: 11:00 AM
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2019-06-28	
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO	2019-07-10	
				FECHA DE REPORTE	2019-07-10	
N.A. No aplica		N.I: Información no suministrada				
III. RESULTADOS						
FISICO-QUÍMICOS		<input checked="" type="checkbox"/>	MICROBIOLÓGICOS		<input type="checkbox"/>	RESULTADOS
ENSAYO	METODO DE REFERENCIA	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA	LDM	LCM	0619-1629-1
Surfactantes aniónicos	SM 5540 C /Fotométrico	mg SAAM7L	Análisis y reporte	No aplica	0,05	<0,05
Fenoles	SM 5530 B, D /Destilación y Fotométrico	mg /L	No aplica	0,03	0,15	< 0,05
Fosforo Total	SM 4500 P B, E/Digestión Ácido Ascórbico	mg P/L	No aplica	No aplica	0,025	0,0071
Oxígeno Disuelto	Electrodo de Membrana	mg/L	No aplica	No aplica	6,0	6,2
Coliformes totales	NPM/Filtración por membrana	UFC/100ml	No aplica	24x10 ⁴	36x10 ⁴	4x10 ³
Coliformes Fecales	NPM/Filtración por membrana	UFC/100ml	No aplica	2x10 ⁴	10x10 ⁴	2x10 ³
<small>LDM: Límite de detección del método es la menor cantidad del medurado que puede ser detectada en la matriz sujeta a ensayo. LCM: Límite de cuantificación del método, en la menor cantidad a partir de la cual se puede determinar el medurado con exactitud y precisión aceptadas bajo las condiciones del laboratorio, en la matriz sujeta a ensayo.</small>						
Nota: Los laboratorios de Microbiología informan que el presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente informe.						
PEDRO JOSÉ FRAGOSO BACTERIOLOGO MSC, PhD TP: 507-02 PEDRO JOSE FRAGOSO C. Bacteriólogo MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos.						
Dirección Calle 8A Nº 22 – 80 Valledupar TEL.5700657, CEL. 3166954067 www.bioindalamb.com E mail. pedrojosefragoso@gmail.com, bioindallab@gmail.com						

	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS				VIGENCIA			
					14 - 01 - 19			
					VERSION: 2	PAG: 2		
REPORTE DE ENSAYO No 1629-2								
					ODS No.	1629-2		
					Códigos:	0619-1629-2		
I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE								
CLIENTE:	BREINER NAVARRO SINING				NIT/C.C.	1065641742		
CONTACTO/CARGO:	BREINER NAVARRO SINING		DIRECCIÓN:	MZ 63 CASA 5 CIUDADELA 450 AÑOS				
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	Valledupar	TELÉFONO:	3053950490			
II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA								
CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR			Cliente	
				FECHA DE MUESTREO	HORA		2019-06-28	8:00 AM
0619-1629-2	AGUA SUPERFICIAL	AGUA DE RIO	BALNEARIO HURTADO	FECHA DE INGRESO MUESTRA	2019-06-28	HORA	11:00 AM	
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2019-06-28			
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO	2019-07-10			
				FECHA DE REPORTE	2019-07-10			
N.A. No aplica		N.I: Información no suministrada						
III. RESULTADOS								
FISICO-QUÍMICOS <input checked="" type="checkbox"/>		MICROBIOLÓGICOS <input checked="" type="checkbox"/>						
						RESULTADOS		
ENSAYO	METODO DE REFERENCIA	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA	LDM	LCM	0619-1629-2		
Fosforo Total	SM 4500 P B, E/Digestión Ácido Ascórbico	Mg P/L	No aplica	No aplica	0,025	0.0075		
Oxígeno Disuelto	Electrodo de Membrana	mg/L	No aplica	No aplica	6,0	6,0		
Coliformes totales	NPM/Filtración por membrana	UFC/100ml	No aplica	24x10 ⁴	36x10 ⁴	9x10 ³		
Coliformes Fecales	NPM/Filtración por membrana	UFC/100ml	No aplica	2x10 ⁴	10x10 ⁴	6x10 ³		
LDM: Límite de detección del método es la menor cantidad del mensurado que puede ser detectada en la matriz sujeta a ensayo. LCM: Límite de cuantificación del método; en la menor cantidad a partir de la cual se puede determinar el mensurado con exactitud y precisión aceptadas bajo las condiciones del laboratorio, en la matriz sujeta a ensayo.								
Nota:								
Los laboratorios de Microbiología informan que el presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente informe.								
 PEDRO JOSÉ FRAGOSO BACTERIOLOGO MSC, PhD TP: 507-02 PEDRO JOSE FRAGOSO C. Bacteriólogo MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos.								
Dirección Calle 8A Nº 22 – 80 Valledupar TEL.5700657, CEL. 3166954067 www.bioindalamb.com E – mail pedrojosefragoso@gmail.com, bioindallab@gmail.com								

	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS	VIGENCIA 14 - 01 - 19 VERSION: 2 PAG:3					
REPORTE DE ENSAYO No 1629-3		ODS No. 1629-3 Códigos: 0619-1629-3					
I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE							
CLIENTE:	BREINER NAVARRO SINING	NIT/C.C. 1065641742					
CONTACTO/CARGO:	BREINER NAVARRO SINING	DIRECCIÓN: MZ 63 CASA 5 CIUDADELA 450 AÑOS					
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO: Valledupar TELÉFONO: 3053950490					
II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA							
CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR	Cliente		
0619-1629-3	AGUA SUPERFICIAL	AGUA DE RIO	AGUAS ABAJO BALNEARIO HURTADO	FECHA DE MUESTREO	2019-06-28	HORA:	08:45 A
				FECHA DE INGRESO MUESTRA	2019-06-28	HORA:	11:00 A
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2019-06-28		
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO	2019-07-10		
				FECHA DE REPORTE	2019-07-10		
N.A. No aplica		N.I. Información no suministrada					
III. RESULTADOS			FISICO-QUÍMICOS <input checked="" type="checkbox"/>	MICROBIOLÓGICOS <input checked="" type="checkbox"/>			
							RESULTADO
ENSAYO	METODO DE REFERENCIA	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA	LDM	LCM	0619-1629	
Fosforo Total	SM 4500 P B, E/Digestión Ácido Ascórbico	Mg P/L	No aplica	No aplica	0,025	0,0085	
Oxígeno Disuelto	Electrodo de Membrana	mg/L	No aplica	No aplica	6,0	5,8	
Coliformes totales	NPM/Filtración por membrana	UFC/100ml	No aplica	24x10 ⁴	36x10 ⁴	8x10 ³	
Coliformes Fecales	NPM/Filtración por membrana	UFC/100ml	No aplica	2x10 ⁴	10x10 ⁴	7x10 ³	
<p><small>LDM: Limite de detección del método es la menor cantidad del mesurado que puede ser detectada en la matriz sujeta a ensayo. LCM: Limite de cuantificación del método; en la menor cantidad a partir de la cual se puede determinar el mesurado con exactitud y precisión aceptadas bajo las condiciones del laboratorio, en la matriz sujeta a ensayo.</small></p>							
Nota:							
<p>Los laboratorios de Microbiología informan que el presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente informe.</p>							
<p>PEDRO JOSÉ FRAGOSO BACTERIOLOGO MSC, PhD TP/ 507-02</p> <p>PEDRO JOSE FRAGOSO C. Bacteriólogo MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos.</p>							
<p>Dirección Calle 8A N° 22 – 80 Valledupar TEL.5700657, CEL. 3166954067 www.bioindalamb.com E mail pedrojosefragoso@gmail.com, bioindallab@gmail.com</p>							

Anexo I EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS



Anexo J EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE APLICACIÓN DE INDICE DE HABITAT FLUVIAL POR BLOQUES

- **Bloque 1: Inclusión de rápidos – sedimentación de pozas**



- **Bloque 2: Frecuencia de rápidos**



- **Bloque 3: composición de sustrato**



- **Bloque 4: regímenes de velocidad / profundidad**



- **Bloque 5: porcentaje de sombra en cauce**



- **Bloque 6: elementos de heterogeneidad**



- **Bloque 7: cobertura de vegetación acuática**

