

**AFECTACIONES SOCIOAMBIENTALES POR LA EXTRACCIÓN DE
MATERIAL DE ARRASTRE EN EL RIO COELLO TRAMO GUALANDAY
“K 0.0”- CHICORAL “K 10.9” 2016**

JOHN JAIRO CESPEDES CASTAÑEDA

CÓDIGO: 363212105

JUAN FELIPE LOPERA JARA

CÓDIGO: 363212121

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
GIRARDOT – CUNDINAMARCA**

2016

**AFECTACIONES SOCIOAMBIENTALES POR LA EXTRACCIÓN DE
MATERIAL DE ARRASTRE EN EL RIO COELLO TRAMO GUALANDAY-
CHICORAL 2016**

JOHN JAIRO CESPEDES CASTAÑEDA

CÓDIGO: 363212105

JUAN FELIPE LOPERA JARA

CÓDIGO: 363212121

Trabajo De Grado Presentado Para Optar Al Título De Ingeniero Ambiental

JACK FRAN ARMENGOT GARCÍA PÉREZ

Biólogo - Magister Ciencias Biológicas

Director Trabajo de Grado



**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
GIRARDOT – CUNDINAMARCA**

2016

Notas de aceptación

Firma del Director del trabajo

Firma Jurado

Firma jurado

DEDICATORIAS

Primero a Dios, por permitirme culminar esta etapa académica lleno de bendiciones, a mi familia que me ha brindado su apoyo incondicional en este proceso, especialmente a mi mamá **AMANDA CASTAÑEDA MARTINEZ**, mi papá **JOHN JAIRO CESPEDES SUAREZ** y mi abuela **LUCILA SUAREZ**; a todo el cuerpo de docentes, administrativos entre otros de la UDEC, que en algún momento aportaron su granito de arena en este proceso.

JOHN JAIRO CESPEDES CASTAÑEDA

Quiero dedicarle el fruto de este trabajo principalmente a mi familia, en esas personas he encontrado las razones que me han motivado a seguir adelante y nunca desistir ante los obstáculos que se encuentran en el camino. A los docentes del programa de ingeniería ambiental de la UdeC quienes han marcado una ruptura en mi vida y pensamiento.

JUAN FELIPE LOPERA JARA

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien nos ha guiado a lo largo de todo este proceso y nos ha brindado la sabiduría para afrontar y superar todos los obstáculos que se presentaron en esta etapa académica.

A la universidad de Cundinamarca, por brindarnos las herramientas intelectuales y un espacio académico que nos permitió: desarrollar aptitudes, adquirir conocimiento y lo más importante ser mejores personas para estar al servicio de la sociedad como profesionales.

También a nuestro director JACK FRAN ARMENGOT GARCÍA PÉREZ, que con sus incansables correcciones, conocimiento y camaradería nos ayudó a culminar este trabajo y por supuesto a ser mejores profesionales.

Docentes del programa de ingeniería ambiental, que nos tuvieron paciencia durante esta etapa, para enriquecer nuestros conocimientos en estos años.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. OBJETIVO GENERAL.....	18
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. MARCO REFERENCIAL	19
4.1. MARCO TEÓRICO	19
4.1.1. ÍNDICES EN GENERAL PARA CALIDAD DEL AGUA.....	20
4.1.2. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).....	21
4.1.3. EI MÉTODO BMWP PARA COLOMBIA (BMWP/COL).....	22
.....	23
4.1.4. METODO CHECKLIST	24
4.2. MARCO CONCEPTUAL.....	24
4.2.1. ASPECTO AMBIENTAL	24
4.2.2. CONCESIÓN DE AGUAS	24
4.2.3. COLIFORMES TOTALES	25
4.2.4. CUENCA HIDROGRAFICA.....	25
4.2.5. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5)	25
4.2.6. EROSION REMONTANTE	25
4.2.7. EXTRACTIVISMO	26
4.2.8. FOSFATOS.....	26
4.2.9. IMPACTO AMBIENTAL.....	26
4.2.10. INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	26
4.2.11. LICENCIA AMBIENTAL.....	26
4.2.12. MATERIAL DE ARRASTRE.....	27
4.2.13. NITRATOS	27
4.2.14. NIVEL FREATICO	27
4.2.15. OXIGENO DISUELTO	28
4.2.16. PH	28
4.2.17. PLANICIE ALUVIAL	28
4.2.18. RECURSO HIDRICO	28
4.2.19. SOLIDOS TOTALES	28
4.2.20. TEMPERATURA.....	29

4.2.21.	TURBIEDAD.....	29
4.2.22.	USOCOELLO.....	29
4.2.23.	VERTIMIENTO.....	29
4.3.	MARCO GEOGRAFICO	30
4.4.	MARCO LEGAL.....	32
5.1.	UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS AGROCLIMATOLÓGICAS	36
5.1.1.	EXTENSIÓN	36
5.2.	UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA	37
5.3.	TÉCNICAS O INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
5.3.1.	ANÁLISIS SOCIOECONOMICO Y AMBIENTAL (ENCUESTAS)	38
5.3.2.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICO	40
5.3.3.	PROCESO DE BIOINDICACION MÉTODO BMWP	41
5.3.4.	METODO CHEKLIST.....	41
5.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	43
5.4.1.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.....	43
5.4.2.	ANÁLISIS POR PROCESO DE BIOINDICACION (MACROINVERTEBRADOS).....	44
5.5.	ÁREA DE ESTUDIO	44
5.5.1.	ANÁLISIS SOCIOAMBIENTAL	44
5.5.2.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.....	47
5.5.3.	BIOINDICACION	50
5.6.	METODOLOGÍA	51
5.6.1.	PROCESO SOCIO AMBIENTAL (ENCUESTAS)	51
5.6.2.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.....	55
5.6.3.	PROCESO DE BIOINDICACION (ÍNDICE BMWP/COL).....	57
5.6.4.	PROCESO CHEKLIST	59
6.	RESULTADOS Y DISCUSION	61
6.1.	ANÁLISIS SOCIOAMBIENTAL (ENCUESTAS)	61
6.1.1.	GUALANDAY.....	61
6.1.2.	POTRERILLO	64
6.2.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.....	71
6.2.1.	RELACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) Y EL MÉTODO BMWP PARA LOS PUNTOS 1-2.....	74
6.3.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA METODO BMWP/COL.....	77
6.3.1.	ÍNDICE BMWP/COL PARA LOS PUNTOS 1-2.....	82
6.4.	APLICACIÓN DEL CHEKLIST.....	85

6.4.1. RESULTADOS OBSERVADOS	91
7. CONCLUSIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	100

LISTA DE CUADROS Y TABLAS

CUADRO 1 Normatividad ajustable al trabajo.	35
CUADRO 2 Parámetros y métodos analíticos utilizados	43
CUADRO 3 parámetros físicos químicos y microbiológicos implementados	42
CUADRO 4 Coordenadas y altura de los puntos muestreados para análisis fisicoquímico y microbiológico	47
CUADRO 5 Coordenadas y altura de los puntos muestreados para bioindicación	50
CUADRO 6 Objetivo e importancia de las preguntas formuladas	51
CUADRO 7 Parámetros analizados	56
CUADRO 8 Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico.	71
CUADRO 9 Órdenes y familias macroinvertebrados acuáticos encontrados en los sitios de muestreo.	77
CUADRO 10 Puntajes y valores BMWP/ Col de los puntos analizados	84
CUADRO 11 Rangos DBO para caracterizar el agua	84
TABLA 1 Extensión del municipio de Coello- Tolima	36
TABLA 2 Resultados de encuestas realizadas a familias de Gualanday	61
TABLA 3 Resultados de encuestas realizadas a familias de potrerrillo	64

LISTADOS DE IMÁGENES Y GRAFICAS

IMAGEN 1 Clases de calidad del agua, valores BMWP/Col, significado y coles para representaciones cartográficas	23
IMAGEN 2 Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col	23
IMAGEN 3 Ubicación de las empresas extractoras en el tramo de estudio delimitado	31
IMAGEN 4 Encuesta realizada a 2 sectores afectados por la actividad minera.	40
IMAGEN 5 Lista de chequeo	42
IMAGEN 6 Mapa de la inspección de Gualanday	45
IMAGEN 7 Mapa de Potrerillo	46
IMAGEN 8 Sector bocatoma de Usocoello del Río Coello (Gualanday)	48
IMAGEN 9 Sector las manas	49
IMAGEN 10 Evidencia de las jornadas de encuestas.	54
IMAGEN 11 Evidencia de la toma de muestra sector bocatoma Usocoello (Punto1)	56
IMAGEN 12 Evidencia de la toma de muestra sector las manas (Punto2)	57
IMAGEN 13 Evidencia de la colecta de macroinvertebrados acuáticos sector bocatoma Usocoello (Punto1)	58
IMAGEN 14 Evidencia de la colecta de macroinvertebrados acuáticos sector las manas (Punto2)	58
IMAGEN 15 Evidencia de la ejecución del cheklist	59
IMAGEN 16 Evidencia de la ejecución del cheklist	60
IMAGEN 17 Lista de chequeo diligenciada.	92
GRAFICA 1 Grupo de preguntas sobre residencia y actividades cotidianas en la cercanía al Río Coello (Gualanday)	62
GRAFICA 2 Grupo de preguntas conocimiento de la actividad minera en la zona (Gualanday)	62
GRAFICA 3 Grupo de preguntas sobre influencia de la minería en el desarrollo regional (Gualanday)	63
GRAFICA 4 Grupo de preguntas sobre el futuro de la minería de la zona (Gualanday)	63
GRAFICA 5 Grupo de preguntas sobre residencia y actividades cotidianas en la cercanía al Río Coello (Potrerillo)	65

GRAFICO 6 Grupo de preguntas conocimiento de la actividad minera en la zona (Potrerillo)	65
GRAFICO 7 Grupo de preguntas sobre influencia de la minería en el desarrollo regional (Potrerillo)	66
GRAFICO 8 Grupo de preguntas sobre futuro de la minería en la zona (Potrerillo)	66
GRAFICO 9 Relación entre el valor ICA y el BMWP/Col para el punto 1	74
GRAFICO 10 Relación entre el valor ICA y el BMWP/Col para el punto 2	75

RESUMEN EJECUTIVO

El río Coello es uno de los afluentes de mayor importancia en el desarrollo de las principales actividades económicas del sur del departamento del Tolima; pero, hoy se evidencia su deterioro y detrimento en la calidad del recurso hídrico. La expansión de la frontera agrícola y el incremento de la demanda de material de arrastre para la construcción de importantes proyectos viales en lo ancho y largo del país, ha significado una sobre-explotación del recurso hidrobiológico. En este estudio se estableció en el cauce del río el tramo comprendido entre la bocatoma de Uso - Coello cerca de la población de Gualanday "K 0.0" hasta el sector conocido como las Manas cerca del corregimiento de Chicoral-Espinal "K 10.9"; las afectaciones socioambientales en el tramo fueron evaluadas del mes de enero al mes de abril del año 2016. En la primera etapa del estudio se realizaron las encuestas (251 Familias) de un total de 423, para determinar la afectación social, que han sufrido las poblaciones aledañas por la actividad económica, la segunda etapa fue la implementación de un checklist en uno de los puntos de extracción para identificar falencias en el proceso y como tercera etapa se tomó una muestra de agua al inicio del tramo y una al final, que fueron analizadas en el laboratorio Laserex de la Universidad del Tolima para posteriormente analizar la variación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del cauce del río y establecer el índice de calidad de agua. Además mediante el método BMWP/Col se determinó el tipo y calidad de agua en los dos tramos de estudio.

Palabras Clave: Material de arrastre, Índice de Calidad de agua, Río Coello, BMWP/Col.

INTRODUCCIÓN

“Los ecosistemas acuáticos continentales figuran entre los más productivos de la tierra. Son fuente de diversidad biológica, y aportan el agua y la productividad primaria a las innumerables especies animales que de ellos dependen para su supervivencia.”¹ El documento Cuencas hidrográficas Bases conceptuales afirma que las actividades humanas realizadas sobre los ríos se centran en múltiples propósitos como generación eléctrica, abastecimiento doméstico, minería, transporte, recreación, etc. donde, el aumento de la población y el desarrollo de esta, genera un aumento en la demanda de los recursos hídricos, ocasionando en muchos casos alteraciones en la morfología y fisionomía de los ríos, trayendo consigo cambios en su dinámica geomorfológica e hidrológica; a su vez, generando afectaciones al hábitat, transporte de sedimentos, composición y distribución de la flora y fauna, etc.²

“La cuenca del río Coello está localizada entre los 4°17'08" Norte y los 74°35'36" Oeste en la parte central del departamento del Tolima, flanco derecho de la cordillera Central. La cuenca tiene un área de 189931 ha, una longitud de 111,6 km y su caudal aportado es de 23,2 m³/s. Los afluentes de la cuenca incluyen los ríos Combeima, Gallego, Cócora, Bermellón, Anaime, Toche y Andes con varios arroyos y corrientes menores. El río Coello nace a los 4000 m y desemboca en el río Magdalena a 250 m de altitud, razón por la cual la cuenca presenta una gran diversidad de zonas de vida y diferentes aspectos relacionados con variación de la alteración como agricultura, ganadería, industria y extracción de material de arrastre.”³

Este estudio representa un análisis de la afectación socioambiental generada por la minería de material de arrastre presente en el Río Coello tramo Gualanday - Chicoral. En dos poblaciones cercanas al cauce se evaluó por medio de una encuesta de 10 preguntas las condiciones socioeconómicas y ambientales a 251 familias, referente a la calidad de agua se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos que permitieron establecer el ICA, además de un biomonitoreo empleando el método BMWP/Col. Finalmente se realizó un checklist (lista de

¹ LONDOÑO, Carlos. Cuencas hidrográficas. bases conceptuales – caracterización - planificación-administración. Ibagué: Universidad del Tolima. 2001. P. 40.

² *Ibíd.*, p. 85

³ TOLIMA, COLOMBIA. Corpoica-Cortolima-Sena-UT. Proyecto del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica mayor del río Coello. Fase diagnóstica. 2005, P. 1.

chequeo) para evaluar las condiciones técnico-minera para la extracción del material de arrastre y correlacionar con los cambios morfológicos presentados en el río Coello.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diagnóstico de las condiciones técnico minero ambientales mediante las cuales se adelanta la explotación de materiales pétreos en lecho de río en Colombia, indica que existe una alta demanda de solicitudes para títulos mineros para la extracción de material de arrastre conforme a la dinámica de desarrollo en infraestructura que presenta el país, las autoridades ambientales no cuenta con la documentación técnico-científica para establecer volúmenes de explotación, generando sobre-excavación en el lecho del río intervenido e inclusive sobre los propios límites arbitrarios otorgados por la licencia ambiental, a esto se suma la carencia de maquinaria institucional para la auditoría y control de este tipo de minería en Colombia.⁴

La minería de material pétreo en el tramo de estudio del Río Coello se desarrolla en tres puntos por tres diferentes empresas, donde se remueve el sedimento hallado en el lecho del río. El Consejo de Minerales NSW menciona que la eliminación de cualquier material desde el interior de un canal del río dará lugar a algunos patrones modificados de erosión y deposición que a su vez pueden causar cambios en las características ecológicas de la corriente. La extracción de arena y grava de los canales del río tiene el potencial de afectar la calidad y cantidad de agua tomadas en los acuíferos de llanuras aluviales. La extracción de arena de río y grava a menudo implica la reducción directa de vegetación. Indirectamente, la desestabilización de los bancos por procesos erosión asociados con la extracción de arena y grava, pueden causar caída de árboles en la corriente. Una vez allí, estos pueden desviar el agua hacia los bancos opuestos causando más erosión. Además la construcción de vías de acceso y procesamiento de los sitios asociados con el proceso de extracción de materiales del río puede también implicar la reducción de la vegetación. Las áreas ribereñas “son zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos. Se distinguen por gradientes en las condiciones biofísicas, ecológicas, de procesos y de la biota. Estas son áreas a través de las cuales la hidrología superficial y sub-superficial conecta los cuerpos de agua con sus zonas adyacentes. Esto incluye aquellas porciones de los ecosistemas

⁴ ALFONSO, Mauricio. Diagnóstico de las condiciones técnico minero ambientales mediante las cuales se adelanta la explotación de materiales pétreos en lecho de río en Colombia [presentación de diapositivas]. Colombia: Minminas-Cortolima, 2012. 62 diapositivas. (ALFONSO, 2012)

terrestres que influyen significativamente en el intercambio de materia y energía con los ecosistemas acuáticos (i.e., una zona de influencia). Las zonas ribereñas están adyacentes a corrientes de agua efímera, intermitente y perenne, lagos y líneas costeras estuario-marinas.”⁵ Estas zonas desempeñan unas funciones importantes como son la estabilidad del cauce y la preservación del recurso. La destrucción de estas zonas puede generar cambios desfavorables en las dinámicas del sistema acuático y por ende el ecosistema es aún más vulnerable a los efectos del desarrollo de la minería.

El artículo sobre el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños, menciona que la minería de materiales genera impactos negativos dentro de las dinámicas geométricas e hidráulicas ocasionando un desequilibrio entre los sedimentos transportados y la capacidad de carga de la corriente generando procesos erosivos aguas arriba y aguas abajo, a su vez la calidad del agua se ve afectada por la contaminación de origen físico por sedimentos, aumentando su turbidez⁶. Este aumento, es generado por una mayor carga de transporte de sedimentos en suspensión que según la FAO el alto número de sedimentos en suspensión genera un impedimento en el paso de luz solar en la columna de agua lo que genera un limitante para el crecimiento de las plantas y algas, además, la perturbación de las prácticas de desove de las especies icticas presentes en las aguas afectadas. La elevada turbidez ocasiona un cambio en la hidráulica del lecho del río generando inundaciones por la reducción de la capacidad del flujo de la corriente.⁷

⁵ Güevara, Giovanni. Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. Revista Tumbaga (2008), 3, 109-127. Repositorio UT. P. 112 (Güevara, 2008)

⁶ *Ibid.*, p. 113

⁷ CONTAMINACIÓN PROVOCADA POR LOS SEDIMENTOS. <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s04.htm>

2. JUSTIFICACIÓN

Los ríos según la política nacional para la gestión de los recursos hídricos “son generadores de bienes y servicios que mejoran la calidad de vida de la población que los aprovecha, juegan un valor estratégico dentro de la dinámica del país y su desarrollo económico.”⁸ En Colombia, de los ríos se ha aprovechado el sedimento que arrastra su corriente para la construcción de obras civiles como viviendas y mega obras de interés público general. El diagnóstico de las condiciones técnicas minero ambientales mediante las cuales se adelanta la explotación de materiales pétreos en lecho de río en Colombia indica que esta “actividad desarrollada en Colombia, trae como impactos negativos debido a las tensiones que existen a la hora de aplicar las recomendaciones técnico-mineras como el control y estimación de los volúmenes explotados. Además la extrapolación de información de otras cuencas para sustentar estudios se suma a la problemática de conocer el impacto que hasta ahora ha ocasionado la actividad minería en zonas específicas de explotación”⁹.

El río Coello según CORTOLIMA¹⁰ se encuentran 17 áreas concesionadas para la actividad minera de las cuales se encuentran 3 en el área de estudio del proyecto, las cuales no se tienen información rigurosa de las condiciones específicas técnico ambientales en las cuales se lleva a cabo la extracción de material de arrastre de la cuenca del Río Coello, lo que conlleva a la falta de información sobre los posibles efectos que la minería ha desarrollado sobre las dinámicas ecosistémicas de este importante cauce. Bajo el anterior panorama descrito, este estudio determino mediante encuestas, checklist y análisis de calidad de agua antes y después en dos tramos del cauce intervenido por la actividad extractiva. Con estos parámetros medidos se analizó preliminarmente la influencia de la minería de material de arrastre que ha probablemente generado afectaciones socioambientales en el tramo de estudio.

⁸ COLOMBIA. VICEMINISTERIO DE AMBIENTE, política nacional para la gestión de los recursos hídricos. 2015. P. 72.
⁹ RUBIO. Mauricio. ELABORACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS MINERO AMBIENTALES MEDIANTE LAS CUALES SE ADELANTA LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN LECHO DE RÍO EN COLOMBIA Y LA FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS Y DE NECESIDADES NORMATIVAS ASOCIADAS QUE PERMITAN ADELANTAR ESTA ACTIVIDAD DE MANERA AMBIENTALMENTE RESPONSABLE. PUND (2013). P. 22.
¹⁰ CORTOLIMA. Cuenca del río Coello (2012). 29 diapositivas.

3. OBJETIVO GENERAL

Identificar la afectación socioambiental por la extracción de material de arrastre en el río Coello tramo gualanday-Chicoral, con el propósito de conocer el estado actual del Río (2016)

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Reconocer aspectos socioeconómicos y ambientales (pesca, turismo y conservación) de las comunidades presentes en el área del rio
- ✓ Determinar en dos tramos del cauce las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas con el fin de establecer el ICA
- ✓ Establecer la calidad del agua empleando familias de macroinvertebrados acuáticos acorde al método BMWP/Col
- ✓ Establecer los problemas ambientales presentes en un sitio de extracción directa de material empleando el método Checklist

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO TEÓRICO

Según el concepto 006 de 1996 elaborado por el comité jurídico del SINA, los materiales de arrastre que de acuerdo con el decreto 2191/03 son “tales como arenas, gravas y las piedras yacentes en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales. Los materiales antes mencionados se denominan materiales de construcción, aunque, una vez explotados, no se destinen a esta industria (...)”, y no son recursos renovables. Lo anterior quiere decir que, la explotación de este recurso se debe hacer con la mayor racionalidad acorde con el caso, por lo que se requiere una información técnica de carácter histórico como por ejemplo información hidro-meteorológica y sedimentológica en las cuencas de los ríos intervenidos con la explotación de este recurso finito en el tiempo.

El río Coello es uno de los afluentes más importantes del Sur-Oriente del Tolima que vierte sus aguas al río grande de la Magdalena, este río se inscribe dentro de los planes de desarrollo tanto regional como local, en uno de los mayores motores del desarrollo económico-social. En la actualidad, el río Coello abastece los acueductos municipales en su área de influencia, además, de abastecer los canales del distrito de riego de Uso Coello otorgándole no solo una importancia en el desarrollo económico sino en la sustentación de la vida (alimento y agua potable). Según los datos geológicos del municipio de Coello, el río Coello arrastra los sedimentos más apetecidos por el mercado nacional e internacional debido a sus índices de calidad y rendimiento, esto convierte al río Coello en blanco de solicitudes de licencias ambientales para entrar en operación las empresas extractivas de este recurso; lo cual, han generado en su afán irracional un detrimento del ecosistema que abarca el 7.8% del total del territorio del departamento del Tolima y consigo una disminución de la calidad de vida de las personas que habitan en su cuenca.¹¹

¹¹ Plan departamental de desarrollo del Tolima “unidos por la grandeza del Tolima 2012-2015”

“La extracción de los materiales del lecho puede generar serios impactos ambientales al alterar las condiciones geométricas e hidráulicas del río en el sitio de explotación y originar un desequilibrio entre los sedimentos transportados y la capacidad de transporte de la corriente. Estas alteraciones en las condiciones naturales del cauce genera a su vez procesos de erosión del lecho, tanto hacia aguas arriba como hacia aguas abajo; es decir, genera la incisión o descenso de los niveles del lecho, erosión que puede propagarse grandes distancias. La incisión del cauce puede inducir otros efectos, tales como, inestabilidad y erosión de las orillas, cambios en la morfología del cauce, erosión remontante en los afluentes, descenso del nivel freático en la planicie aluvial cercana al cauce (disminuyendo los niveles de agua en los pozos cercanos), variación en el tamaño de los materiales del lecho y ampliación del cauce. Estos cambios en la morfología del río pueden originar daños en las estructuras existentes en el cauce y sus márgenes. Igualmente las actividades de explotación de materiales de arrastre deterioran la calidad del agua (incrementando la turbiedad, por ejemplo) lo cual afecta a los usuarios aguas abajo y a la fauna y flora acuáticas.”¹²

4.1.1. ÍNDICES EN GENERAL PARA CALIDAD DEL AGUA

“Los índices de calidad son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de diferentes parámetros. Su combinación da una visión más precisa del estado ecológico y el estado del medio biológico.

- ✓ Poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos.
- ✓ Tienen expresión numérica, pueden incluirse en modelos para la toma de decisiones.
- ✓ Entendibles al público, los medios y los usuarios.
- ✓ Poseen menos información que los datos brutos » representan una parte o un aspecto particular del problema.
- ✓ Deben ser tomados con precaución, en forma crítica y actualizados periódicamente”¹³

¹² Ramírez, Carlos et al. Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río. Ingeniería y Competitividad, Volumen 11, No. 2, p. 53 - 61 (2009). P. 54

¹³ REOLON, Luis. Programa de formación iberoamericano en materia de aguas (Presentación). Argentina, 2010. 77 diapositivas.

4.1.2. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

“Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el “ICA”, define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos Índices son llamados de “Usos Específicos”.

14

“El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).”¹⁵

“Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.”¹⁶

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

- **Coliformes Totales y Fecales** (en NMP/100 mL)
- **pH** (en unidades de pH)
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días** (DBO5 en mg/ L)
- **Nitratos** (NO₃ en mg/L)
- **Fosfatos** (PO₄ en mg/L)
- **Temperatura** (en °C) •
- **Turbidez** (en FAU)
- **Sólidos disueltos totales** (en mg/ L)
- **(OD en % saturación)**

¹⁴ <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

¹⁵ Ibid

¹⁶ Ibid

En términos simples, un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua.¹⁷

4.1.3. EI MÉTODO BMWP PARA COLOMBIA (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 requiere invertir. El método solo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativo (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 (Armitage, et al, 1983). La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon), esto es, el puntaje total BMWP dividido entre el número de los taxa, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio. Los valores ASPT van de 0 a 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación.¹⁸

¹⁷ TORRES, Patricia; CRUZ, Camilo; PATIÑO, Paola. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica. En: Revista ingenieras universidad de Medellín (Online). Julio-diciembre de 2009. Citado 20 de enero del 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

¹⁸ Roldan, Gabriel. Colombia: Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, 2003 .P.45

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

IMAGEN 1 Clases de calidad del agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas. **Fuente:** Roldan, Gabriel. *Colombia: Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.2012 .P.49*

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

IMAGEN 2 Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col. **Fuente:** Roldan, Gabriel. *Colombia: Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.2012 .P.46*

4.1.4. METODO CHECKLIST

“El método Checklist, también llamado lista de control, comprende una serie de interrogantes sobre los diversos problemas ambientales que se pueden encontrar. Estas listas se recopilan involucrando a la mayor cantidad posible de expertos, instituciones y poblaciones y deberán concentrarse en aquellos aspectos que serán objeto de estudio. Las listas de control representan una evolución de las listas de preguntas y permite la individualización de actividades y elementos de impacto que pueden influir en el ambiente.”¹⁹

4.2. MARCO CONCEPTUAL

4.2.1. ASPECTO AMBIENTAL

Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.²⁰

4.2.2. BIOMONITOREO

Vigilancia continua de un afluente (o una dilución del mismo) usando organismos vivos, para corroborar la calidad del agua en un cuerpo receptor, sujeto a una descarga residual. A diferencia de los bioensayos, esta prueba se realiza in situ (en el mismo lugar).²¹

4.2.3. CONCESIÓN DE AGUAS

Es el permiso que otorga la autoridad ambiental competente a petición de parte para obtener el derecho de aprovechamiento de aguas públicas.²²

¹⁹ VARGAS, Yáñez. Impacto ambiental y metodologías de análisis. En: Revista Byocyt (Biología, Ciencia y tecnología).(Online), 2008. Disponible en: <http://www.iztacala.unam.mx/biocyt/>.

²⁰ LOUSTAUNAU, Mónica; Aspectos e Impactos Ambientales. (Presentación), 2014.

²¹ Biomonitorio. http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/075-10-2000/diccionarioEcologico_B02.html

²² Concesión de aguas. <http://es.slideshare.net/Danyrodry7/concesion-de-aguas>

4.2.4. COLIFORMES TOTALES

Son las *Enterobacteriaceae* lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos.²³

4.2.5. CUENCA HIDROGRAFICA

Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.²⁴

4.2.6. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5)

Este parámetro mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida (materia orgánica biodegradable). La DBO₅ es la cantidad de oxígeno disuelto que se requiere para la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos transcurridos 5 días.²⁵

4.2.7. EROSION REMONTANTE

Describe el proceso de expansión de una cuenca hidrográfica, relacionado con el progreso gradual hacia la cabecera de la cuenca, mediante la incisión fluvial en la parte alta de los ríos como consecuencia directa de la caída del nivel base por causas climáticas y/o tectónicas²⁶

²³ Coliformes Totales. http://virus.usal.es/Web/demo_fundacua/demo2/FiltraMembColiT_auto.html

²⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1640 (2, Agosto,2012). Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogota, 2012. No. 48.510.

²⁵ DBO₅. http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=31&factor=estado

²⁶ Cuellar-Cárdenas, M.A., López-Isaza, J.A., Carrillo-Lombana, E.J., Ibáñez-Almeida, D.G., Sandoval-Ramírez, J.H., y Osorio-Naranjo, J.A. 2014. Control de la actividad tectónica sobre los procesos de erosión remontante: el caso de la cuenca del río Combeima, Cordillera Central, Colombia. Boletín de Geología, 36(1): 37-56

4.2.8. EXTRACTIVISMO

Básicamente, "Extractivismo" proviene de la extracción. Se elimina un recurso (minerales, petróleo, agricultura, ganadería, silvicultura, etc.) El entorno natural, luego lo vende en el mercado, por lo general internacional. El Estado, a través del cobro de tarifas o el efecto de goteo hacia abajo tiene este modelo a pesar de que no es necesariamente el actor central en la actividad minera. La economía del país está ganando porque el PIB crece gradualmente a medida que los recursos no explotados anteriormente se integran en el proceso económico.²⁷

4.2.9. FOSFATOS

Los fosfatos son un grupo muy complejo de minerales tienen como característica común la presencia del anión (PO₄)³⁻. El fosfato más importante y abundante en rocas comunes, como accesorio, es el apatito (Ca₅(PO₄)₃(OH,F,Cl)).²⁸

4.2.10. IMPACTO AMBIENTAL

Cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad.²⁹

4.2.11. INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

Utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.³⁰

4.2.12. LICENCIA AMBIENTAL

La licencia ambiental, es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con

²⁷ Extractivismo. <http://www.conflictosmineros.net/contenidos/18-internacional/12097-ique-es-extractivismo>

²⁸ Fosfatos. http://www.ehu.es/mineralogiaoptica/Atlas_de_Mineralogia_Optica/Fosfatos/Fosfatos.html

²⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2041 (15, octubre, 2014). por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Bogotá, 2104. 3p.

³⁰ Índice de Calidad de agua (ICA). <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables/o al medio ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de esta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada.³¹

4.2.13. MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS

Macroinvertebrados en un sentido amplio son aquellos invertebrados suficientemente grandes para ser vistos sin necesidad de usar aumentos. Se podrían definir los macroinvertebrados acuáticos como “aquellos organismos invertebrados habitantes, en algún momento de su ciclo vital, de hábitats acuáticos.”³²

4.2.14. MATERIAL DE ARRASTRE

Materiales del arrastre son los materiales pétreos desintegrados en tamaños de gravas y arenas, que se extraen de los lechos de los ríos, quebradas y vegas de inundación. En el reglamento se establecerán las características físicas y químicas de las gravas y arenas aquí mencionadas.³³

4.2.15. NITRATOS

El nitrato es un compuesto inorgánico compuesto por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es NO₃. El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO₂)³⁴

4.2.16. NIVEL FREATICO

Rara vez están los mantos acuíferos saturados hasta la superficie de la tierra; generalmente el agua llega sólo a cierto nivel. La parte superior de la zona saturada

³¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2041 (15, octubre, 2014). por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Bogotá, 2104. 4p.

³² Escudero, Javier. España: Guía de campo Macro-invertebrados de la Cuenca del Ebro, 2009. P. 7.

³³ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Decreto 2655 (23, diciembre, 1988) Por el cual se expide el Código de Minas. Diario Oficial. 1988.no. 38.626. 31p.

³⁴ Nitratos. <http://www.lenntech.es/nitratos.htm#Definici%F3n#ixzz3mb3vURLK>

se llama nivel freático; por encima de él, las partículas de tierra no poseen más que una delgada película de agua y los poros están llenos de aire.³⁵

4.2.17. OXIGENO DISUELTO

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.³⁶

4.2.18. PH

El pH es una medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia. Ésta medida es necesaria porque muchas veces no es suficiente decir que el agua está caliente, o en ocasiones, no es suficiente decir que el jugo de limón es ácido, al saber que su pH es 2.3 nos dice el grado exacto de acidez. Necesitamos ser específicos.³⁷

4.2.19. PLANICIE ALUVIAL

Superficie extensa y llana, integrada por aluviones fluviales.³⁸

4.2.20. RECURSO HIDRICO

Aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y marinas.³⁹

4.2.21. SOLIDOS TOTALES

Grupo de partículas que incluye a los sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables en agua.⁴⁰

³⁵ Nivel Freático. http://mx.selecciones.com/contenido/a2467_que-es-el-nivel-freatico

³⁶ Oxígeno disuelto. http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua

³⁷ GONZALES, Carmen. Monitoreo de la calidad del agua. [Presentación]. Servicio de extensión agrícola, 2011. Diapositiva 2.

³⁸ ABRAHAM, Helena y SALOMON, Mario. Componente Morfoedáfico. (P.34.)

³⁹ COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 3930 (25, octubre, 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, 2010. No. 47837. 5p.

⁴⁰ Sólidos Totales. http://www.peruecologico.com.pe/glosario_s.htm (MarcadorDePosición1)

4.2.22. TEMPERATURA

La temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura).⁴¹

4.2.23. TURBIEDAD

Es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. A mayor intensidad de dispersión de la luz, la turbiedad será mayor.⁴²

4.2.24. USOCOELLO

Es una empresa dedicada al suministro de agua para riego de cultivos, tiene en su haber más de 40.000 hectáreas gracias a la explotación de las aguas de los ríos Cucuana y Coello.

4.2.25. VERTIMIENTO

Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.⁴³

4.2.26. RED SURBER

Se trata de atrapar macroinvertebrados con una red sujeta a un marco metálico, que abierta tiene forma de L, removiendo el fondo del río.⁴⁴

⁴¹ Temperatura. <http://definicion.de/temperatura/>

⁴² CARPIO, Tania. Turbiedad por Nefelometría (Metodo b). IDEAM. 2007. (P.2)

⁴³ COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 3930 (25, octubre, 2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, 2010. No. 47837. 5p.

⁴⁴ Carrera, Carlos y Fierro, Carol. Manual. Ecuador: Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos. 2001. P. 38.

4.2.27. RED DE PATADA

Esta técnica consiste en atrapar macroinvertebrados, removiendo el fondo del río. Se llama 'de patada' porque mientras uno de los miembros de la pareja da 'patadas', removiendo el fondo, la otra coloca la red río abajo para atraparlos.⁴⁵

4.3. MARCO GEOGRAFICO

El río Coello se encuentra en la parte central del departamento del Tolima en el municipio de Coello; éste limita por el norte con el municipio de Piedras, por el oriente río Magdalena (Departamento de Cundinamarca), por el occidente con los municipios de Piedras e Ibagué y por el sur con los municipios de San Luis, Espinal y Flandes.⁴⁶

La zona de estudio comprende una longitud de 10,9 km que comienza desde la siguiente coordenada Latitud: 4°16'45.48"N Longitud: 75° 1'44.43"O y termina en la siguiente: Latitud: 4°13'16.75"N Longitud: 74°58'37.46"O; Entre las poblaciones de Gualanday y Chicoral.

Actualmente el Rio Coello tiene varias licencias ambientales asignadas a diferentes empresas extractoras de material de arrastre solo en el tramo Gualanday-Chicoral como:

1. Licencia Ambiental, resolución No. 3530 del 08 de octubre de 2010, título minero IKR 08001, sector debajo de la bocatoma del distrito de riego de Usocoello concedida al Señor Alberto Sánchez representante de la empresa Agretrans coordenadas N: 4° 16' 36" E: 75° 1' 15".⁴⁷
2. Obciviles S.A., coordenadas N: 04°14'94,3 E: 74°59'58,8" licencia Ambiental, resolución No. 445 del 02 de mayo de 2006, título minero0635-73, sector arriba del puente amarillo que comunica de Coello hacia el corregimiento de Chicoral, vereda Chaguala Afuera, municipio de Coello⁴⁸
3. Comanfer Ltda., antes Gabriel Girón, coordenadas N: 04°15' 35" E: 74° 59' 58", Licencia ambiental resolución No 120 del 14 de febrero del 2007, título

⁴⁵ *Ibíd.*, Carrera.p. 36.

⁴⁶ Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Coello. (P.13)

⁴⁷ Cortolima. Cuenca del río Coello. [Presentación]. Colombia. Cortolima: 2012. Diapositiva 20.

⁴⁸ *ibíd.*, Diapositiva 21.

minero 0635-73, sector abajo del puente amarillo, corregimiento de Chicoral, aguas arriba del sector conocido como las Manas, municipio del Espinal.⁴⁹

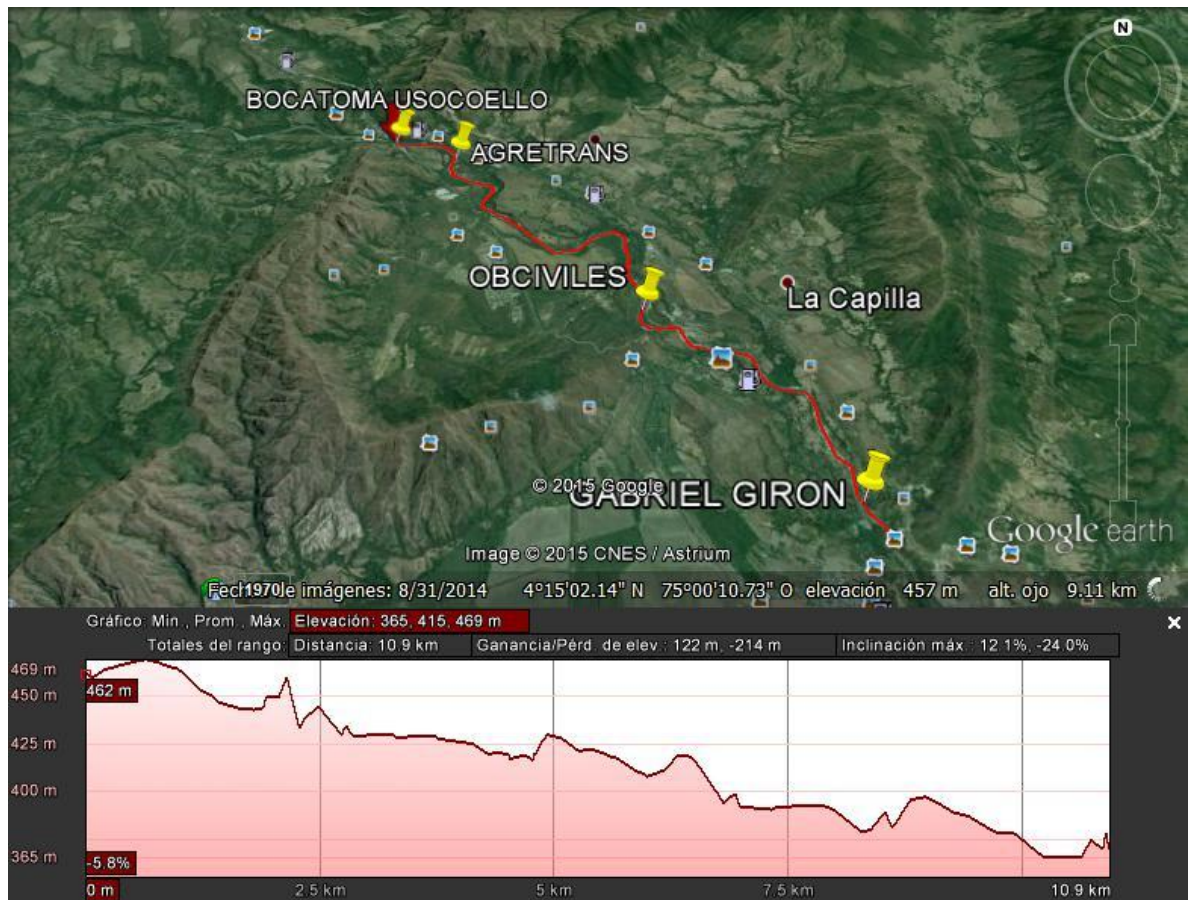


IMAGEN 3 Ubicación de las empresas extractoras en el tramo de estudio delimitado **Fuente:** *Google Earth*

⁴⁹ ibíd., Diapositiva 22.

4.4. MARCO LEGAL

A continuación se puntualiza la normatividad colombiana aplicable a la extracción de materiales de arrastre

NORMATIVIDAD	AMBITO
CONTITUCION POLITICA ARTICULO 8°	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
CONTITUCION POLITICA ARTICULO 49.	Modificado. A.L. 2/09, art. 1°.La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud
CONSTITUCION POLITICA ARTICULO 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.
CONSTITUCION POLITICA ARTICULO 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
Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico	Establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, en un horizonte de 12 años. La Política fue sometida a consideración del Consejo Nacional Ambiental, en sesión número realizada el 14 de diciembre de 2009, en la cual se recomendó su adopción.
LEY 99 DE 1993 (diciembre 22)	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, y se dictan otras disposiciones.
LEY 685 DE 2001 (Agosto 15)	Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones
DECRETO 1729 DE 2002 (agosto 6)	Por el cual se reglamenta la Parte XIII <sic>, Título 2, Capítulo III del Decretoley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral

	12 del artículo 5o. de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones
DECRETO 1640 DE 2012 (Agosto 2)	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 2041 DE 2010	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales
DECRETO 2811 DE 1974 (diciembre 18)	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 1449 de 1977	Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática
Decreto 1541 de 1978	por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973
Decreto 2857 de 1981	Ordenación y protección de cuencas hidrográficas
Decreto 3910 (25 Octubre 2010)	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 111-Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974

	en cuanto a usos del agua y residuos liquidados y se dictan otras disposiciones
RESOLUCIÓN 18-0861	por medio de la cual se adoptan las guías minero ambientales y se establecen otras disposiciones
RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 (22 JUN 2007)	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano
Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para el análisis en laboratorio (2011)	Contiene elementos básicos que deben tener en cuenta los técnicos y operarios de las Personas Prestadoras del servicio de acueducto y las autoridades sanitarias, para el Establecimiento y realización de programas de monitoreo de calidad del agua para consumo humano.

CUADRO 1 Normatividad ajustable al trabajo. **FUENTE** Autores

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS AGROCLIMATOLÓGICAS

La zona del proyecto está ubicada en los municipios de Coello y El Espinal; el municipio de Coello está situado en el centro del Departamento del Tolima, en límites con el Departamento de Cundinamarca; En este municipio se cultiva principalmente mango, arroz, yuca, maíz entre otros debido a las diferentes condiciones climáticas que favorecen este tipo de cultivos (Precipitación promedio 1337.2 mm, Temperatura 27.3°C – 29.1°C, Evapotranspiración anual 2074.3 mm).⁵⁰ Así mismo el municipio del Espinal se localiza en el departamento del Tolima; las coordenadas geográficas lo sitúan a 4° 09' latitud Norte en consecuencia se encuentra situado en la zona ecuatorial, por lo tanto no hay estacionalidad térmica esto conlleva a que la altitud es el factor más importante en la determinación del clima. El Espinal es poseedor de una riqueza agrícola muy grande, en sus amplios terrenos se introducen cultivos muy fértiles como arroz, maíz, ajonjolí, sorgo, algodón, mango, entre otros por sus condiciones climáticas (Precipitación anual 17664 mm, Topografía plana).⁵¹

5.1.1. EXTENSIÓN

ÁREA URBANA	ÁREA RURAL	TOTAL
0,39 Km ²	339.61 Km ²	340 Km ²

52

TABLA 1 Extensión del municipio de Coello- Tolima

⁵⁰ Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Coello. (P.88)

⁵¹ Plan de desarrollo municipal del Espinal

⁵² Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Coello. (P.13)

5.2. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

✓ UNIVERSO

Familias afectadas por la extracción de material de arrastre

✓ POBLACIÓN

Familias de gualanday y potrerillo, sectores de mayor contacto con las empresas extractoras de material en el Río Coello. También fueron evaluadas las poblaciones que hacen parte de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del cauce.

RÍO COELLO

“El Río Coello presenta vital importancia en el desarrollo del departamento del Tolima. Dentro de su cuenca se encuentran localizadas las fuentes abastecedoras de los cascos urbanos de los municipios de Cajamarca (Quebradas Chorros Blancos y Dos Quebradas), Ibagué (Río Combeima y quebrada Cay), El Espinal (Río Coello), Flandes y de otros centros habitacionales de menor densidad poblacional. Igualmente, dentro del área de su Cuenca Mayor se ubica el Distrito de Riego del Río Coello, localizado en la zona central del Departamento del Tolima y abarca una extensión de 71900 hectáreas, de las cuales las aguas del proyecto irrigan 48000 hectáreas, que pertenecen a los municipios de El Espinal, Coello y Flandes, y además son utilizadas para generar energía eléctrica en la planta de La Ventana, con capacidad instalada de 80 MWh.”⁵³

✓ MUESTRA

Se encuestaron 251 familias sobre la percepción que tienen sobre la problemática del Río Coello y la afectación que esta les ha provocado. Dos estaciones de muestreo para la toma de muestras de agua para su posterior análisis físicoquímicos y microbiológicos al inicio y al final del tramo; Además de estos

⁵³ Proyecto plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica mayor del Río Prado.p97. Disponible en:http://www.cortolima.gov.co/2006/images/stories/centro_documentos/coello/D_2_3_HIDROLOGIA_SU_PERFICIAL.pdf

parámetros se realizó la colecta de macroinvertebrados acuáticos en tramos de 10 m2 con el fin de obtener la valoración BMWP/Col.

5.3. TÉCNICAS O INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

- ✓ Encuestas dirigidas
- ✓ Análisis Físicoquímicos y Microbiológico
- ✓ Biomonitorio método BMWP/Col (inventario de familias, grupos colectados con red de patada, red Surber y manualmente)
- ✓ Método Checklist

5.3.1. ANÁLISIS SOCIOECONOMICO Y AMBIENTAL (ENCUESTAS)

La recolección de datos para la Identificación de la afectación socioambiental por la extracción de material de arrastre, se hizo a través de la ejecución de una encuesta dirigida, que consta de 10 preguntas con relación a la problemática socioeconómica y ambiental de las familias de 2 sectores (Gualanday - Potrerillo) que están afectados por la actividad económica en mención; para un total de 251 familias encuestadas.

Se realizaron hojas de cálculo en Excel para la tabular y obtener porcentajes exactos de los resultados colocados en gráficos circulares.



**AFECTACIONES SOCIOAMBIENTALES POR LA EXTRACCIÓN DE
MATERIAL DE ARRASTRE EN EL RIO COELLO TRAMO GUALANDAY-
CHICORAL 2016**

Edad: _____ genero: Femenino Masculino Estrato: _____
Sector: _____

1. ¿Qué tiempo lleva viviendo en la rivera del Río Coello?

De 0-5 años _____

De 5-10 años _____

De 10-20 años _____

Más de 20 años _____

2. ¿Sabe en qué consiste la minería de material de arrastre?

Sí No

3. ¿En el tiempo que lleva viviendo en el sector ha observado cambio en el paisaje?

Sí No

¿Cuáles? _____

4. ¿Se ha visto afectado por los cambios observados?

Sí No

5. ¿Desarrollaba actividades que ahora no puede desarrollar?

Sí No

¿Cual? _____

6. ¿Se ha visto beneficiado por la actividad minera?

Sí No

7. ¿Recibe beneficios directos del Río en la actualidad?

Sí No

8. ¿Ha sido participe de alguna socialización referente a la explotación minera en el área?

Sí No

9. ¿Considera que la minería a traído desarrollo al sector?

Sí No

10. ¿Considera que la minería debe seguir desarrollándose en el sector?

Sí No

IMAGEN 4 Encuesta realizada a 2 sectores afectados por la actividad minera.

Fuente: *Autores*

5.3.2. ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICO

En la realización de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se emplearon envases plásticos de aproximadamente 1 L para los análisis fisicoquímicos y envases de vidrio esterilizados para la toma de la muestra para análisis microbiológico; los 4 envases fueron rotulados de acuerdo al punto de muestra y análisis a realizar. Con la guía e indicaciones proporcionadas por el laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima (Ibagué) se tomaron las muestras de agua.

5.3.3. PROCESO DE BIOINDICACION MÉTODO BMWP

Para la caracterización del agua en términos biológicos se realizaron los respectivos biomonitoreos “The biological monitoring working party (BMWP)” según lo determinado por Roldan (2003), que establece un índice biológico para determinar la calidad del agua de acuerdo a las familias de macroinvertebrados presentes en la fuente hídrica, conforme el grado de tolerancia que estas tengan a la contaminación o alteración del ambiente que habitan. El Biomonitoreo se realizó empleando diferentes técnicas de colecta (Manual, Red Surber, Red de patada), observación y registro fotográfico de las actividades, para su posterior identificación.

5.3.4. METODO CHECKLIST

Para la determinación de las condiciones técnico-mineras de extracción de material de arrastre se utilizó un checklist (lista de chequeo) para uno de los puntos de extracción de una de las empresas que operan en el área del presente estudio, el método a inspeccionar es el de Tajo lineal lateral para extracción de material de arrastre mecanizada en el espejo de agua por ende se determinó los puntos como:

- Ocupación del cauce
- Dragado
- Zona de extracción
- Maquinaria de extracción y cargue
- Abastecimiento de combustibles para la maquinaria

Para esto se discutirá sobre las afectaciones presentes en la morfología del río Coello y su relación con la técnica de extracción desarrollada por las empresas de la zona.

LISTA DE CHEQUEO:

CONTROL DE TECNICA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE RIO COELLO

Ítem/s inspeccionado/s: Tajo lineal lateral para extracción de material de arrastre mecanizada en el cauce intervenido del río Coello.	Fecha:
Puntos chequeados: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>	Inspector:

1. OCUPACIÓN DEL CAUCE

¿Existen taludes y frentes de avance en el espejo de agua?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿La maquinaria está ocupando el cauce del río?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

2. DRAGADO

¿Está Separado por cuadrículas el cauce, desde aguas abajo hacia aguas arriba?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Las piscinas de recolección están suficientemente retiradas de la orilla del río?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿La maquinaria de dragado es la correcta (retroexcavadoras de largo alcance)?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

3. ZONA DE EXTRACCIÓN

¿Existe deforestación para la ampliación de la riberia del cauce?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Existen zonas deforestadas para acceder a la zona de extracción?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

4. MAQUINARIA DE EXTRACCIÓN Y CARGUE

¿Hay operación de retroexcavadoras de tamaño de balde de 0.8 m ³ y 1.0 m ³ ?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Hay presencia de un número mayor de 3 volquetas (6 m ³) en el área de extracción?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/P

5. ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES PARA LA MAQUINARIA

¿La maquinaria se abastece de combustibles en la zona de extracción?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Se cuenta con las medidas de seguridad en caso de derrames de combustibles?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

Observaciones

NOTA: N/A = No aplicable. N/P = No presenciado

IMAGEN 5 Lista de chequeo Fuente: *Autores*

5.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

5.4.1. ANÁLISIS FISCOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

El análisis de las muestras para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Cuadro 3) se realizaron en el laboratorio de la Universidad del Tolima LASEREX ubicado en Ibagué. Se analizaron 8 parámetros fisicoquímicos y 1 microbiológico, para la obtención del ICA (Índice de Calidad del Agua) en cada uno de los 2 tramos muestreados. Para lo anterior se analizaron los siguientes nueve parámetros: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), oxígeno disuelto, pH, temperatura, fosfatos, Turbidez, Nitratos, Solidos totales y Coliformes fecales. Empleando la página web <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>, se introdujeron los nueve resultados obtenidos de laboratorio por muestra, y se calculó en la plataforma web el índice de calidad de agua (ICA) de cada tramo; estableciendo así la calidad del agua en dos puntos del Río Coello.

PARÁMETROS	METODO ANALITICO
POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	Potenciométrico/pHMétrico
TEMPERATURA	Termométrico
TURBIDEZ	Espectrofotométrico/UV -Vis
OXIGENO DISUELTO (OD)	Potenciométrico/oximétrico
SOLIDOS TOTALES	Gravimétrico/Evaporación
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)	Winkler 5 días
NITRATOS	Espectrofotométrico/UV
FOSFATOS	Espectrofotométrico/vis
COLIFORMES FECALES	Filtración por membrana

CUADRO 2 Parámetros y métodos analíticos utilizados.

FUENTE: *Autores*

5.4.2. ANALISIS BIOINDICACION (MACROINVERTEBRADOS)

El proceso de Bioindicación utilizando macroinvertebrados acuáticos en los dos puntos se desarrolló siguiendo un protocolo de colecta, registro fotográfico y observación en estereoscopio para la identificación de las familias. Ya identificadas las familias, se comparó la puntuación con los valores correspondientes al BMWP/Col, de las familias de cada tramo del río y se determinó la clase de calidad de agua de acuerdo a los valores del BMWP/Col según (Roldan, 2003).

5.5. ÁREA DE ESTUDIO

5.5.1. ANALISIS SOCIOAMBIENTAL

En el área de estudio se identificaron dos asentamientos poblacionales de suma importancia en número de familias para evaluar la perspectiva socio-ambiental, comprenden la inspección de policía de Gualanday y potrerrillo, del municipio de Coello



IMAGEN 6 Mapa de la inspección de Gualanday **Fuente:** *Google maps*



IMAGEN 7 Mapa de Potrerillo. Fuente: *Google maps*

5.5.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

Se realizaron 2 muestras de agua, una al inicio del tramo de estudio sector de la bocatoma de Usocoello y una al final del mismo en el sector las manas del Río Coello para el análisis fisicoquímico y microbiológico. El muestreo se hizo el 1-Abril-2016 en temporada seca.

Nombre	Tramo	Coordenadas	Altura (MSNM)
Río Coello	Bocatoma Usocoello	N 4° 16' 48.3 " W 75° 01' 42.1"	459
Río Coello	Las Manas	N 4° 13' 20.4" W 74° 58' 38.3"	415

CUADRO 4 Coordenadas y altura de los puntos muestreados para análisis fisicoquímico y microbiológico. **FUENTE:** *Autores*



IMAGEN 8 Sector bocatoma de Usocoello del Río Coello (Gualanday)
Fuente: *Autores*



IMAGEN 9 Sector las manas **Fuente:** *Autores*

5.5.3. BIOINDICACION

El biomonitoreo al igual que los análisis de agua fueron realizados al inicio y al final del área de explotación con diferentes técnicas de macroinvertebrados (red Surber, red de patada y manual) además los ejemplares fueron fotografiados en campo y en el laboratorio para su posterior determinación taxonómica empleando las claves de (Roldan, 2003.)

NOMBRE	SECTOR - TRAMO	COORDENADAS	ALTURA (MSNM)
Rio Coello	Bocatoma Usocoello	N 4° 16' 48.3 " W 75° 01' 42.1"	459
Rio Coello	Las manas	N 4° 13' 20.4" W 74° 58' 38.3"	415

CUADRO 5 Coordenadas y altura de los puntos muestreados para bioindicación **FUENTE:** *Autores*

5.6. METODOLOGÍA

5.6.1. PROCESO SOCIO AMBIENTAL (ENCUESTAS)

Se desarrolló una encuesta que consta de 10 preguntas enfocadas en el tiempo de residencia y actividades cotidianas cerca al río Coello, el conocimiento sobre las operaciones mineras a gran escala que se llevan a cabo sobre este, la influencia que ha tenido la minería en desarrollo de la región y la continuidad de esta actividad sobre el río a futuro. Esto, con el fin de conocer la perspectiva social que tiene la comunidad del área de influencia del estudio frente al desarrollo de las actividades presentes y futuras de la extracción de materiales de arrastre.

N° DE PREGUNTA	TEMA	IMPORTANCIA
1 3 4 5 7	Residencia y actividades cotidianas en la cercanía al río Coello	En este tema se evalúa el tiempo en que la comunidad lleva viviendo cerca al río Coello, las afectaciones divisadas sobre la margen de este y los posibles cambios en las actividades cotidianas; esto, nos da un acercamiento sobre el desarrollo histórico que ha tenido la minería en el área de influencia del estudio y las consecuencias que esta ha traído consigo.
2 8	Conocimiento de la actividad minera en la zona	Esto nos acerca a identificar el grado de conocimiento que poseen las familias sobre la minería de material de arrastre y una posible correlación sobre los impactos que la misma comunidad observa y denuncia.
6 9	Influencia de la minería en el desarrollo regional	A través de estas preguntas se conoce el impacto que ha tenido en la economía de la región en temas de empleo e inversión social que las empresas mineras deben hacer como parte de su responsabilidad social empresarial
10	Futuro de la minería en la zona	Nos acercamos a la demanda que hace la población sobre si la minería debe seguir como una actividad económica común en la región o si por el contrario debe de cesar y ser erradicada por completo bajo las premisas de conservación del recurso o desarrollo económico.

CUADRO 6 Objetivo e importancia de las preguntas formuladas.

FUENTE: *Autores*

A través de la fórmula N.1 se determinó la cantidad mínima de encuestas para aplicar a la población que se determinó teniendo en cuenta los mayores asentamientos urbano-rurales cerca al área de influencia del estudio y los datos del último censo del municipio de Coello más específicamente a las inspecciones de policía de Gualanday y Potrerillo, como resultado de la aplicación de la fórmula N.1 se deben aplicar un mínimo de 251 encuestas que se dividieron a razón del número de familias de cada asentamiento. Por medio de una carta dirigida al presidente de la junta de acción comunal de cada sitio se informó de la intención de llevar a cabo la actividad y de la importancia que tiene esta para el desarrollo de la investigación sobre el río Coello y su nivel de detrimento por la minería de material de arrastre, también se le informa al cuerpo de policía, el cual nos prestó el transporte y acompañamiento de algunos uniformados. La encuesta se realizó durante tres días del mes de abril del 2016 por medio de recorridos por los asentamientos de puerta en puerta encuestando cada familia.

Determinación tamaño mínimo de la muestra.

GUALANDAY

$$n = \frac{N Z^2 pq}{(N-1)e^2 + Z^2 pq}$$

$$n = \frac{336 * 1,96^2 * 0,25}{(336 - 1)0,05^2 + 1,96^2 * 0,25}$$

$$n = \frac{322.6944}{(335)0.0025 + 3.8416 * 0.25}$$

$$n = \frac{322.6944}{0.8375 + 0.9604}$$

$$n = 180$$

POTRERILLO

$$n = \frac{N Z^2 pq}{(N - 1)e^2 + z^2 pq}$$

$$n = \frac{87 * 1,96^2 * 0,25}{(87 - 1)0,05^2 + 1,96^2 * 0,25}$$

$$n = \frac{83.5548}{(86)0.0025 + 3.8416 * 0.25}$$

$$n = \frac{83.5548}{0.215 + 0.9604}$$

$$n = 71$$

En donde **p*q** corresponde a la probabilidad de acierto y fracaso

e: corresponde al error estimado

z: es igual a 1,96 que corresponde a una confianza del 95%

n: es el número de personas encuestadas

En donde **p*q** corresponde a la probabilidad de acierto y fracaso

e: corresponde al error estimado

z: es igual a 1,96 que corresponde a una confianza del 95%

n: es el número de personas encuestadas

Número total de encuestas: 180 + 71 = 251



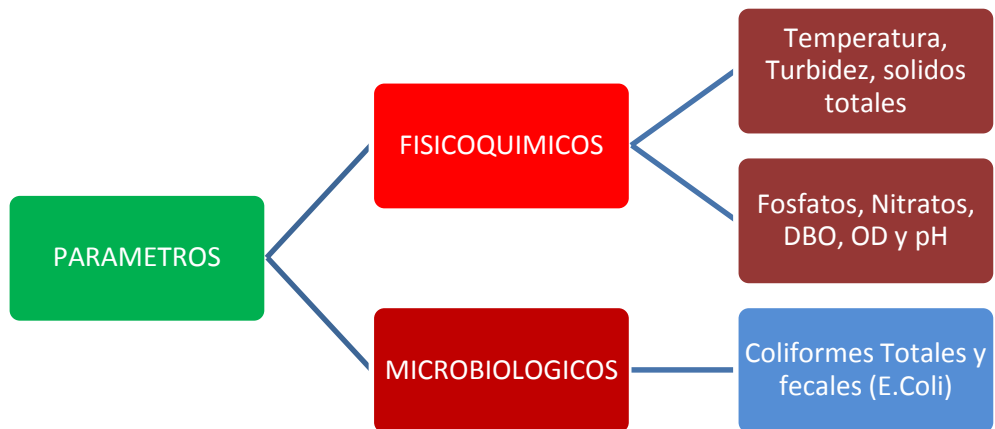
IMAGEN 10 Evidencia de las jornadas de encuestas. **Fuente:** *Autores*

5.6.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

Para el análisis físicoquímico y microbiológico se tomaron dos tramos del cauce del río (al inicio: bocatoma Usocoello y al final: sector las Manas), posteriormente en cada uno se realiza una muestra superficial de agua; siguiendo las indicaciones de muestreo del laboratorio Laserex de la Universidad del Tolima, se colectaron en total cuatro muestras, dos para el análisis físicoquímico en frascos de material plástico con capacidad de un 1L y otras dos para el análisis microbiológico en frasco de material de vidrio completamente esterilizado con capacidad de 300 ml. Los cuatro frascos fueron entregados personalmente por funcionarios del laboratorio Laserex.

Teniendo en cuenta los protocolos de muestreo, se tomaron las muestras para los análisis a una profundidad no menor a 10cm y abriendo cada uno de los frascos por debajo de la superficie del agua para evitar posibles distorsiones en los análisis por agentes ambientales externos. Posteriormente, recolectadas las muestras y bien sellados los recipientes que las contienen se confinaron en una nevera de icopor con hielo y fueron llevadas de inmediato a las instalaciones del laboratorio Laserex de la UT para su análisis.

Una vez entregado por el laboratorio los resultados del análisis físicoquímico y microbiológico, se procedió a determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) de cada punto muestreado por medio de la herramienta en línea: <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>



CUADRO 7 Parámetros analizados. **FUENTE:** Autores



IMAGEN 11 Evidencia de la toma de muestra sector bocatoma Usocoello (Punto1) **Fuente:** Autores



IMAGEN 12 Evidencia de la toma de muestra sector las manas (Punto2)
Fuente: *Autores*

5.6.3. PROCESO DE BIOINDICACION (ÍNDICE BMWP/COL)

Se escogieron los mismos puntos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, el tramo de estudio (bocatoma Usocoello) y tramo (sector las Manas) para los procedimientos de biomonitoreo, los dos tramos con una extensión de 10 m². Entre las técnicas empleadas para la recolección de los macroinvertebrados está la red Surber, red de patada y manual, a través de una agitación del sustrato o la vegetación del fondo frente a la posición de las redes se lograron remover los macroinvertebrados y por la fuerza de la corriente de agua quedan atrapados entre las distintas mallas de los diferentes técnicas empleadas. Debido, a la temporada intensa de sequía que se presentó en el primer cuatrimestre del 2016 la técnica más eficaz para la colecta fue la red Surber, gracias a su practicidad para pocas profundidades en los puntos de colecta. El protocolo realizado una vez la captura in-situ de los macroinvertebrados, se ubicaron en recipientes plásticos con alcohol para su conservación a través del tiempo, posteriormente se procedió a la

identificación en laboratorio gracias a la utilización de estereoscopios hasta el taxón de familia empleando material bibliográfico principalmente proveniente de Roldan (1992, 2003) y Zamora (1998) para obtener los valores del índice BMWP/Col.



IMAGEN 13 Evidencia de la colecta de macroinvertebrados acuáticos sector bocatoma Usocoello (Punto1) **Fuente:** Autores



IMAGEN 14 Evidencia de la colecta de macroinvertebrados acuáticos sector las manas (Punto2) **Fuente:** Autores

5.6.4. PROCESO CHECKLIST

Para este procedimiento se escogió una de las tres grandes empresas de minería de material de arrastre que hacen presencia en el tramo de influencia del presente estudio, para hacer en uno de sus puntos de extracción una lista de chequeo que comprende en inspeccionar una serie de parámetros a cumplir para que las condiciones técnico-mineras de extracción del material sean las más idóneas y causen el menor impacto ambiental y más específicamente evitar cambios negativos que alteren la Geomorfología del río. Los inspectores fueron los autores del presente estudio apoyados de guías metodológicas de extracción contenidas en las licencias ambientales otorgadas por Cortolima en la zona.



IMAGEN 15 Evidencia de la ejecución del checklist **Fuente:** Autores



IMAGEN 16 Evidencia de la ejecución del checklist **Fuente:** *Autores*

6. RESULTADOS Y DISCUSION

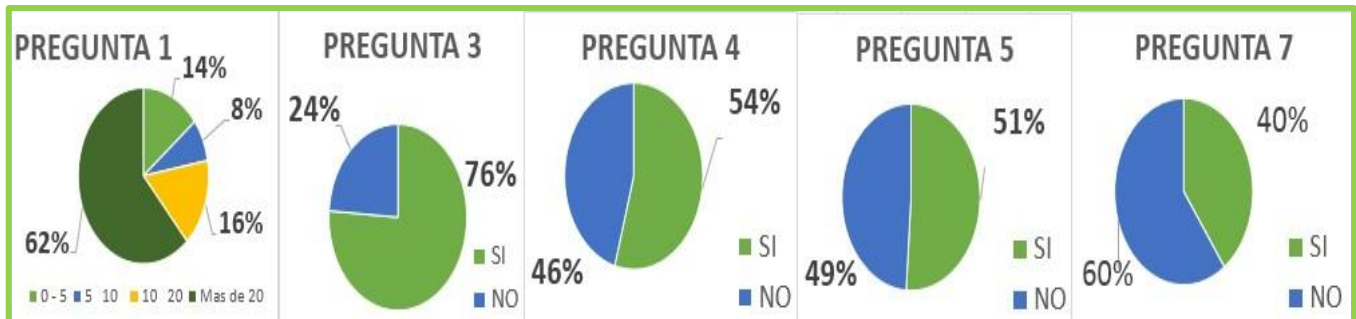
6.1. ANALISIS SOCIOAMBIENTAL (ENCUESTAS)

6.1.1. GUALANDAY

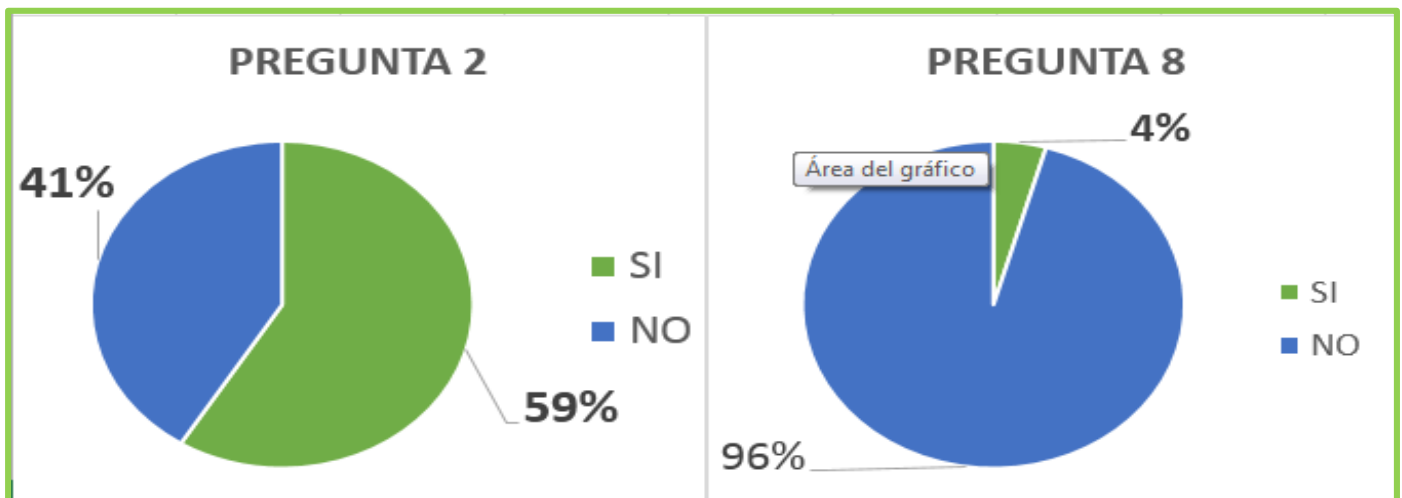
N° PREGUNTA		SI	%	NO	%
1	0 – 5 AÑOS		26		14.44
	5 -10 AÑOS		14		7.78
	10 – 20 AÑOS		29		16.11
	MAS DE 20 AÑOS		111		61.67
2		106	58.89	74	41.11
3		137	76.12	43	23.88
4		98	54.45	82	45.55
5		92	51.12	88	48.88
6		112	62.23	68	37.77
7		72	40	108	60
8		8	4.45	172	95.55
9		5	2.78	175	97.22
10		3	1.67	177	98.33

TABLA 2 Resultados de encuestas realizadas a familias de Gualanday
FUENTE: Autores

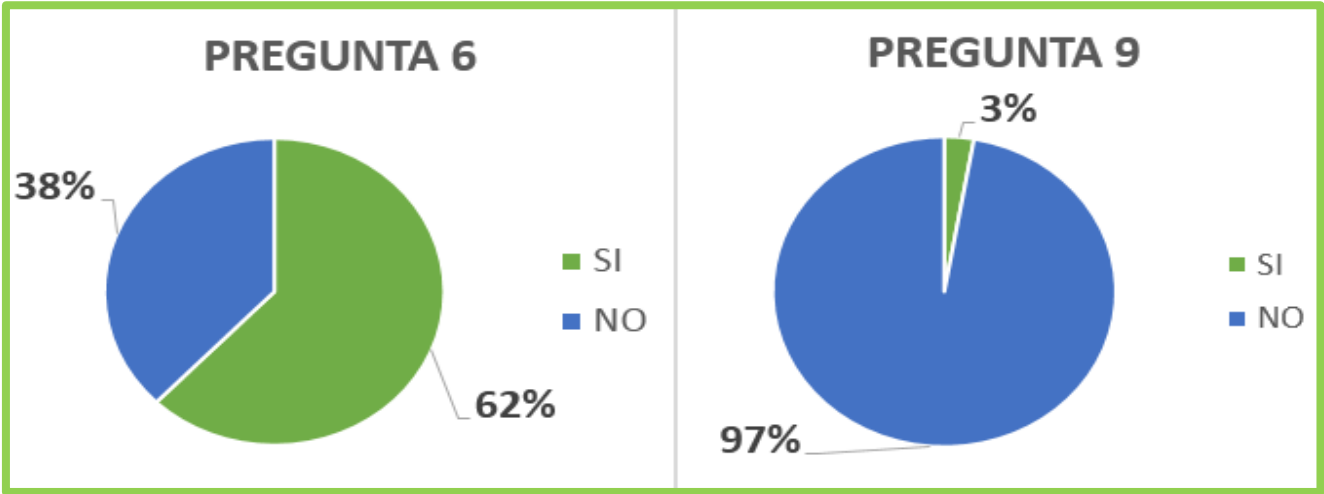
GRAFICA 1 Grupo de preguntas sobre residencia y actividades cotidianas en la cercanía al río Coello (Gualanday). **FUENTE:** Autores



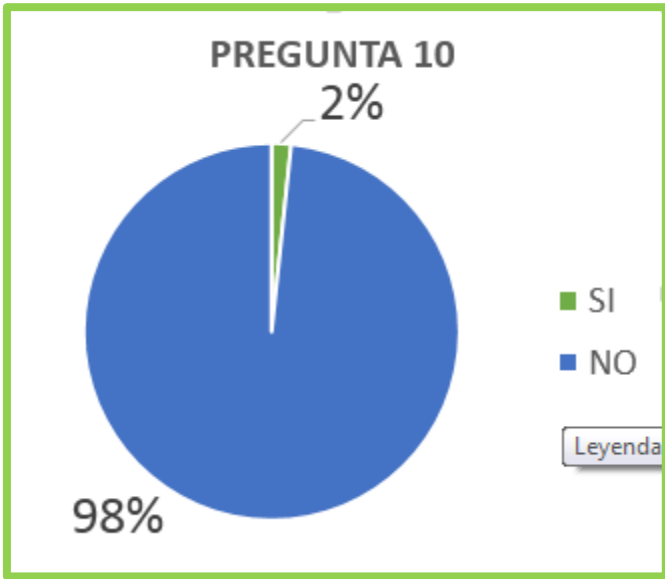
GRAFICA 2 Grupo de preguntas conocimiento de la actividad minera en la zona (Gualanday). **FUENTE:** Autores



GRAFICA 3 Grupo de preguntas sobre influencia de la minería en el desarrollo regional (Gualanday) **FUENTE:** Autores



GRAFICA 4 Grupo de preguntas sobre el futuro de la minería en la zona (Gualanday) **FUENTE:** Autores

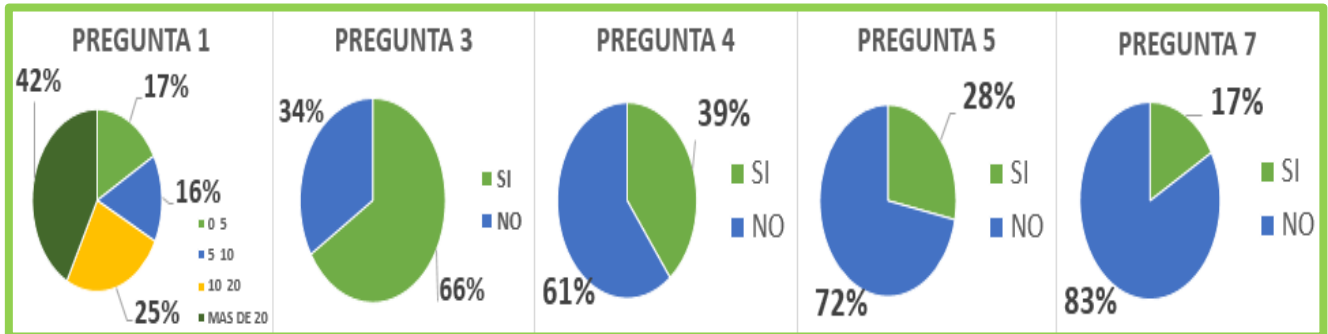


6.1.2. POTRERILLO

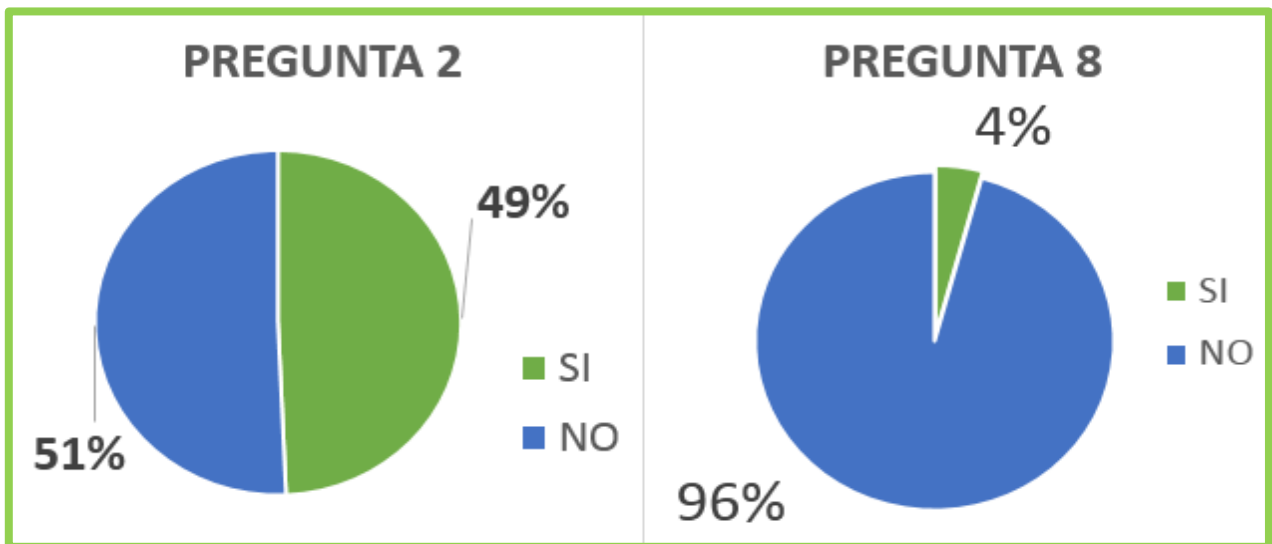
N° PREGUNTA		SI	%	NO	%
1	0 – 5 AÑOS		12		16.90
	5 -10 AÑOS		11		15.50
	10 – 20 AÑOS		18		25.40
	MAS DE 20 AÑOS		30		42.20
2		35	49.3	36	50.70
3		47	66.20	24	33.80
4		28	39.44	43	60.56
5		20	28.17	51	71.83
6		7	9.86	64	90.14
7		12	16.90	59	83.10
8		3	4.23	68	95.77
9		1	1.40	70	98.60
10		3	4.23	68	95.77

TABLA 3 Resultados de encuestas realizadas a familias de Potrerillo. **FUENTE:**
Autores

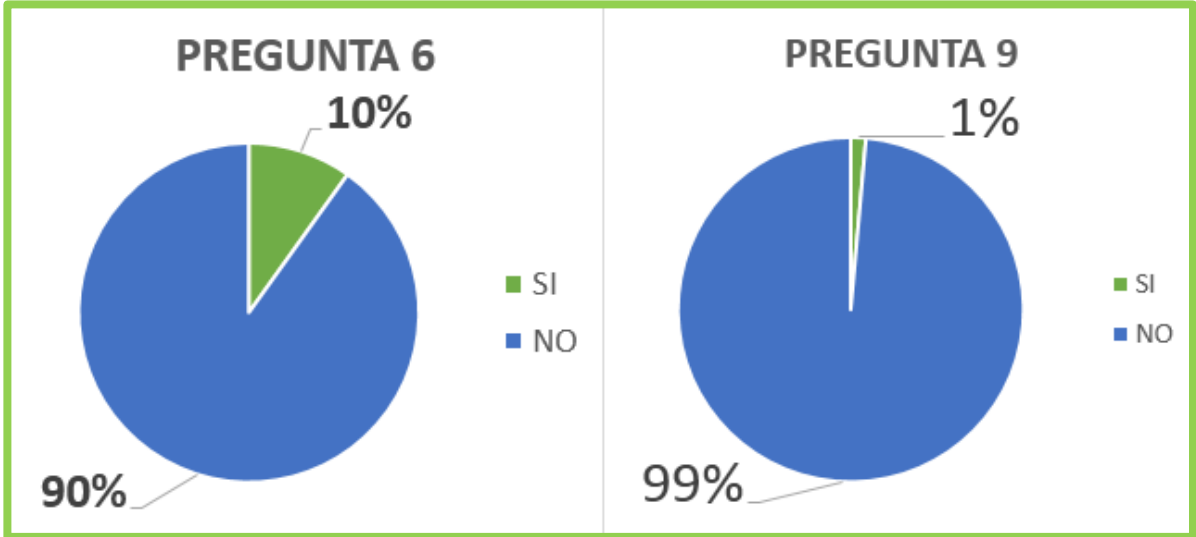
GRAFICA 5 Grupo de preguntas sobre residencia y actividades cotidianas en la cercanía al río Coello (Potrerillo) **FUENTE:** Autores



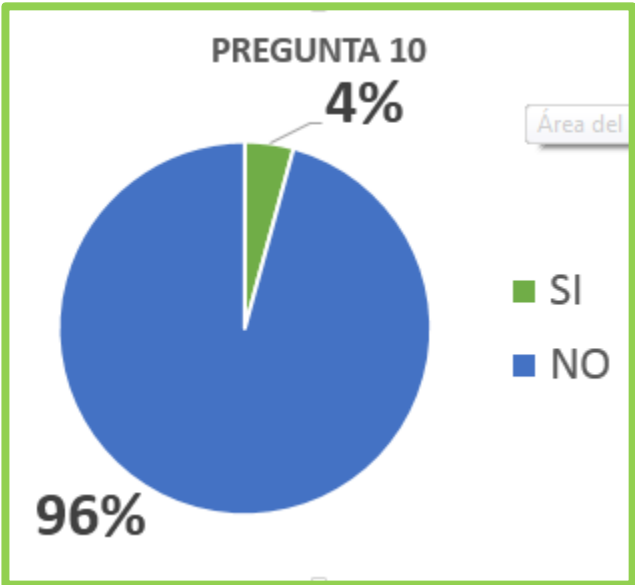
GRAFICA 6 Grupo de preguntas conocimiento de la actividad minera en la zona (Potrerillo) **FUENTE:** Autores



GRAFICA 7 Grupo de preguntas sobre influencia de la minería en el desarrollo regional (potrerillo) **FUENTE:** Autores



GRAFICA 8 Grupo de preguntas sobre futuro de la minería en la zona (Potrerillo) **FUENTE:** Autores



En el primer grupo de preguntas sobre residencia y actividades cotidianas en la cercanía al Río Coello, evidenciamos a través del análisis de las gráficas que en promedio el 52% de las familias encuestadas llevan más de 20 años de vivir cerca al río y entre 10 – 20 años el 20.5%, lo cual es una razón de peso de la población para opinar sobre la actividad minera que se desarrolla en su región. En promedio el 71% de las familias expreso en la pregunta 3 que han observado cambios significativos en el paisaje de la región, dentro de estos cambios la población manifestó que años atrás en la región había mayor cobertura vegetal, el Río Coello transportaba un mayor caudal, los arboles eran más verdes y tenían un suelo más húmedo; en el panorama actual se ha observado una degradación de los recursos en los últimos años por la actividad minera que se desarrolla en la zona, esto debido a que su implementación necesita de remoción de la cobertura vegetal para realizar vías, intervención directa sobre la geomorfología del río para la extracción de materiales y por supuesto el tránsito de maquinaria pesada constantemente, el porcentaje de familias que respondió no ver cambios significativos en el paisaje, se le atribuye a familias que su economía no está ligada al Río y desarrollan actividades recreativas en otros lugares del país por lo cual no visitan la ribera del Río Coello. De los cambios mencionados anteriormente, un 46.5% en promedio de las familias encuestadas manifestaron en la pregunta 4 estar afectados por estos cambios; evidenciándose que un 39.5 % de estas familias respondieron que en la actualidad no realizan actividades que años atrás a la llegada de las empresas extractoras si realizaban, dentro de estas actividades las familias en su mayoría nombro la pesca; lo anterior se le atribuye a que la afectación geomorfológica que ha sufrido el río por la actividad minera, ha generado una oposición a las comunidades hidrobiológicas para completar su ciclo de reproducción y por otro lado la alteración de la calidad del agua también ha influido, por la alta turbidez que maneja en la actualidad el Río Coello, generando una disminución de estas comunidades; la recreación fue otra actividad que las familias expresaron no realizar en la actualidad, debido al bajo caudal que presenta el Río, el 60.5% restante que respondió que sus actividades no se han visto afectadas se le atribuye a que son familias que su eje

central económico está ligado a una empresa petrolera de la zona o por otro lado viven del comercio a orilla de la carretera panamericana, con negocios como restaurantes, hoteles, venta de quesillos, achiras, manjares, salpicón entre otros tantos productos. Para culminar con este grupo de preguntas el 61.5% de las familias encuestadas respondió en la pregunta 7, que no reciben en la actualidad un beneficio directo del Río como alimento, trabajo o turismo debido a la degradación que este ha sufrido. El 38.5 % restante manifestó si recibir algún tipo de beneficio del Río Coello, se le atribuye a las pocas familias que tienen mineros artesanales en su núcleo familiar que subsisten a diario del cargue de volquetas y venta de materiales, a las familias que están ligadas laboralmente a alguna de las empresas extractoras y a un porcentaje mucho menor se asume que algunas familias aun pescan.

Se ha documentado con relación al efecto de la extracción de materiales en ríos y otros ecosistemas acuáticos, El Instituto de Recursos Hídricos de Oregón (1995) menciona que la hidráulica del Canal, el transporte de sedimentos y morfología están directamente afectados por las actividades humanas como la minería de grava y el control de erosión de las orillas. Los efectos directos son la reestructuración de las orillas, ya sea mediante la eliminación o la adición de materiales. Los efectos posteriores son de alterar el sistema hidráulico de flujo. Esto puede conducir a cambios en los patrones de caudal y los patrones de transporte de sedimentos. Efectos locales también conducen a aguas arriba y efectos aguas abajo.⁵⁴

En el segundo grupo de preguntas sobre el conocimiento de la actividad minera en la zona, para identificar el grado de conocimiento que poseen las familias sobre la actividad minera que se desarrolla en la zona; el 54% de las familias en promedio respondió en la pregunta 2 que si conocen en que consiste la minería de material de arrastre, esto se le atribuye a que la comunidad ha tenido en algún momento de

⁵⁴ Hogath, William. EEUU: Final National Marine Fisheries Service /NMFS) National Gravel Extraction Guidance, 2005.

su vida algún contacto con esta actividad, debido a que años atrás esta actividad económica se desarrollaba de manera artesanal en mayor proporción que en la actualidad, también se le atribuye a las familias que están relacionadas con las empresas extractoras de material, a familias que conocen el daño que esta actividad está generando en la zona y familias con mineros artesanales. En la pregunta 8 en promedio el 96% las familias encuestadas respondió que no habían sido participes de alguna socialización referente a la explotación minera en la zona, lo cual refleja el bajo compromiso que tienen las empresas extractoras de la zona con la comunidad y que de alguna u otra manera saben que la población no está conforme con esta actividad en la zona, al no ver inversión social por parte de las empresas en la zona ni una recuperación, compensación o mitigación a la afectación ambiental que se está generando; por lo anterior se le atribuye que las empresas saben que pueden ser rechazadas por la comunidad y por ende no socializan sus proyectos.

Para el grupo 3 de preguntas sobre la influencia de la minería en el desarrollo de la región, que busca conocer el impacto sobre la economía de la zona por la actividad minera, en la pregunta 6 el 64% de las familias en promedio respondió que no se han visto beneficiadas por la actividad minera, esto se le atribuye a que el proceso minero de materiales de arrastre es un proceso relativamente sencillo, que requiere poca mano de obra, debido a que es un proceso donde solo se necesitan operadores de planta, conductores, secretaria entre otros pocos que participan en el proceso, por lo tanto no es una fuente de empleo significativa en la zona; el 36% que respondió que si se ha visto beneficiado por la actividad minera se le atribuye a las familias que están vinculadas con alguna empresa extractora de material, mineros artesanales, familias que prestan servicios alguna de estas empresas ejemplo: alquiler de vehículos o alimentación. En la pregunta 9 vemos una posición clara de la comunidad frente a si la minería ha traído desarrollo a la región en donde el 98% de las familias en promedio respondió no evidenciar desarrollo de la región a causa de la minería, esto se le atribuye a la baja o nula inversión social por parte

de las empresas extractoras lo cual ha generado inconformidad entre las familias de la comunidad.

En el grupo 4 de preguntas en donde nos acercamos a la idea de si la minería de material de arrastre debe seguir desarrollándose en la zona como actividad económica o por el contrario debe detenerse para conservar los recursos; el 97% de las familias en promedio respondió en la pregunta 10, que la minería no debe seguir desarrollándose, lo cual se le atribuye a los cambios que ha sufrido la comunidad a causa de la actividad minera, afectando la calidad de vida de las familias, tanto así que la comunidad ha efectuado actividades de paro en las empresas extractoras, expresándoles su inconformidad con la situación pero las cuales no han tenido mayor trascendencia. El 3% de familias que respondieron que si debe seguir desarrollándose la actividad minera, se le atribuye a familias que tienen un vínculo laboral directo con alguna empresa extractora; a pesar de que habían familias que tenían vínculos con empresas extractoras, fueron conscientes de la afectación que está sufriendo el Río Coello y la mayoría de la comunidad por lo cual respondieron que esta actividad debe parar.

6.2. ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETROS ICA	UNIDADES	PUNTO 1: BOCATOMA USOCOELLO	PUNTO 2: SECTOR LAS MANAS
pH	0-14	7.72	7.53
Temperatura	°C	23.5	33.4
Turbidez	UNF	54	199
Oxígeno disuelto (OD)	mg/ L	4.87	4.9
Solidos totales	mg/L	326	488
DBO	mg/L	3.66	2.46
Nitratos	mg NO_3^- / L	1.9	1.94
Fosfatos	mg PO_4^{3-} /L	1.3	2.7
Coliformes totales	UFC/100ml	6.2 ⁴	5.3 ⁴
Coliformes fecales	UFC/100ml	1.9 ⁶	2.9 ⁶

Cuadro 8 Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico.

La minería de material de arrastre en la mayoría de los casos se ha asociado a alteraciones de los componentes físicos químicos⁵⁵, principalmente cambios en la turbiedad en deterioro de la calidad del agua, básicamente esta minería debido a los procesos desarrollados en ella y a su naturaleza solo produce una contaminación física, esta contaminación se produce por el desequilibrio entre los sedimentos transportados y la capacidad de transporte de la corriente producidos por cambios en las condiciones geométricas e hidráulicas, impacto característico de las operaciones de dragado de esta extracción⁵⁶.

⁵⁵ Corpocaldas. Informe. Ventanilla minera. 2004

⁵⁶ Ramirez, op. Cit.,p.56.

El índice que aplicamos para medir calidad del agua en dos tramos sobre el río Coello, entre sus parámetros físicos abarcamos la turbidez y los sólidos totales, estos dos parámetros son los fundamentales para discutir las afectaciones ambientales directas que tiene la minería de material de arrastre –especialmente contaminación física- sobre la calidad del agua del río, el resto de parámetros químicos y microbiológicos miden características de contaminación principalmente orgánica provenientes de un vertimiento de aguas residuales domiciliarias a pocos metros del primer punto del tramo de estudio (bocatoma Usocoello). Entre los resultados de los componentes tenemos:

- Parámetros químicos (pH, OD, DBO, Nitratos, Fosfatos): la variación entre estos parámetros fue mínima, el pH vario solo en 0,19 unidades entre cada punto, el OD cambio vario 0.03 mg/ L entre sí, la DBO disminuyó considerablemente 1.2 mg/L lo que indica que la carga de materia orgánica disminuyo en el transcurso del tramo de estudio, la presencia de nitratos se mantiene estable durante el tramo de estudio con solo una variación de 0.04 mg NO_3^- / L a lo largo del cauce y los fosfatos si presentan una variación de 1.4 mg PO_4^{3-} /L lo que es considerable este incremento se asocia a él vertimiento de aguas domiciliarias que se presenta en el tramo de estudio. A partir de estos resultados y su variación entre sí, se puede decir que las condiciones de calidad de agua asociada a contaminación por materia orgánica no varían entre el tramo de estudio lo que corrobora los resultados de BMWP realizado en los mismos puntos de extracción.
- Parámetros microbiológicos (Coliformes totales y fecales): entre los resultados obtenidos dentro del ICA muestran que los Coliformes totales y fecales exista una variación considerable entre cada punto muestreado lo que indica que las condiciones de calidad del agua se mantienen para la contaminación asociada a materia orgánica.

- Parámetros físicos (turbiedad y solidos totales) : como se mencionaron anteriormente estos parámetros indican representativamente la contaminación característica de la minería de material de arrastre que deterioran la calidad del agua (Ramirez,2009), en los resultados obtenido el parámetro de turbiedad vario 145 NTU lo que es un cambio representativo en época de intensa sequía como presenciaba Colombia culminando el paso del fenómeno del niño, mientras en solidos totales vario también considerablemente 162 mg/ L lo que indica que la carga de arrastre del rio aumento durante el recorrido del tramo de interés. Estos cambios abruptos de turbiedad y en solidos totales se asocian al desarrollo de las actividades mineras de material de arrastre llevadas a cabo por 3 grandes empresas extractoras, a estos cambios sufridos sobre las condiciones físicas del agua se les explica mediante el fenómeno de agua hambrienta en las zonas de extracción, este fenómeno ocurre cuando la capacidad de transporte de sedimentos es superior al transporte real⁵⁷, esto quiere decir que el agua posee la capacidad de transportar una cantidad mayor de sedimentos de los que lleva en la realidad, esto genera socavación del lecho y de las orillas, por ende la recuperación de transporte real capaz de transportar se evidencia en los cambios de turbiedad y solidos totales a lo largo del tramo, cabe mencionar que esta recuperación es progresiva por lo tanto entre más sea la distancia agua abajo al punto de extracción la turbiedad aumentara progresivamente.

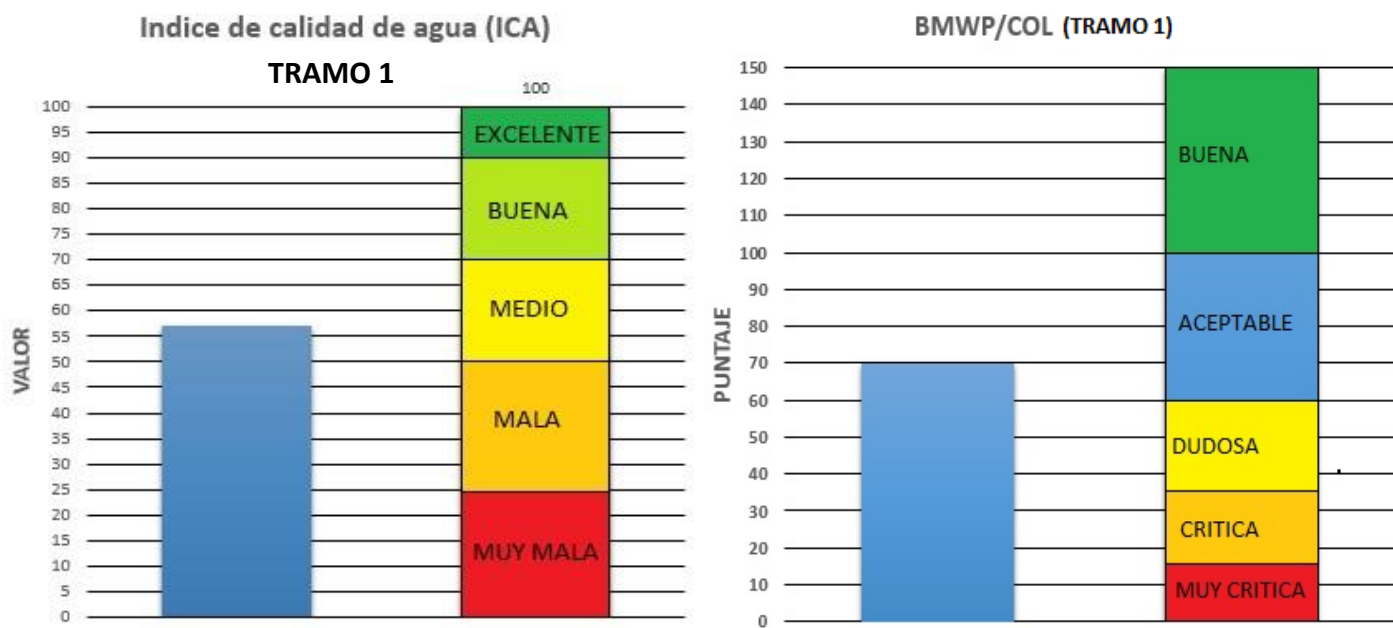
No cabe duda que la acción directa de la minería ha generado un cambio en la condiciones de calidad del agua no solo al cambiar la estructura del lecho del cauce del rio Coello, sino que también al desaparecer la zonas de bosque ribereño también ha contaminado físicamente; ya que, si no hay vegetación

⁵⁷ *Ibíd.*,p.56.

los materiales finos se sedimentan con mayor dificultad, incrementándose la turbidez de la corriente y acelerando los procesos de erosión en las orillas⁵⁸.

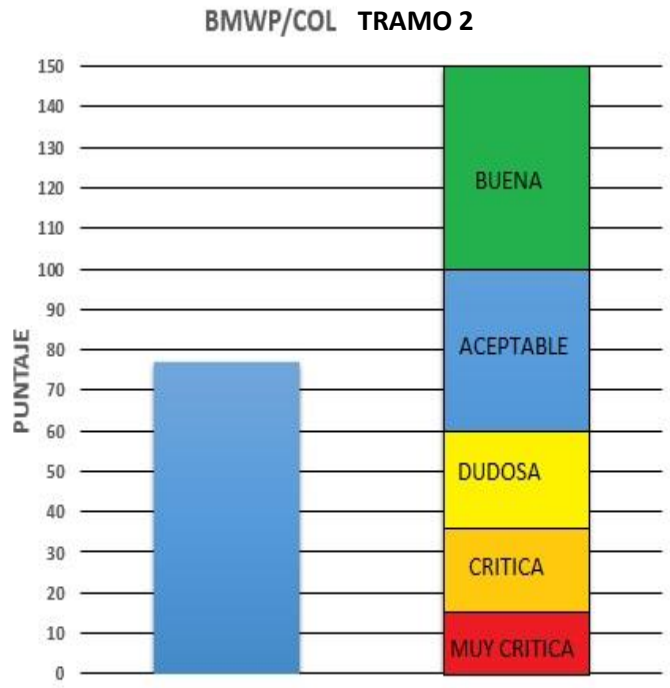
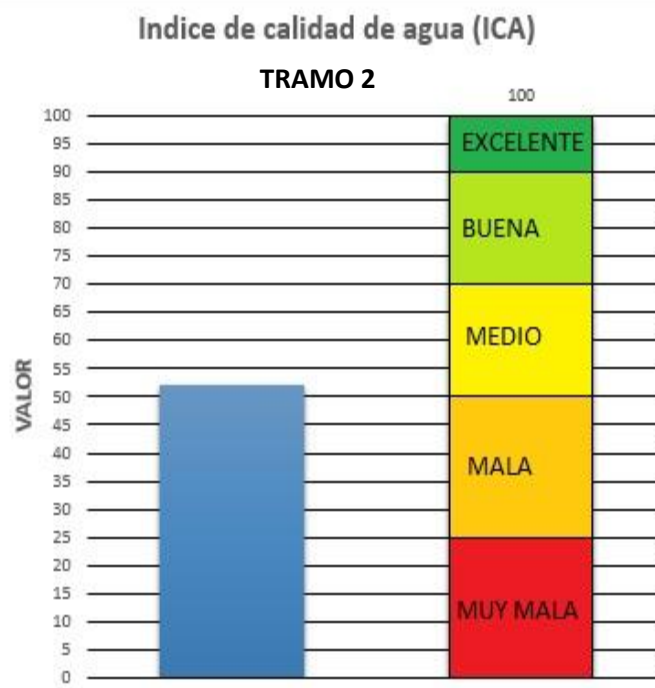
Cabe resaltar que estos cambios en las condiciones en la calidad física del agua se relacionan estrechamente con las operaciones de dragado del material que cambian las dinámicas hidráulicas y geomorfológicas del río generando estos cambios.

6.2.1. RELACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) Y EL MÉTODO BMWP PARA LOS PUNTOS 1-2



GRAFICA 9 Relación entre el valor ICA y el BMWP/Col para el punto 1 **FUENTE:** Autores

⁵⁸ Universidad politécnica de Madrid. Op. Cit.,p.25.



GRAFICA 10 Relación entre el valor ICA y el BMWP/Col para el punto 2 **FUENTE:** Autores

Teniendo los resultados de los índices de calidad de agua (ICA) evaluados con 9 parámetros y del BMWP/Col utilizando macroinvertebrados acuáticos para el punto 1 (Bocatoma Usocoello) y punto 2 (Manas) del Río Coello, se determinó la relación existente entre ambos métodos utilizados para el análisis de calidad de agua (Grafica N° 9 y 10) en ambos tramos.

En el tramo 1 sector de la bocatoma de Usocoello con el método del Índice de calidad de agua (ICA) se obtuvo una calidad de agua “medio” debido a que se obtuvo un valor de 56 al utilizar la herramienta WATER RESEARCH CENTER que hace todos los cálculos respectivos para arrojar dicho valor y con el método BMWP/Col se obtuvo una calidad de agua “aceptable” debido a que se obtuvo un valor de 70 al realizar la suma de los puntajes de las familias colectadas, lo cual nos indica que con el método del ICA la calidad del agua es menor con relación al resultado de calidad de agua arrojado por el método BMWP/Col, lo cual se le atribuye a que el método BMWP/Col está ligado a la contaminación por materia orgánica, mientras el método del ICA tienen como referente un mayor número de parámetros entre físicos, químicos y microbiológicos para definir la calidad del agua en un punto.

En el tramo 2 se evidencio la misma situación del punto 1 dando como resultado con el método del ICA un valor de 52 correspondiente a una calidad de agua “medio” y con el método BMWP un valor de 77 al sumar los puntajes de las familias correspondiente a una calidad de agua “aceptable”, lo cual se explica con las mismas razones mencionadas en el punto 1

6.3. ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA METODO BMWP/COL

Con relación al análisis de calidad de agua del Río Coello, utilizando métodos de bioindicación empleando macroinvertebrados acuáticos, en el (Cuadro 9) se exponen las familias de macroinvertebrados acuáticos recolectados y determinados en los 2 tramos del Río que se estudiaron. Se estableció un total de 14 familias, siendo el punto 2 “sector las manos” el que registro mayor número de familias con 11. El total de macroinvertebrados acuáticos encontrados está compuesto por 7 órdenes, 14 familias y 86 individuos utilizados para la determinación de la calidad del agua.

Orden	Familia	Tramo	Individuos
Odonata	Libellulidae	1	1
Odonata	Coenagrionidae	2	1
Hemiptera	Gelastocoridae	1	1
Hemiptera	veliidae	1-2	19
Mesogastropoda	Thiaridae	1	5
Coleoptera	Ptilodactylidae	1-2	3
Coleoptera	Elmidae	1-2	3
Ephemeroptera	Leptohyphidae	1-2	20
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1-2	6
Ephemeroptera	Baetidae	1-2	4
Trichoptera	Hidropsychidae	1-2	20
Trichoptera	Leptoceridae C.F	2	1
Diptera	Chironomidae	2	1
Coleoptera	staphylinidae	2	1
Total	14		86

CUADRO 9 Órdenes y Familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en los sitios de muestreo.

La familia Libellulidae se encuentra distribuida en la Cuenca del Río Coello, desde los 256 hasta los 1778 m.s.n.m. con mayor presencia entre los 256 a 1300 m.s.n.m., correspondiente a las subcuencas de los ríos Coello entre los 256 y 1145 m.s.n.m.⁵⁹ Las larvas de estas libélulas son de tamaño pequeño a medio. Viven sobre todo en zonas resguardadas con sustratos finos asociados en general a la existencia de vegetación acuática. Son predadores que cazan al acecho. Presentan una cierta tolerancia a la contaminación orgánica y a las alteraciones térmicas, lo que hace que no se consideren como un grupo indicador de alta calidad.⁶⁰ Su puntaje BMWP/Col es 6, lo cual corrobora que no son los mejores macroinvertebrados para tolerar contaminación orgánica, pero si tienen cierto grado de tolerancia.

La familia Coenagrionidae se encuentra distribuida en la Cuenca del Río Coello desde los 460 hasta los 850 m.s.n.m.⁶¹ La familia coenagrionidae es un indicador de aguas de calidad regular a mala⁶². Lo cual indica que son capaces de tolerar concentraciones altas de materia orgánica.

Con relación a las dos familias mencionadas anteriormente, se encontraron un número reducido de individuos, lo cual se atribuye a que el río Coello no presenta las condiciones óptimas para mantener grandes poblaciones de estas familias

Gelastocoridae es una familia de macroinvertebrados acuáticos que presenta un puntaje BMWP/COL de 5, lo cual refleja un grado de tolerancia a la contaminación por materia orgánica intermedio, por ende no debe considerarse una familia de buena calidad como bioindicador de aguas libres de materia orgánica.

⁵⁹ Cortolima. (Citado 18, abril, 2016). Disponible en: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_coello/diagnostico/apendices/invertebrados/fichas_odonata.pdf

⁶⁰ Escudero, Javier. España: Guía de campo Macro-invertebrados de la Cuenca del Ebro, 2009. P. 72.

⁶¹ LOCKE. Op. Cit, p.4.

⁶² J. Itzep, R. Solís, B. Kohlmann y R.O. Russo. Costa Rica: MANEJO DE BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUAS EN COMUNIDADES RURALES, 2009. P. 83.

Por otro lado la familia veliidae habita en sistemas loticos, entre rocas, detritus y sedimento; así mismo en sistemas lenticos entre detritus y restos vegetales acumulados en el fondo. Son organismos intolerantes a la contaminación orgánica⁶³. Lo anterior se comprueba con el puntaje BMWP/COL de esta familia el cual es 8, indicándonos que son macroinvertebrados sensibles a la contaminación por materia orgánica, lo cual nos informa de que habitan en fuentes hídricas de buena calidad.

La familia de los Thiaridae son habitantes de agua dulce de zonas templadas y cálidas.⁶⁴ Lo cual confirma la existencia de estos en la cuenca del Río Coello por sus condiciones climáticas. Su puntaje BMWP/COL es de 5, lo que significa que es una familia con un nivel de tolerancia a la contaminación por materia orgánica intermedio.

Ptilodactylidae es una familia de macroinvertebrados acuáticos, que presenta una total intolerancia a la contaminación por materia orgánica, por lo anterior vive en fuentes hídricas de muy buena calidad, lo cual convierte a esta familia en un excelente bioindicador de aguas de buena calidad. Su puntaje BMWP/COL es de 10.

La familia Elmidae en su mayoría vive en aguas corrientes, con alto contenido de oxígeno, pero algunas se pueden encontrar en aguas estancadas. Esto significa que pueden adaptarse a ambientes con diferentes condiciones de impacto y así puede aumentar su abundancia. Se alimentan de aguas y detritus, además se adhieren a gravas, rocas, troncos y hojas en descomposición.⁶⁵ Por lo anterior esta familia se convierte en un bioindicador poco confiable, por su adaptabilidad a los

⁶³ GUADALUPE, Espino; HERNANDEZ, Salvador y CARVAJAL, Jose. Mexico: ORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DE LA CONTAMINACION (BIOINDICADORES), 2000. P. 487.

⁶⁴ En: Animalbase . (citado 18, abril, 2016). Disponible en : <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/family?id=93>

⁶⁵ CORTOLIMA. Colombia: Macroinvertebrados acuáticos 2. P. 128.

impactos del medio, por otro lado presenta un grado de tolerancia intermedio a la contaminación por materia orgánica con un número BMWP/COL de 6.

Leptohyphidae. Esta familia se caracteriza por elegir ecosistemas con fondos arenosos y algunas zonas lodosas con restos de vegetación.⁶⁶ Son organismos que se pueden comportar de manera facultativa, lo que nos indica que pueden habitar en zonas con o sin contaminación por materia orgánica.

Para Leptophlebiidae. Las ninfas habitan aguas loticas y lenticas, asociadas a hojarasca, troncos y rocas. Se alimentan de material vegetal. Sensibles a la contaminación orgánica y déficit de oxígeno.⁶⁷ Su puntaje BMWP/COL es 9, siendo esta una familia indicadora de buena calidad de agua, por su baja tolerancia a la contaminación por materia orgánica

En el caso de Baetidae. La familia se registra generalmente en aguas loticas bien oxigenadas debajo de troncos, rocas, hojas, adheridos a vegetación sumergida y en fondos arenosos. Indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas.⁶⁸ Lo anterior se corrobora con su puntaje BMWP/COL de 7.

Hidropsychidae. En el Río Coello, se distribuye a lo largo de toda la cuenca. Esta familia se caracteriza por no formar verdaderos estuches o refugios móviles, aunque las larvas pueden estar más o menos envueltas de seda, entre piedras y construir redes relativamente grandes, cuyo tamaño aumenta con el tamaño del organismo. Los estuches se construyen fijos sobre las piedras, troncos, ramas u otros sustratos disponibles en ríos y quebradas de todos los tamaños, velocidades y temperaturas.⁶⁹ Su puntaje BMWP/COL es 7, informándonos que es una familia que

⁶⁶ *Ibíd.*, p.123.

⁶⁷ Cortolima. (Citado 18, abril, 2016). Disponible en: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_coello/diagnostico/apendices/invertebrados/fichas_efemeropteros.pdf

⁶⁸ *Ibíd.*, p.1.

⁶⁹ Cortolima. (Citado 18, abril, 2016). Disponible en: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_coello/diagnostico/apendices/invertebrados/fichas_trichoptera.pdf

tiene un grado de tolerancia bajo a fuentes hídricas contaminadas por materia orgánica.

Leptoceridae. Generalmente viven cerca del sustrato, pero algunas larvas pueden nadar moviendo sus patas metatorácicas como remos. Se alimentan raspando diatomeas de las superficies expuestas de las piedras y viven fuera del agua adheridas a éstas, en la zona de salpique de las cascadas y corrientes torrenciales de las zonas altas.⁷⁰ Se encuentra en aguas loticas limpias, de alta montaña, tanto en rocas donde hay mucha corriente como en remansos con vegetación.⁷¹ Su puntaje BMWP/COL es 8, por ende es una familia que habita en fuentes hídricas, poco contaminadas por materia orgánica.

Chironomidae. Se encuentra en cuerpos de agua tanto naturales como artificiales, en aguas someras o profundas, corrientes o estancadas, sobre amplias superficies o en pequeños reservorios.⁷² Chironomidae está asociada a bajos niveles de oxígeno y altas concentraciones de recuento de mesófilos y conductividad, corrobora con la designación dada a la familia como tolerantes a altos niveles de contaminación.⁷³ Por lo anterior esta familia posee un puntaje BMWP/COL de 2, lo cual nos indica que su presencia está asociada a fuentes hídricas altamente contaminadas por materia orgánica.

La familia Staphylinidae presenta un puntaje BMWP/COL de 6, lo cual nos indica que tiene un rango de tolerancia intermedio a la contaminación por materia orgánica, por ende la podemos encontrar en fuentes hídricas ligeramente contaminadas.

⁷⁰ *Ibíd.*, p.6.

⁷¹ CORTOLIMA. Colombia: Macroinvertebrados acuáticos 2. P. 137.

⁷² *Ibíd.*, p.150.

⁷³ VONHESSBERG, Christine; TORO, Daniel; GRAJALES, Alberto; DUQUE, Ginna y SERNA, Lorena. Colombia: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS, EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA, UNIVERSIDAD DE CALDAS, MUNICIPIO DE PALESTINA, COLOMBIA, 2009. P. 99.

El buen número de familias encontradas en el presente estudio, se le atribuye a la diversidad de sustratos que presenta el Río Coello para el establecimiento de macroinvertebrados acuáticos, a pesar de que la colecta fue realizada el día 30 de Marzo del 2016, fecha para la cual estaba finalizando un fuerte periodo de sequía en el país a causa del fenómeno del niño y en el cual la extracción de materiales de arrastre se hace más fuerte; Las técnicas empleadas y empeño brindado el día de la colecta también influyeron en que se colectaran 14 familias de macroinvertebrados acuáticos; por otro lado la concentración de oxígeno disuelto en el Río está en promedio 4.9 mg/L lo que indica que está en condiciones de hipoxia llegando casi a condiciones aceptables, lo cual permite el establecimiento de macroinvertebrados acuáticos.

6.3.1. INDICE BMWP/COL PARA LOS PUNTOS 1-2

Los resultados obtenidos utilizando el BMWP/Col (Cuadro N 10), implementado para dos puntos del Río Coello, reflejan un valor de 70 para el punto 1 y 77 para el punto 2, teniendo en cuenta los valores establecidos para Colombia (Roldan, 2012) 61-100 ; lo cual indica una calidad del agua ligeramente contaminada pero de calidad aceptable.

En el Punto 1 “Sector bocatoma Usocoello), se colectaron las familias: Libellulidae, Gelastocoridae, Veliidae, Thiaridae, Ptilodactylidae, Elmidae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Baetidae e Hidropsychidae con puntajes BMWP/Col 6 – 5 – 8 – 5 – 10 – 6 – 7 – 9 – 7 – 7 respectivamente para un valor total de 70, clasificándose como agua clase II de calidad aceptable.

En el punto 2 (sector las manas) se colectaron las familias: Coenagrionidae, Veliidae, Ptilodactylidae, Elmidae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Baetidae, Hidropsychidae, Leptoceridae, Chironomidae y Staphylinidae con puntajes BMWP/Col 7 – 8 – 10 – 6 – 7 – 9 – 7 – 7 – 8 – 2 - 6 respectivamente para un valor

total de 77, Clasificándose de la misma manera que el punto 1 con calidad aceptable del agua.

La no variación en la calidad del agua en el tramo de estudio utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, se le atribuye a que solo hay un vertimiento local de aguas residuales después del punto 1 de colecta (sector bocatoma Usocoello), por ende este vertimiento tiene 11 km para diluirse en la fuente hídrica y no afectar el punto 2 de colecta (sector las manas), ya que este método está estrictamente ligado a la contaminación por materia orgánica y las empresas extractoras de material de arrastre no tienen ningún tipo de contaminación orgánica en su actividad , sino contaminación física.

Punto	Familias	Puntaje		Valor		
		BMWP/col	BMWP/col	Clase	Calidad	Significado
1 Sector Bocatoma Usocoello	Libellulidae	6	70	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
	Gelastocoridae	5				
	veliidae	8				
	Thiaridae	5				
	Ptilodactylidae	10				
	Elmidae	6				
	Leptohyphidae	7				
	Leptophlebiidae	9				
	Baetidae	7				
	Hidropsychidae	7				
2 Sector Las manas	Coenagrionidae	7				
	Veliidae	8				
	Ptilodactylidae	10				
	Elmidae	6				
	Leptohyphidae	7				

Leptophlebiidae	9	77	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Baetidae	7				
Hidropsychidae	7				
Leptoceridae	8				
Chironomidae	2				
Staphylinidae	6				

CUADRO 10 Puntajes y Valores BMWP/Col de los puntos analizados.

El resultado arrojado utilizando el BMWP/Col, se confirma o se relaciona teniendo en cuenta que el agua también se puede caracterizar de acuerdo a la demanda bioquímica de oxígeno, donde el valor entregado por el laboratorio LASEREX de la UT fue 3.06 mg/L en promedio para el Río Coello.

TIPO DE AGUA	DBO mg/L
Agua Potable	0.75 - 1.5
Agua Poco Contaminada	5 - 50
Agua Potable negra municipal	100 - 400
Residuos industriales	500 - 10000

⁷⁴

CUADRO 11 Rangos DBO para caracterizar el agua **FUENTE:** MORAN, Ninoschtka. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (Diapositivas). Ecuador. Diapositiva 7.

Lo anterior nos indica que el agua del Río Coello es muy poco contaminada por materia orgánica, porque el requerimiento de oxígeno para la degradación de materia orgánica es poco “3.06mg/L”.

⁷⁴ MORAN, Ninoschtka. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (Diapositivas). Ecuador. Diapositiva 7.

6.4. APLICACIÓN DEL CHEKLIST

Las condiciones técnico-mineras en las cuales se hace minería de material de arrastre en el tramo del presente estudio, obedecen a las de la minería a cielo abierto de tajo abierto dentro del espejo de agua. Este tipo de minería se realiza en la superficie o a partir de esta sobre el cauce de los ríos, según la UICN⁷⁵ esta forma de minería produce erosión y alteraciones profundas en el paisaje. En toda explotación minera existen diferentes aspectos técnicos mínimos a tener en cuenta para llevar a cabo la operación de extracción, como el económico, social, cultural y las condiciones hidráulicas, geomorfológicas y de renovabilidad del recurso; en este último aspecto, en la minería de materiales de arrastre sobre el río Coello cobra vital importancia para el desarrollo sostenible relacionado con la forma poco sustentable en que se desarrolla la actividad minera; ya que, la “técnica de tajo abierto dentro del espejo de agua implica el uso de pala grúa (dragalina), o de una excavadora hidráulica (retroexcavadora) para extraer el material bajo el agua. Generalmente los tajos se practican a manera de trincheras o tiras lineales a lo ancho del canal (dársenas) y largo del canal”⁷⁶, el uso de retroexcavadoras en explotaciones dentro del canal activo interfiere directamente con los hábitats del río y no permite un adecuado control del nivel de excavación dejando superficies irregulares en el lecho⁷⁷.

⁷⁵ UICN, Guía. Guía de gestión ambiental para minería no metálica. San José: UICN, 2009. P. 21

⁷⁶ Alfonso, Mauricio. Colombia: ELABORACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS MINERO AMBIENTALES MEDIANTE LAS CUALES SE ADELANTA LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN LECHO DE RÍO EN COLOMBIA Y LA FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS Y DE NECESIDADES NORMATIVAS ASOCIADAS QUE PERMITAN ADELANTAR ESTA ACTIVIDAD DE MANERA AMBIENTALMENTE RESPONSABLE, 2013.p. 38

⁷⁷ *Ibíd.*p.38

Para este tipo de operaciones Mauricio Alfonso⁷⁸ sugiere:

- No extraer el material que se encuentra por debajo de una línea imaginaria ubicada un (1) metro por encima de la línea o nivel thalweg.
- Emplear equipos de largo alcance que no interfieran directamente con el flujo de la corriente y que no permanezcan dentro de ella como sucede, por ejemplo, con las retroexcavadoras.
- Seccionar el canal en una cuadrícula desde aguas arriba hacia aguas abajo y desarrollar la explotación escalonada de las cuadrículas hacia aguas abajo.
- Calibrar el alcance del equipo de extracción de tal forma que pueda controlarse la profundidad máxima de excavación.

A partir de estas sugerencias de tipo técnico para la sostenible extracción del material que se encuentra debajo del espejo de agua, se diseñó el formato del checklist que contempla 5 aspectos entre ellos:

- Ocupación del cauce
 - Taludes y frente de avance dentro del espejo de agua: durante la implementación del checklist no se evidencio ningún frente de avance, lo que indica que las operaciones de dragado se hace directamente de la orilla del canal activo del río Coello, esto genera una socavación directa sobre las márgenes del río, representando un riesgo y un problema en los corredores fluviales, el crecimiento lateral del cauce implica un aporte considerable de sedimentos a las aguas del afluente y una desestabilización en la carga de sedimentos que transporta el río.
 - Maquinaria ocupando el cauce del rio: no se presenta una ocupación de la maquinaria en el cauce, debido al uso de maquinaria de largo alcance. Lo que no representa ningún impacto de consideración de estudio.

⁷⁸ Ibid.p.38

- Dragado:
 - Extracción desde aguas abajo hacia aguas arriba: como se menciona anteriormente el área de extracción se debe dividir por secciones para realizar la extracción desde aguas abajo hacia aguas arriba, en el punto de extracción evaluado no cuentan con una división clara que permita una operación coherente con las indicaciones técnico-mineras. El hecho de que no se realice una extracción desde aguas abajo hacia aguas arriba no permite “la recarga de sedimentos a través de la erosión remontante que la estabilidad del lecho de aguas arriba hacia aguas abajo agradando el pozo de excavación”⁷⁹ dando una continuidad a la operación minera, lo que genera un detrimento y cambios en el lecho del río Coello. Aunque partiendo del hecho de que ninguna minería es sustentable, así se realice la extracción cumpliendo con este parámetro técnico no se dejara de impactar directamente el lecho del río y según Carlos Ramírez⁸⁰ Toda excavación o extracción de materiales del lecho de un cauce constituye una modificación de la geometría del cauce (profundidad, pendiente, ancho) y una interrupción de la continuidad del transporte de sedimentos en el río, reafirmando que la minería así se haga de la forma más responsable y sostenible genera una serie de impactos negativos de magnitudes insospechadas.
 - Maquinaria correcta para el dragado: la maquinaria que requiere este tipo de minería son de largo alcance (retroexcavadoras de brazo largo), en el punto extracción inspeccionado se contaba con la maquinaria correcta que se sugiere para no interferir con el cauce, aunque así sea la maquinaria indicada esta genera una desventajas como se mencionan anteriormente, el uso de este tipo de maquinaria

⁷⁹ Ramírez, Carlos. Colombia: Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río, 2009.p.54.

⁸⁰ *Ibíd.*p.54.

causa que no se permite manejar un nivel homogéneo de excavación, dejando el lecho con una topografía irregular; esto, se evidencia que ocurre en el punto inspeccionado por el checklist, además de que con estos equipos no se permite tener un control adecuado de los volúmenes de extracción diarios.

- Piscinas de extracción alejadas de la orilla: en la realización del checklist se evidenció que las piscinas de extracción no se distanciaban prudentemente de la orilla, esto se relaciona con la inexistencia de frente de avance para la excavación, por ende la explotación se hace desde las orillas generando una socavación de las márgenes y todo sus impactos como se menciona en ítem de Taludes y frente de avance dentro del espejo de agua.⁸¹
- Zona de extracción
 - Deforestación de la rivera del cauce: la visita al punto de extracción nos permitió observar que la minería se abre paso hasta el cauce del río Coello a costa de la deforestación para la construcción de vías de acceso para la maquinaria de extracción (retroexcavadoras y dragalinas) como la maquinaria de transporte (volquetas) y para la ampliación del cauce para el aumento de sus operaciones. La discusión del impacto que genera la deforestación de la vegetación ribereña se centra desde la función que esta cumple, el bosque ribereño tiene un papel protagónico en las “dinámicas hidrogeomorfológicas principalmente como filtros de los procesos fluviales, disminuyendo la velocidad -que en este caso el aumento de esta al aumentar la pendiente en el lecho del río Coello es una consecuencia directa de las operaciones de dragado realizada por las empresas mineras-, favoreciendo la sedimentación diferencial y reforzando y estabilizando las orillas evitando el deterioro de las

⁸¹ *Ibíd.*, p.54.

mismas”⁸². este ítem va directamente relacionado a las condiciones técnicas en que se desarrolla el dragado del material, las cuales generan cambios en las dinámicas geomorfológicas e hidráulicas, el bosque de ribera actúa como una zona de amortiguamiento ante posibles afectaciones en las condiciones naturales del ecosistema; por lo tanto, la minería de material de arrastre no solo está afectando directamente las condiciones geomorfológicas del río Coello, sino que también está deteriorando la capacidad de resiliencia del ecosistema al deforestar las zonas de amortiguamiento (bosque ribereño).

- Maquinaria de extracción y cargue.
 - Número y maquinaria correcta: durante el intervalo de tiempo que tomo la realización del checklist se observó que la empresa cuenta con la maquinaria correcta y opera con el número permitido de máquinas al tiempo.
- Abastecimiento de combustibles a la maquinaria.
 - Abastecimiento y prevención de derrames de combustibles en la zona de extracción: durante la extracción a pesar de que no se observó que se abasteciera la maquinaria durante la operación de excavación y extracción, la maquinaria no cuenta con las medidas mínimas de seguridad para evitar un posible derrame de los tanques de almacenamiento de combustible de las mismas generando una vulnerabilidad ante un posible accidente u emergencia. Además, los operarios de la zona de extracción no cuenta con capacitación alguna en caso de derrama aumentando aún más la vulnerabilidad ante eventuales derrames.

⁸² Universidad politécnica de Madrid. España: LAS ALTERACIONES GEOMORFOLÓGICAS DE LOS RÍOS, 2007.p.23.

A partir de la visita se realizó una interacción con la persona que opera la única maquinaria de extracción, la cual dejó en claro que no poseía ningún conocimiento de las condiciones técnicas-mineras para llevar a cabo la operación de extracción – que es la operación que genera un mayor número de posibles impactos negativos dentro de toda la actividad minera-; además, ignoraba también un volumen máximo de extracción día, declarando que se extrae a razón de la demanda eventual durante el día. Lo anterior, representa una falta de control técnico sobre las operaciones extractivas al dejar actividad en manos de personal no calificado para desarrollarlas.

6.4.1. RESULTADOS CHECKLIST

LISTA DE CHEQUEO:

CONTROL DE TECNICA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE RIO COELLO

Ítem/s inspeccionado/s: Tajo lineal lateral para extracción de material de arrastre mecanizada en el cauce intervenido del río Coello.	Fecha: 13/02/2016
Puntos chequeados: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>	Inspector: FELIPE LOPERA/ JOHN CESPEDES

1. OCUPACIÓN DEL CAUCE	
¿Existen taludes y frentes de avance en el espejo de agua?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿La maquinaria está ocupando el cauce del río?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

2. DRAGADO	
¿Está Separado por cuadrículas el cauce, desde aguas abajo hacia aguas arriba?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Las piscinas de recolección están suficientemente retiradas de la orilla del río?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿La maquinaria de dragado es la correcta (retroexcavadoras de largo alcance)?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

3. ZONA DE EXTRACCIÓN	
¿Existe deforestación para la ampliación de la rivera del cauce?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Existen zonas deforestadas para acceder a la zona de extracción?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

4. MAQUINARIA DE EXTRACCIÓN Y CARGUE	
¿Hay operación de retroexcavadoras de tamaño de balde de 0.8 m ³ y 1.0 m ³ ?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Hay presencia de un número mayor de 3 volquetas (6 m ³) en el área de extracción?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/P

5. ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES PARA LA MAQUINARIA	
¿La maquinaria se abastece de combustibles en la zona de extracción?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se cuenta con las medidas de seguridad en caso de derrames de combustibles?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

Observaciones

- NINGUNO DE LOS OPERARIOS PRESENTES EN LA ZONA DE EXTRACCIÓN CONOCE EL MINÍMO DE CONDICIONES TECNICO-MINERAS PARA EXTRAER EL MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO.
- NO SE TIENE UNA PLANEACIÓN DE VOLUMENES MAXIMOS DE EXTRACCIÓN DURANTE EL DÍA, SINO QUE SE EXTREA A RAZÓN DE LA DEMANDA QUE SE TIENE.

NOTA: N/A= No aplicable N/P= No presenciado

IMAGEN 17 Lista de chequeo diligenciada **Fuente:** *Autores*

7. CONCLUSIONES

Con el análisis socioeconómico y ambiental, ejecutado con las encuestas en las comunidades presentes en el área del Río Coello afectada por la minería de materiales de arrastre, se pudo identificar que el paisaje de la zona si se ha visto afectado por la actividad minera donde un 71% en promedio de las familias encuestadas manifestó este hecho de manera afirmativa, dentro de las afectaciones más relevantes identificadas esta la remoción de cobertura vegetal y la degradación del suelo, las anteriores son afectaciones necesarias que se deben realizar para el funcionamiento de la minería. Por lo anterior un 46,5% en promedio de las familias encuestadas dijo verse afectada por estos cambios, siendo actividades económicas como la pesca y el turismo las más perturbadas por la disminución de comunidades hidrobiológicas y la afectación geomorfológica del cauce y márgenes del Río Coello Respectivamente.

Se evidencio que a pesar de la afectación que ha tenido la minería sobre las actividades económicas, aún hay un porcentaje del 38.5% de las familias encuestadas que recibe algún beneficio económico por las diferentes actividades que genera el río como el cargue de volquetas y pesca en pequeñas proporciones; por lo mencionado se cree que más de la mitad de las familias del área del Río Coello, han dejado de recibir beneficios directos de este y ahora reciben beneficios provenientes de otras actividades ligadas a diferentes sectores económicos.

Con relación al conocimiento de la comunidad del proceso de minería de materiales de arrastre, se concluye que esta tiene buen conocimiento sobre el mismo quedando representado en el 54% de las familias que respondió si conocer el proceso, lo anterior debido al conocimiento minero que ha vivido la población en años anteriores.

El 64% de las familias en promedio respondió no haberse visto beneficiados por la actividad minera, con lo cual se concluye que las empresas extractoras de material de arrastre, no están generando un impacto significativo en la economía de las

comunidades aledañas al río, al brindar un número reducido de puestos de trabajo a la comunidad y estos son básicamente un salario mínimo legal vigente en Colombia, siendo a su vez un horizonte laboral no muy atractivo para la población.

Por otro lado las empresas extractoras de material de arrastre en el Río Coello, han tenido un compromiso bajo con la comunidad al no socializar sus proyectos con las comunidades del área de influencia, esto se ve reflejado en el 96% de las familias encuestadas que respondió no haber participado en una socialización por parte de alguna de estas empresas.

Teniendo en cuenta lo concluido anteriormente, es necesario que la minería de material de arrastre en el Río Coello cese, debido a los impactos generados al ecosistema en general por las empresas, por la extracción insostenible que presentan la minería al no tener implementado las medidas de compensación, mitigación, y reparación visible para manejar los efectos negativos al ecosistema y a su vez mejorar su imagen ante la región.

Los resultados que se obtuvieron a partir de los análisis físico-químicos y microbiológicos de laboratorio contemplados en el ICA permiten dilucidar la contaminación física al agua estrechamente relacionada al desarrollo de la industria extractiva en el territorio, donde no solo se ha interrumpido las dinámicas en el transporte de sedimentos del ecosistema con las operaciones de dragado directamente, sino con las acciones secundarias a la actividad como deforestación del bosque ribereño dejando al ecosistemas sin la capacidad de respuesta para regular las alteraciones al río Coello.

La turbiedad como parámetro físico clave para relacionar la minería con los procesos de deterioro del río, muestra que responde a un proceso continuo de socavación tanto del lecho como de las márgenes inclusive aguas abajo de la zona de estudio de la presente investigación (ver anexos).

Con la lista de Chequeo (Checklist), se concluye que la minería de material de arrastre así sea coherente con las recomendaciones técnico-mineras para la extracción, estas son insuficientes para evitar y/o mitigar los impactos en la condiciones geométricas y físicas; ya que, se parte del hecho que cualquier cambio en la estructura del lecho o del cauce genera alteraciones en la dinámicas fluviales del ecosistema del río Coello. En este tipo de minería se encuentra un vacío legal que básicamente se refleja en un vacío técnico; ya que, los términos de referencia que estipula la autoridad ambiental (Cortolima) la mayoría presentan un carácter genérico y en consecuencia no tienen en cuenta magnitud y otras particularidades de la extracción de material en lecho de río, ni tampoco las características ambientales en donde se pretende desarrollar. Esto puede llegar a ocasionar que no se identifiquen de forma clara algunos de los impactos ambientales importantes que involucran este tipo de minería en particular.

Se logró determinar que el desempeño de las operaciones de extracción son llevadas a cabo por personal poco calificado, lo anterior genera condiciones ideales que sea aún más difícil asegurar las condiciones mínimas de excavación, inclusive días después de haber realizado el checklist la autoridad ambiental como resultado de la elaboración de un concepto técnico determina cerrar la zona de extracción que se inspecciono (ver anexos) por detrimento del recurso suelo y en especial por alteraciones en la condiciones geomorfológicas e hidráulicas del cauce. De esta manera, si la autoridad ambiental posee el criterio legal para determinar la inexistencia de las condiciones técnicas mínimas inclusive desde las limitantes en materia jurídica que regula la actividad, entonces las alteraciones a las dinámicas ecosistemas aún no se han identificado ni mucho menos cuantificadas en la realidad.

BIBLIOGRAFÍA

- (15 de Agosto de 2015). Obtenido de Conflictos Mineros:
<http://www.conflictosmineros.net/contenidos/18-internacional/12097-ique-es-extractivismo>
- (18 de Agosto de 2015). Obtenido de <http://definicion.de/temperatura/>ABRAHAM, H. y. (s.f.). *Componente Morfoedafico*.
- ALFONSO, M. (2012). Diagnóstico de las condiciones técnico minero ambientales mediante las cuales se adelanta la explotación de materiales pétreos en lecho de río en Colombia. Colombia: Cortolima.
- American Public Health Association, A. W. (1991). *Mwa*. Obtenido de http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf
- Arévalo C., A., Bacca, T., & Soto G., A. (2014). DIAGNÓSTICO DEL USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS EN FINCAS PRODUCTORAS DECEBOLLA JUNCA. *Revista Luna Azul*.
- Bokova, I. (Abril de 2010). H2O Elixir de vida. *Elementalwatson"la"revista*, 5.
- Carlos, R. (2009). Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río. *11(2)*, P. 53-61.
- CARPIO, T. (2007). Turbiedad por Nefelometría (Metodo b). 2. IDEAM.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo. *Los Macroinvertebrados acuaticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: Ecociencia.
- Corpoica-Cortolima-Sena-UT. (2005). *Proyecto del Plan de ordenacion y manejo de la cuenca hidrografica mayor del rio coello*. Tolima-Colombia.
- Cortolima. (2012). Cuenca del rio Coello. Colombia.
- Cortolima. (2012). Cuenca del rio Coello .
- Cuellar-Cárdenas, M. L.-I.-L.-A.-R.-N. (2014). Control de la actividad tectonica sobre los procesos de erosion remontante: el caso de la cuenca del rio Combeima, Cordillera Central. Colombia.
- ECURED. (2016). Obtenido de Conocimiento con todos y para todo:
<http://www.ecured.cu/Fosfato>

- *ehu.* (15 de Agosto de 2015). Obtenido de http://www.ehu.eus/mineralogiaoptica/Atlas_de_Mineralogia_Optica/Fosfatos/Fosfatos.html
- *El suelo.* (s.f.). Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm>
- Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Coello. (s.f.). 13. Coello, Tolima, Colombia.
- *Fao.* (16 de Agosto de 2015). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s04.htm>
- *FAO.* (2016). Obtenido de El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espaci
- *FAO.* (2016). Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- GONZALEZ, C. (2011). Monitoreo de la Calidad del agua.
- Güevara, G. (2008). Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. Revista Tumbaga.
- *Guia ambiental.* (2016). Obtenido de <http://www.guiaambiental.com.ar/conocimiento-ciencias-de-la-tierra-perfil-del-suelo.html>
- Guía para la descripción de suelo. (2006). *FAO.* Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Jill S. Baron, N. L. (2003). Ecosistemas de Agua Dulce Sustentables. *Temas en ecología.* Ecological society of america.
- *Lenntech.* (18 de Agosto de 2015). Obtenido de <http://www.lenntech.es/nitratos.htm#Definici%F3n#ixzz3mb3vURLK>
- Londoño, C. (2001). Cuencas Hidrograficas. Ibagué.
- LOUSTAUNAU, M. (2014). Aspectos e Impactos Ambientales.
- Mauricio, R. (2013). ELABORACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS MINERO AMBIENTALES MEDIANTE LAS CUALES SE ADELANTA LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN LECHO. Colombia.

- Melgar, L. N. (s.f.). *Minerales para la Agricultura en Latinoamérica*, capitulo III. Argentina.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (15 de Octubre de 2014). Decreto 2041. *por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales*. Bogota, Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (25 de Octubre de 2010). Decreto 3930. *Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones*. Bogota, Colombia.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2 de Agosto de 2012). Decreto 1640. *Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones*. Bogota, Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía. (23 de Diciembre de 1988). Decreto 2655. *Por el cual se expide el Código de Minas*, 31 P. Colombia.
- *mx.selecciones*. (18 de Agosto de 2015). Obtenido de http://mx.selecciones.com/contenido/a2467_que-es-el-nivel-freatico
- *Navarra*. (18 de Agosto de 2015). Obtenido de http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua
- *Peru ecologico*. (19 de Agosto de 2015). Obtenido de http://www.peruecologico.com.pe/glosario_s.htm (MarcadorDePosición1)
- Plan departamental de desarrollo del Tolima “unidos por la grandeza del Tolima”. (s.f.). Tolima, Colombia.
- PLAN PARCIAL DE EXPANSION URBANA. (2001). *EL PORTAL DEL TAMARINDO*. Nilo, Cundinamarca, Colombia.
- política nacional para la gestión de los recursos hídricos. (2015). P.72. Colombia. Recuperado el 14 de Agosto de 2015
- *Profesor en linea*. (2016). Obtenido de <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/SueloHorizonte.htm>
- Reolon, L. (Octubre de 2010). PROGRAMA DE FORMACIÓN IBERO AMERICANO EN MATERIA DE AGUAS. Buenos Aires, Argentina.

- Roldan, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Bogota D.C: Imprenta nacional de Colombia.
- Roldan, P. (Septiembre de 1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Colombia.
- *Servicios 2*. (15 de Agosto de 2015). Obtenido de http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=31&factor=estado
- *Slideshare*. (17 de Agosto de 2015). Obtenido de <http://es.slideshare.net/Danyrodry7/concesion-de-aguas>
- *snet*. (15 de Agosto de 2015). Obtenido de <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>
- Vazquez, G., Mejia, G., Gonzales, I., Perez, R., & Castro, T. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. Mexico.
- *Virus.Usal*. (02 de Julio de 2015). Obtenido de http://virus.usal.es/Web/demo_fundacua/demo2/FiltraMembColiT_auto.html
- YAÑEZ, A. (2008). Nota científica, impacto ambiental y metodologías de análisis. 9-10. Estado de Mexico, Mexico: Biocyt.
- UICN, Guia. Guía de gestión ambiental para minería no metálica. San José: UICN, 2009. 106 P.
- Alfonso, Mauricio. Colombia: ELABORACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS MINERO AMBIENTALES MEDIANTE LAS CUALES SE ADELANTA LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS EN LECHO DE RÍO EN COLOMBIA Y LA FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS Y DE NECESIDADES NORMATIVAS ASOCIADAS QUE PERMITAN ADELANTAR ESTA ACTIVIDAD DE MANERA AMBIENTALMENTE RESPONSABLE, 2013.47 p.
- Ramirez, Carlos. Colombia: Metodología para estimar los volúmenes máximos de explotación de materiales de arrastre en un río, 2009. 9 p.
- Universidad politécnica de Madrid. España: LAS ALTERACIONES GEOMORFOLÓGICAS DE LOS RÍOS, 2007. 96 p.
- Corpocaldas. Informe. Ventanilla minera. 2004 disponible en : http://www.corpocaldas.gov.co/dynamic_page.aspx?p=1381

ANEXOS



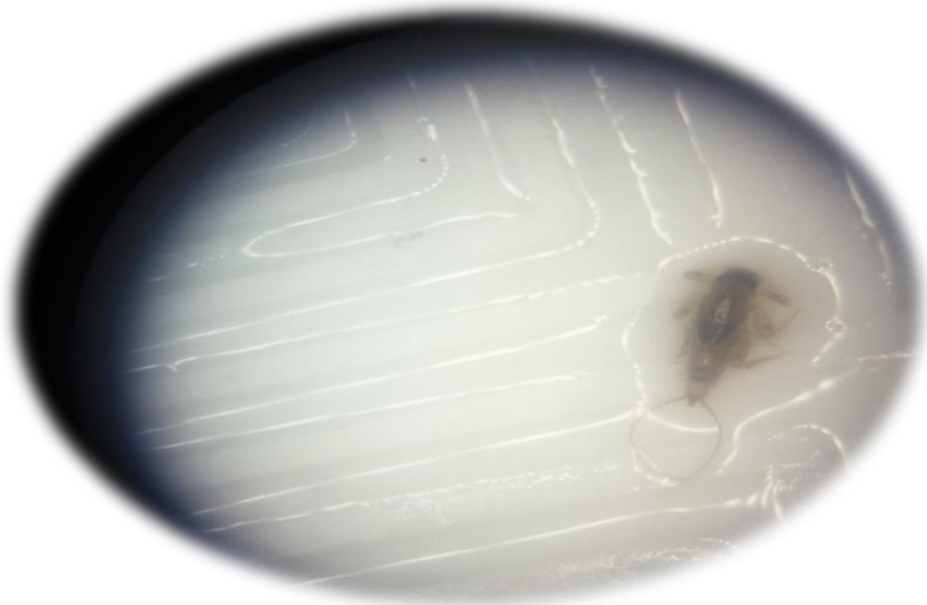
ORDEN: Trichoptera **FAMILIA:** Hydropsychidae **Fuente:** *Autores*



ORDEN: Odonato **FAMILIA:** Libellulidae **Fuente:** *Autores*



ORDEN: Hemiptera **FAMILIA:** Veliidae **Fuente:** *Autores*



ORDEN: Ephemeroptera **FAMILIA:** Leptophlebiidae **FUENTE:** *Autores*



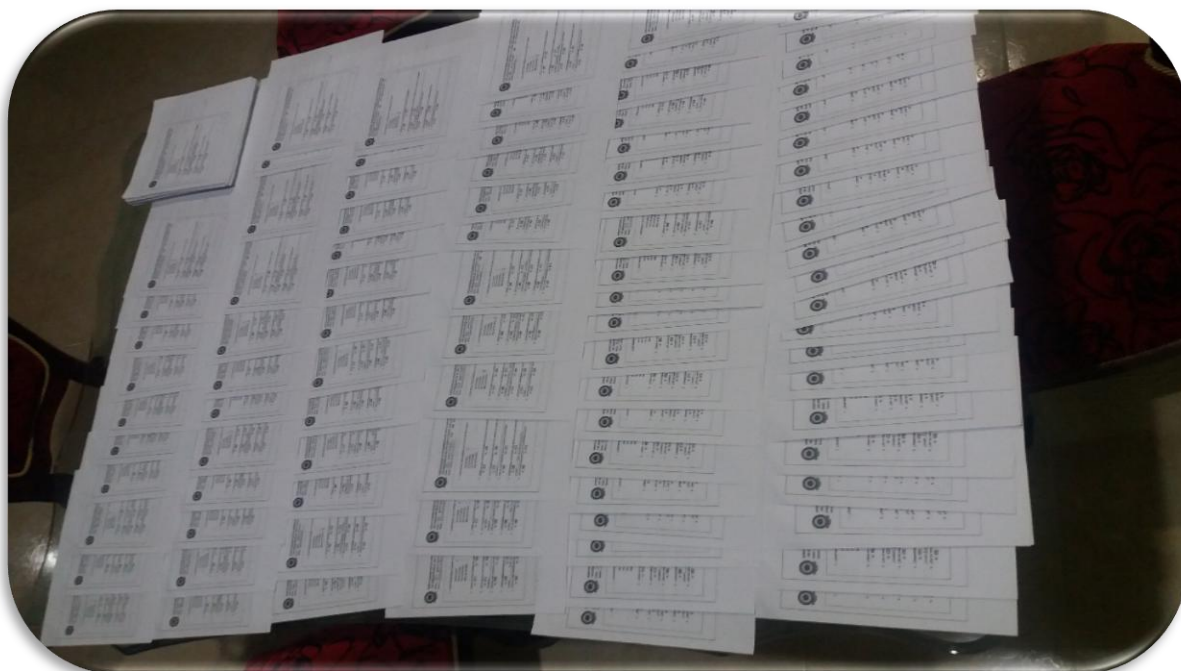
ORDEN: Coleoptera **FAMILIA:** Ptilodactylidae **Fuente:** Autores



Identificación de macroinvertebrados **Fuente:** Autores



Macroinvertebrados acuáticos separados por familia **Fuente:**
Autores



Compilado de encuestas diligenciadas **Fuente:** *Autores*



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA
GIRARDOT-NIT-890680662-2

21.1

Girardot, 2016-17-03

Señor
JEREMIAS BARRERO REYES
Presidente JAC Gualanday
Barrio Centro

*Recibi 26 Marzo 2016
10:07 AM
Natalia Barrero.*

Asunto: Visita río Coello

Cordial Saludo, la presente tiene por objeto informar sobre la visita a realizar en la semana del 28 de marzo al 1 de abril a la zona de la bocatoma de Usocoello, para realizar unas muestras de agua y una colecta biológica del cuerpo de agua, como parte del trabajo de grado de los estudiantes JOHN JAIRO CESPEDES CASTAÑEDA Y JUAN FELIPE LOPERA JARA.

Agradeciendo su atención

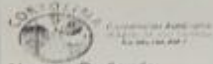
Jack F. García

JACK FRAN ARMENGOT GARCÍA PÉREZ
Docente TCO
jarmenogarcia@mail.unicundi.edu.co
Programa de Ingeniería Ambiental
UdeC Seccional Girardot

Elaboró: J. F. GARCÍA PÉREZ

12.1.16.1

Dirección carrera 19 No. 24-209 Telefax 0918312561-8335071
Email ingambiental@mail.unicundi.edu.co



Salida

Numero Radicado: 5885
Fecha: 31/03/2016 3:06:43 PM

40.1.4.1

ibagué

ALCALDIA MUNICIPAL DE COELLO - TOLIMA 2014 - 2017
Recibido
Fecha: 31/03/2016
Hora: 11:01 am
Rad: Fompa - 1600
"Construyendo Progreso"

Director
NESTO BERNARDO CUERO PORTELA
Alcalde Municipal
Calle 3ª No. 2-41 Palacio Municipal
Tel: 2886074 - 2886078
Coello - Tolima

Referencia: Respuesta radicado 2547 del 19 de febrero del 2016

Respetado Alcalde

En atención a su solicitud me permito informarle que Se realizó visita de inspección ocular el día 29 de enero de 2016, al proyecto minero de explotación de materiales de arrastre del Rio Coello contrato de concesión IKR - 08001 a favor del Señor JOSE ALBERTO SANCHEZ MORALES, generando informe técnico de visita de fecha 19 de febrero de 2015 donde se recomendó a la Oficina Juridica declarar a prevención la suspensión inmediata de las actividades de explotación minera de material de arrastre del Rio Coello.

Los hechos causantes de la decisión técnica fueron las graves afectaciones ambientales al recurso suelo y al recurso agua, específicamente la sobreexplotación del lecho, cambio en la geomorfología del cauce, degradación del lecho del cauce, profundización del lecho del cauce, cambio en la pendiente longitudinal y transversal del lecho del río, ampliación de la sección del canal activo del cauce, generación de procesos erosivos del lecho y de las márgenes del río.

Cordialmente,

RODRIGO HERNANDEZ LOZANO
Subdirector Calidad Ambiental de Cortolima

Elaboró: Andrés Gustavo Barrios Castillo /PU/SCA
Revisó: Salma Antodia Guarnizo Barrero /Lider A.A./S/CA
Anexo:

Página 1 de 1

SEDE CENTRAL
Civ. 3ª Av. Del Ferrocarril, Café 42
Teléfono: (570) 2653260 - 2655480 - 2657775 - 2655452 - 2655446 - 2660103 -
2640217 - 2640149 - 2627584 - 2626960 - 2654355 - 2654354 - 2653378
Línea Nacional: 01800050666 desde el resto del País
E-Mail: cortolima@corcolima.gov.co - www.cortolima.gov.co
Bogotá - Tolima - Calcedonia

Dirección Territorial Sur:
Extensión: 403
Teléfono: (81) 2462775
C.C. Alvarado Cív. 8 No. 7 - 24/28 Cpl. 303-304, Chispas

Dirección Territorial Norte:
Extensión: 400
Calle 24 Sur No 6-81
Avenida Los Pinos Frente Casa Verde Látido - Tolima

Dirección Territorial Oriente:
Extensión: 403
Teléfono: (81) 2456876
Calle 6 No. 23 - 37 segunda piso, Mejor

Dirección Territorial Sureste:
Extensión: 402
Teléfono: (81) 2281204
Cra. 9 No. 8 - 120, Purificación



Zona aguas abajo del tramo de estudio donde se evidencia preliminarmente deterioro progresivo del cauce. **Fuente:** Autores