

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL	VIGENCIA: 2017-11-16
	REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 1 de 7

26.

FECHA miércoles, 06 de diciembre de 2017

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Seccional Girardot
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
RODRIGUEZ ALVAREZ	ERIKA JULIETH	1106898664
DIAZ VASQUEZ	RAYSSA KATHERINE	1110539401

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



**MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAR113
VERSIÓN: 3
VIGENCIA: 2017-11-16
PAGINA: 2 de 7**

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
GARCIA PEREZ	JACK FRAN ARMENGOT

TÍTULO DEL DOCUMENTO
ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN TRES PUNTOS DE LA QUEBRADA "LA PALMARA" Y LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES: ACEITES, GRASAS, HIDROCARBUROS Y DETERGENTES EN LA BOCATOMA (MELGARTOLIMA 2017).

SUBTÍTULO
(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
INGENIERIO AMBIENTAL

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
07/11/2017	110

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1.AGUA	WATER
2.CALIDAD	QUALITY
3.MACROINVERTEBRADOS	MACROINVERTEBRATES
4.INDICE	INDEX
5.CONTAMINANTES	CONTAMINANTS
6.TURISMO	TOURISM

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



Se realizó un estudio base que incluyo un análisis de calidad de agua (ica), registrando puntualmente parámetros fisicoquímicos y microbiológico, y correlacionarlos con el índice BMWP (biological monitoring working party), el cual emplea macro invertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad. Tanto las muestras de agua para el ICA y las muestras biológicas (macroinvertebrados acuáticos) constituyeron un muestreo puntual, es decir, una sola campaña de muestreo (mayo 2017), visitando 3 puntos de la quebrada "la palmara", en un día con alta presencia de turistas; también se registró la presencia de tres grupos contaminantes: aceites y grasas, detergentes e hidrocarburos en el punto conocido como bocatoma y se determinaron los principales aspectos socio – ambientales de la población que reside cerca a la quebrada, con los que se generó un diagnóstico de la problemática desde una dimensión social endógena.

Abstract

A baseline study was carried out that included a water quality analysis (ica), recording physicochemical and microbiological parameters on time, and correlating them with the BMWP index (biological monitoring working party), which uses aquatic macro invertebrates as quality bioindicators. Both the water samples for the ICA and the biological samples (aquatic macroinvertebrates) constituted a punctual sampling, that is, a single sampling campaign (May 2017), visiting 3 points of the "la palmara" stream, in a day with high presence of tourists; The presence of three polluting groups was also recorded: oils and fats, detergents and hydrocarbons at the point known as bocatoma, and the main socio - environmental aspects of the population residing near the stream were determined, with which a diagnosis of the problem from an endogenous social dimension.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito Autorizamos a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre nuestra obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)		SI	NO
1.	La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2.	La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.		X
3.	La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4.	La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso nuestra obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizamos en nuestra calidad de estudiantes y por ende autores exclusivos, que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de nuestra plena autoría, de nuestro esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de nuestra creación original particular y, por tanto, somos los únicos titulares de la misma. Además, aseguramos que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifestamos que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de nuestra competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaremos conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación



**MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAr113
VERSIÓN: 3
VIGENCIA: 2017-11-16
PAGINA: 5 de 7**

colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO _x_.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 6 de 7

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.



**MACROPROCESO DE APOYO
 PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO
 DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
 REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAar113
 VERSIÓN: 3
 VIGENCIA: 2017-11-16
 PAGINA: 7 de 7**

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN TRES PUNTOS DE LA QUEBRADA "LA PALMARA" Y LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES: ACEITES, GRASAS, HIDROCARBUROS Y DETERGENTES EN LA BOCATOMA (MELGAR-TOLIMA 2017).pdf	Texto

En constancia de lo anterior, Firmamos el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
RODRIGUEZ ALVAREZ	
DIAZ VASQUEZ	

12.1.50

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN TRES PUNTOS DE LA QUEBRADA “LA PALMARA” Y LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES: ACEITES, GRASAS, HIDROCARBUROS Y DETERGENTES EN LA BOCATOMA (MELGAR-TOLIMA 2017)

ERIKA JULIETH RODRIGUEZ ALVAREZ
CODIGO: 363213175

RAYSSA KATHERINE DIAZ VASQUEZ
CODIGO: 363213120

Trabajo de grado presentado para obtener el 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 (2017)

Notas de aceptación

Firma del Director del trabajo

Firma jurado

Firma jurad

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, por darme la suficiente capacidad de desarrollar y culminar este proyecto, y en segundo lugar a mi madre BLANCA MIRIAN ALVAREZ y hermano JHON RODRIGUEZ, por ser mí apoyo incondicional y ayudarme a ser siempre mejor.

ERIKA JULIETH RODRIGUEZ ALVAREZ

Primero quiero darle las gracias a Dios por ayudarme a perseverar en este caminar, y a mis padres YESID FERNANDO DIAZ Y GLADYS VÁSQUEZ SILVA, toda mi gratitud y amor por ser siempre mi apoyo.

RAYSSA KATERINE DIAZ VASQUEZ

AGRADECIMIENTO

Tenemos profundo agradecimiento hacia el docente Jack Fran García, nuestro tutor y guía en este proceso por siempre ayudarnos a centrar nuestros pensamientos en lo racional, por el apoyo y por no dejarnos desfallecer.

Agradecemos al grupo de docentes en general de la Universidad de Cundinamarca por las diferentes asesorías y consejos; además a nuestros más allegados amigos que desde el comienzo de la idea nos brindaron apoyo y ánimo para salir adelante con la investigación.

Por último agradecemos a la comunidad de la vereda la Cajita, por su amabilidad y entera disposición para colaborar con nuestros esfuerzos y también a la empresa de servicios públicos de Melgar, EMPUMELGAR E.S.P por el préstamo de su laboratorio para el análisis de algunas de las muestras colectadas.

CONTENIDO

INTRODUCCION	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
JUSTIFICACION	24
OBJETIVOS	26
General	26
Específicos	26
MARCO REFERENCIAL	27
Marco teórico.	27
Marco conceptual	40
Marco legal.....	44
Marco geográfico	48
Melgar	49
Quebrada “La Palmara”	55
METODOLOGIA	56
Universo, población y muestra.....	56
Técnicas e instrumentos de recolección	56
Análisis de encuestas.....	58
Análisis físico – químicos y microbiológicos	62
Análisis del BMWP´Col.....	65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
Análisis parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e índice de calidad de aguas	71
Aceites y grasas, hidrocarburos y detergentes.....	81
Análisis BMWP´Col e ICA.....	85
Índices Ecológicos.....	94
Análisis de encuestas aplicadas.....	97
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Causas de contaminación en agua dulce	25
Figura 2. Impactos del turismo al medio ambiente	33
Figura 3. Ubicación del municipio en el departamento del Tolima	41
Figura 4. Ubicación de la quebrada “La Palmará”.	48
Figura 5. Punto 1 y Punto 2 de muestreo.	50
Figura 6. Punto 2 y Punto 3 de muestreo.	50
Figura 7. Muestras enviadas al laboratorio.	57
Figura 8. Punto Balneario “Cacao”.	60
Figura 9. Punto “Bocatoma”.	61
Figura 10. Punto “desembocadura”	62
Figura 11. Puntos de muestreo en la quebrada “La Palmará”.	63
Figura 12. Salidas de campo a los balnearios presentes en la zona.	74
Figura 13. Abundancia de cada familia por punto.	80
Figura 14. Relación entre el Índice BMWP y el ICA.	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Algunas ventajas y desventajas del índice de calidad de agua. (ICA).	23
Tabla 2. Normativa relacionada con el agua, su calidad y su monitoreo biológico.	37
Tabla 3. Límites del municipio.	42
Tabla 4. Condiciones climáticas del municipio Melgar – Tolima	44
Tabla 5. Veredas de la zona rural del municipio de Melgar – Tolima	45
Tabla 6. Actividades del suelo rural de Melgar – Tolima	47
Tabla 7. Clasificación de la encuesta aplicada.	54
Tabla 8. Técnicas analíticas utilizadas.	57
Tabla 9. Clasificación del Wáter Quality Index	58
Tabla 10. Guía de identificación Roldan, para macroinvertebrados acuáticos	59
Tabla 11. Resultados de parámetros del Índice de Calidad de Agua.	64
Tabla 12. Estadística descriptiva para los parámetros fisicoquímicos	65
Tabla 13. Clasificación de calidad de agua de acuerdo a DBO ₅ .	68
Tabla 14. Niveles de fosfatos en calidad de agua.	70
Tabla 15. Niveles de nitratos en calidad de agua.	70
Tabla 16. Resultados para los análisis no convencionales.	74

Tabla 17. Resultados obtenidos en índice BMWP, para cada punto.	78
Tabla 18. Clasificación de calidad de agua, según los valores de BMWP.	81
Tabla 19. Relación de resultados de índices ICA y BMWP para los 3 puntos.	85
Tabla 20. Índices ecológicos para cada punto.	88
Tabla 21. Prueba T – Student	89

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Muestreo BMWP.

ANEXO 2. Toma de muestras de Laboratorio

ANEXO 3. Pruebas en el laboratorio de la Planta de Tratamiento de Aguas.

ANEXO 4. Macroinvertebrados acuáticos examinados en el laboratorio.

ANEXO 5. Muestras analizadas en el laboratorio de la Universidad de Cundinamarca.

ANEXO 6. Resultados enviados por el laboratorio.

LISTA DE ABREVIATURAS

BMWP. Biological Monitoring Working Party

ICA. Índice de Calidad de Agua

UNT. Unidades Nefelometricas de Turbiedad

PPM. Partes por Millón

TPH. Hidrocarburos Totales de Petróleo

PBOT. Plan Básico de Ordenamiento Territorial

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

EPA. Agencia de Protección Ambiental

RESUMEN

Las fuentes hídricas sustentan una gran importancia debido a los bienes y servicios que ceden al ecosistema al cual pertenecen; sin embargo, no se les presta la atención necesaria por parte de los gobiernos competentes, ya que, son muy pocos los interesados en velar por su protección y cuidado, adoptando medidas pertinentes. La quebrada “La Palmara” es el principal afluente hídrico de la vereda la Cajita, del municipio de Melgar – Tolima, según el PBOT municipal; y es utilizada para abastecer al acueducto veredal y municipal, además de ser un gran sitio turístico del municipio. En este estudio, se realizó un trabajo de campo, en tres puntos de la quebrada (Cacao – Bocatoma – Desembocadura), donde se desarrolló el Índice de Calidad de Agua (ICA), mediante 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y el método BMWP´Col con el cual a través de la colecta de macroinvertebrados acuáticos se determinó la calidad del agua. Solo en el punto conocido como Bocatoma se realizó el análisis de hidrocarburos, aceites y grasas y detergentes, esto bajo el sustento del síndrome corrientes urbanas (Walsh et al 2005) que propone que las fuentes hídricas sujetas a presión directa de uso por asentamientos exhiben una alta degradación en su calidad. Por último y dentro de la descripción del componente socioeconómico se aplicaron 36 encuestas a la población más cercana a la quebrada; es de aclarar que aunque es una vereda con gran extensión y abundante población, solo quisimos tener en cuenta la comunidad colindante a la quebrada con el fin de asegurarnos que tuvieran conocimiento de ella, y obtener más certeza en los resultados.

Dentro de los resultados más relevantes se registró, por un lado, la alta presencia de TPH (contaminación por gasolinas) en La Bocatoma, con un resultado de 40 ppm, muy por encima de los límites permisibles regidos por la normativa vigente; además en la Desembocadura, de 9 parámetros analizados, 8 arrojaron resultados fuera de lo normal, como por ejemplo

turbiedad de 802 UNT, lo cual indica la presencia de un color oscuro en el agua y oxígeno disuelto muy bajo, con un valor de 5 mg/l; por otro lado, los resultados tanto del ICA como del BMWP, tuvieron relación en el coincidente descenso de sus valores por cada punto aguas abajo para el día del muestreo (1: ICA=53; BMWP=107 – 2:ICA=49;BMWP=99 – 3:ICA=33;BMWP=27).

Bajo el anterior contexto, el agua de la quebrada La Palmara tiene diversos usos en su recorrido por la vereda, tanto recreativos como doméstico, los cuales exponen las principales fuentes de contaminación encontrada, como lo son el lavado y la inmersión de automóviles al espejo de agua ; lo cual precisa inminentes riesgos a la salud, para tener en cuenta, al contemplar su uso directo para el consumo humano; Además se demuestra que la contaminación de la quebrada no es solo atribuida al turismo de la zona sino al hecho, que la vereda no cuenta con sistema de alcantarillado lo cual implica vertimientos por parte de algunos residentes, derivando en lo que define la EPA (2016) como contaminación por nutrientes.

INTRODUCCION

Según Jardí (2002), el agua es considerada un recurso de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta, ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. Es el elemento más abundante de la superficie terrestre, extendida en un 80% del planeta, lo que la hace necesaria para la estabilidad del funcionamiento del entorno y sus organismos. En un panorama nacional el IDEAM (2010), estipula que “la ubicación geográfica, la variada topografía y el régimen climático que caracterizan al territorio colombiano, han determinado en él, una de las mayores ofertas hídricas (agua dulce) del planeta. Sin embargo, el agua no está distribuida homogéneamente en las diferentes regiones del país, siendo el recurso sometido a fuertes variaciones que determinan su disponibilidad; razón por la cual en el territorio continental de Colombia hay desde zonas deficitarias hasta aquellas con grandes excedentes de agua” (p.14). Para el 2014, el IDEAM, estimaba un rendimiento hídrico (o cantidad de agua que fluye por unidad de área) de 56 l/s/Km²; estando por encima del promedio mundial (10 l/s/Km²) y del rendimiento hídrico latinoamericano (21 l/s/Km²). La calidad de un cuerpo de agua puede disminuir o aumentar ya sea por factores naturales (cambios en los patrones hidrológicos) o antropogénicos (agricultura, minería, industrialización, residuos sólidos); para su determinación se pueden comparar propiedades físicas y químicas de una muestra de agua con límites permisibles de calidad ya establecidos por la normativa aplicable vigente. Para el caso del agua potable, estas normas son establecidas para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para su posterior consumo y así proteger la salud de las personas (ONU-DAES.2005-2015).

La quebrada “La Palmara” localizada en el municipio Melgar-Tolima, específicamente en la vereda “La Cajita”; se caracteriza por la existencia de abundantes balnearios muy concurridos, que hacen que dicha fuente hídrica este expuesta a contaminación antropogénica, debido a las malas prácticas realizadas por las personas que visitan el lugar, como lo son el lavado de automóviles, motocicletas, mascotas y la inadecuada disposición de residuos sólidos que muy constantemente se presenta en la zona, en conjunto con la contaminación generada por la población residente; bajo este panorama nace la necesidad de realizar este estudio, que incluye un análisis de calidad de agua (ICA), registrando puntualmente parámetros físicoquímicos y microbiológico, y correlacionándolos con el índice BMWP (Biological Monitoring Working party), el cual emplea macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad. Tanto las muestras de agua para el ICA y las muestras biológicas (macroinvertebrados acuáticos) constituyen un muestreo puntual, es decir, una sola campaña de muestreo (Mayo 2017), visitando 3 puntos de la quebrada “La Palmara”, en un día con alta presencia de turistas; También se registró la presencia de contaminantes aceites y grasas, detergentes e hidrocarburos en el punto conocido como Bocatoma y se determinaron principales aspectos socio – ambientales de la población que reside cerca a la quebrada, con los que se generó un diagnóstico de la problemática desde una dimensión social endógena.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la real academia española los balnearios se definen como “lugares con baños medicinales en el cual suele darse hospedaje” que son visitados por motivos de relajación y presencia de aguas; en el recorrido de la quebrada “La Palmara” ubicada en zona rural del municipio de Melgar-Tolima (vereda “La Cajita”) se encuentran 4 balnearios que utilizan agua de su cauce para usos recreativos de contacto primario como natación y de contacto secundario como la pesca, además del lavado de autos, motos y aseo de mascotas, que generan probablemente una modificación en el entorno natural del lugar; en este sentido según un informe de la EPA de Enero del 2003 titulado “después de la Tormenta” se menciona que “Lavar el carro o desengrasar piezas de auto puede enviar detergentes y otros contaminantes a los sistemas de alcantarillados pluviales. Arrojar fluidos de automóviles a los desagües pluviales tiene el mismo resultado que arrojar estos materiales directamente a un cuerpo de agua, También los desperdicios de mascotas pueden ser una fuente importante de bacterias y exceso de nutrientes en las aguas locales. De este modo las aguas pluviales contaminadas frecuentemente afectan las fuentes de agua potable. Esto a su vez puede afectar la salud humana e incrementar los costos de tratamiento del agua potable”.

A nivel nacional, por ejemplo en la ciudad de Santiago de Cali, el periódico EL TIEMPO, publico un artículo donde exponía que el rio Pance pasa por cuatro centros de recreación a donde cada fin de semana llegan de 30.000 a 60.000 bañistas y es el mismo que abastece 21 acueductos de 7.500 habitantes (media ciudad), y para el 2014 reportaba aceites, grasas, fosfatos y turbiedad; allí mismo residentes del lugar afirman que algunos de los problemas son las basuras dejadas por los bañistas, los improvisados lavados de carros y los vertimientos de aguas residuales; En un plano local, García, Baquero y Sarmiento (2013) realizaron un

estudio de calidad de agua en tres tramos del Rio Paguey (municipio de Nilo Cundinamarca), y en el balneario conocido como charco de la Mula el BMWP´Col registro una clase de agua II, la cual según los rangos de valores para aguas clasificadas mediante este índice, oscila entre un valor total de 61 a 100 e indica aguas de calidad aceptable, aguas con algún signo evidente de contaminación. Según el PBOT municipal (2016), la principal actividad económica de Melgar, es el turismo, y así mismo sus principales atractivos turísticos son sus fuentes hídricas, lastimosamente, por parte de la administración municipal, no se ha logrado obtener esa conciencia de cuidado y preservación hacia ellas.

Bajo el anterior panorama descrito, este estudio propone las siguientes Hipótesis de Trabajo:

H0 = los parámetros físico-químicos y microbiológicos son homogéneos en los tres puntos de muestreo.

Ho= Los aspectos socioambientales de los habitantes de la vereda la cajita son similares en cuanto a los aspectos de saneamiento ambiental.

JUSTIFICACION

En la ley 1450 del año 2011, artículo 210 se declaran “de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales, distritales y regionales”; por otro lado, respecto al uso que se le da al lugar, se encuentra el Artículo 15 del Decreto 3930 de 2010, que define como usos recreativos del agua dos tipos: Contacto primario, la natación y el buceo y Contacto secundario, los deportes náuticos y la pesca, además en este mismo decreto se estipula la prohibición del lavado de vehículos en algún cuerpo de agua; por lo que este, se ofrece como soporte para reconocer que el lugar funciona como sitio recreativo ya que son estas las actividades realizadas allí, y que se realizan prácticas legalmente indebidas, evidenciadas en las salidas de campo realizadas para muestrear y encuestar; es decir, todo fundamentado por la bibliografía y confirmado por la realidad.

La Corporación Regional del Cauca en su PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS SAMBINGO-HATO VIEJO, MUNICIPIOS DE BOLIVAR, MERCADERES Y FLORENCIA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA mencionan que “Las zonas que cuenten con cuerpos de agua como ríos, quebradas, zanjones, cañadas, entre otros, son consideradas como áreas de preservación ecológica y ambiental puesto que generan un equilibrio y un mantenimiento de la biodiversidad, estructura y función de los ecosistemas” (CRC, 2004, p.75).

Bajo este contexto en este estudio se realizaron visitas a entidades como CORTOLIMA, departamento de planeación municipal, y junta de acción comunal de la vereda “la Cajita”, en pro de solicitar informes previos relacionados con la quebrada “La Palmara”, donde se recibió respuesta, de que no existe ningún antecedente de estudios o análisis realizados anteriormente,

por lo que esta investigación, representa un primer paso en la línea base de gestión para este recurso hídrico; además de todo lo anterior se suma el hecho de ser un estudio puntual en la contaminación en balnearios en la región, que bajo el sustento de la revisión bibliográfica y estado del arte en Colombia se registran muy pocos estudios, siendo frecuentes las notas escritas por periódicos del País.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio preliminar de la calidad del agua en tres puntos de la quebrada “La Palmara” empleando índices de calidad de agua (ICA’s) y la presencia de tres contaminantes (aceites y grasas, hidrocarburos y detergentes) en la Bocatoma. Melgar – Tolima (2017)

Específicos

- Desarrollar el índice de calidad de agua (ICA) a partir de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos establecidos
- Efectuar el método BMWP’Col empleando macroinvertebrados acuáticos presentes en los 3 puntos de muestreo
- Determinar aspectos socio ambientales de los habitantes de la vereda la Cajita, caracterizada por presencia de balnearios, que colindan con la quebrada en estudio

MARCO REFERENCIAL

Marco teórico.

Estructura y funcionamiento del ecosistema fluvial

La estructura se encuentra relacionada con las dimensiones y la forma del cauce del cuerpo de agua, la calidad química, la diversidad de los hábitats, interacciones dinámicas y las comunidades biológicas que se establezcan allí. Por otra parte, su funcionamiento está ligado al transporte o retención de sedimentos, nutrientes o materia orgánica (Elosegi, 2009).

Según Elosegi (2009), el funcionamiento de un cuerpo de agua, como ríos o quebradas incluyen actividades de abastecimiento público ya sea para consumo humano, riego, navegación, pesca y/o generación de energías alternativas; siendo así, que en algunos países el paisaje fluvial es considerado como principal atractivo turístico y así mismo proporciona relevantes ingresos económicos; y precisamente esta gran demanda ligada al exponencial crecimiento poblacional, crean problemas ecológicos y sociales, que en algunos casos pueden ser de proporciones alarmantes.

Calidad del agua.

Pérez (2000) afirma que el agua es un recurso, en el que su calidad es relativa, dependiendo su utilidad, fin o uso; ya que cada uno se interesa en él, según sea la aplicación que se le desea dar (comercial, industrial, recreativo) teniendo en cuenta que no se requiere la misma calidad para diferentes aplicaciones.

Campos (2000, p.48) cita a Wáter Quality Assesment (1967, p.5) que la definió como “el grupo de concentraciones, especificaciones, substancias orgánicas e inorgánicas y la

composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua. La calidad del cuerpo de agua muestra variaciones espaciales y temporales debido a factores internos y externos del cuerpo de agua”.

Ahora bien, para determinar si el agua es apta para el consumo humano, Campos (2000), propone una serie de parámetros que caracterizan el agua en su estado natural, y que resultan fáciles de comparar:

Parámetros físicos. Son referidos como aquellos que afectan a los sentidos de un ser vivo; como lo son: el tacto, el gusto, el olor.

- Sólidos suspendidos
- Turbiedad
- Color
- Olor
- Sabor
- temperatura

Parámetros químicos. Resultan un poco más difíciles de determinar que los parámetros físicos, ya que se refieren a la capacidad de solvencia del agua y requieren de ser analizados en un laboratorio.

- Sólidos disueltos
- Alcalinidad
- Dureza
- Metales

- Sustancias orgánicas
- Nutrientes

Parámetros biológicos. Se refiere a los seres vivos u organismos que sirven como indicadores de contaminación del medio en el que viven por su presencia o ausencia.

Índice de calidad de aguas (ICA)

Gonzales y Zuñiga (2014), afirmaron que estos índices dependen de las características físicas, químicas y bacteriológicas propias de cada masa de agua; además expusieron que combinan diversas variables del agua, para producir una escala numérica representativa del grado de contaminación del agua, arrojando valores de cero para aguas muy contaminadas y variando hasta 100, aguas muy limpias; todo este proceso determinado mediante nueve variables citadas por diferentes autores: Coliformes fecales, OD, DBO₅, Temperatura, pH, fosfatos, Nitratos, Sólidos totales, Turbiedad.

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, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA). 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 compararlo 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 (El Ministerio de ambiente y Recursos Naturales, 2003, p, 1). La Tabla 1, presenta algunas de las ventajas y desventajas del Índice de Calidad de Agua.

Tabla 1. Algunas ventajas y desventajas del índice de calidad de agua. (ICA).

Ventajas	Limitaciones
Permiten mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.	No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.
Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio.	No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.	Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos.	No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.
Pueden identificar tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas.	Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta la credibilidad de los ICA como

Permiten priorizar para evaluaciones de una herramienta para la gestión.
calidad del agua más detalladas.

Mejoran la comunicación con el público y
aumentan su conciencia sobre las
condiciones de calidad del agua.

Fuente: COLEGIO GREGORIO JOSÉ RAMÍREZ CASTRO. UTILIZACIÓN DEL ÍNDICE BMWP'-CR PARA ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN QUEBRADA BARRO, MONTECILLOS DURANTE EL AÑO 2013.

Contaminación del agua

Campos (2000, p.48) cita a GESAMP (1988), quien la define como “la introducción por el ser humano y sus actividades directas o indirectas de sustancias o energía que dan por resultado efectos negativos como:

- Daño de recursos vivos
- Daño a la salud humana
- Impedimento de la realización de actividades acuáticas como pesca, deportes acuáticos o amenidades en general.
- E impedimento del uso del agua para actividades agrícolas, industriales y domésticas”.

Dentro de las causas que provocan algún tipo de contaminación en el agua dulce, Calvo (2002) menciona algunas de las más importantes:

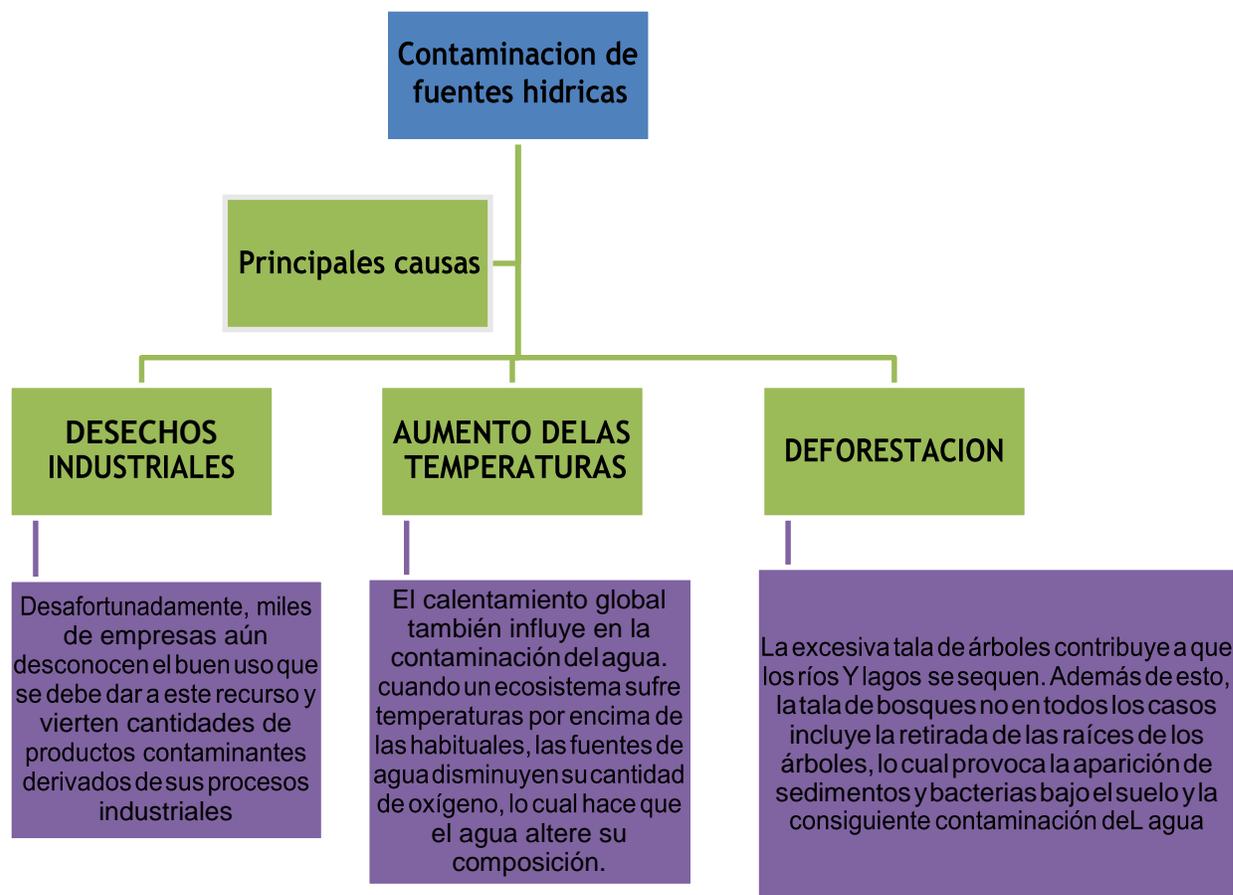


Figura 1. Causas de contaminación en agua dulce

Fuente: Calvo F. F.G. (2002). *Tema 4, contaminación del agua*. Recuperado: [//www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf](http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf)

Biomonitoreo: Una gran alternativa para conocer contaminación

Según Cegretin (2000), son técnicas basadas en cómo reacciona o que tan sensible es un organismo vivo a diferentes sustancias contaminantes que se encuentren en su hábitat

(ecosistema) y se encarga de evaluar los efectos desfavorables de una sustancia toxica sobre un organismo (alteraciones en el desarrollo, en las funciones vitales...)

Se puede realizar de dos maneras:

- ✓ Estudiando los efectos sobre los organismos preexistentes en el ecosistema.
- ✓ Tomando muestras del ambiente y análisis de laboratorio de presencia de contaminantes sobre organismos modelo.

Indicadores biológicos acuáticos (bioindicadores)

Pinilla (2003, p.11), afirma que un bioindicador “se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita, en especial, si tales fenómenos constituyen un problema de manejo del recurso hídrico”. Se les encuentra directamente en relación con la calidad del agua puesto que cualquier clase de contaminante presente en determinado medio que perturbe las condiciones normales de este, acarreará cambios en los organismos concurrentes.

De esta manera Pinilla (2003), asume que todo organismo es indicador de las condiciones del medio o hábitat en que se desarrolla, ya que su existencia en determinado sitio y momento responderá a su capacidad de adaptación a diversos factores ambientales; así mismo afirma que cualquier contaminante que perturbe las condiciones originales de un sistema acuático provocara cambios notados en los organismos y su magnitud dependerá del tiempo que dure, la intensidad y naturaleza de la perturbación.

Esto último es apoyado también por Capó (2005), quien plantea que la capacidad de respuesta de los bioindicadores depende de muchos factores como por ejemplo:

- De la composición genética de los organismos.
- De su estado de desarrollo, es decir, las etapas en el ciclo vital.
- De las propias condiciones ambientales

Macroinvertebrados acuáticos.

Según Roldan (1992) los describe como organismos que no tienen espina dorsal y que son visibles sin usar un microscopio. En la mayoría de los riachuelos, la energía disponible para los organismos se almacena en las plantas y se pone a disposición de la vida animal en forma de hojas y algas que comen los macroinvertebrados. A su vez, estos son una fuente de energía (alimento) para aves, mamíferos y peces”.

El caracterizar masas de agua ha sido objeto de estudio desde mucho tiempo atrás por la necesidad de conocer su composición y su grado de contaminación, sobre todo para aguas que son utilizadas para abastecimiento público y por lo tanto deben cumplir parámetros mínimos de potabilidad; la biondicación, “se remonta a los años setenta con los trabajos de Roldan, *et al.*,(1973), cuando por primera vez se realizó un estudio de la fauna de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación del río Medellín. Posteriormente, Mattias y Moreno (1983) realizaron un estudio físico químico y biológico del mismo río utilizando los macroinvertebrados como indicadores de la calidad el agua; Bohórquez y Acuña, (1984) realizaron los primeros estudios para la sabana de Bogotá. Roldan (1988) publicó la primera guía para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el Departamento de Antioquia, y luego se comprobó su aplicación para la mayoría de países neo tropicales. También en 1992 publico *fundamentos de limnología neotropical* y posteriormente adopto el sistema BMWP para evaluar la calidad de agua en Colombia mediante el uso de los

macroinvertebrados acuáticos (Roldan, 1977,1999); Zuñiga de Cardozo,*et al.*,(1977) hicieron una adaptación de este método para algunas cuencas del valle del cauca. Reinoso (1998) realizo un estudio del rio Combeima en el Departamento del Tolima. Después Zamora (1999) realizo una adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia, y finalmente Roldan (2001) adapto el sistema para la cuenca de Piedras Blancas en el Departamento de Antioquia” (Roldan 2003). En estudios, mucho más recientes encontramos a Garcia (2012) con su estudio “macroinvertebrados acuaticos como indicadores de la calidad del agua” e igualmente Garcia, Baquero y Sarmiento (2013), con “Valoracion de los servicios ecosistemicos, presentes en el área paisajística Alonso Vera”.

Método BMWP

El biological monitoring working party comenzó a ser usado en el año 1970 en Inglaterra por ser un método sencillo, que no requiere de mucho tiempo a comparación de otros y económico para evaluar la calidad de un cuerpo de agua utilizando macro invertebrados como bioindicadores. Solo se requiere alcanzar el nivel familia y sus datos son cualitativos (presencia o ausencia). Se trabaja de 1 a 10 dependiendo el nivel de tolerancia de los organismos a la contaminación orgánica; de esta manera las familias más sensibles como por ejemplo Perlidae obtendrán un puntaje de 10 y las familias más tolerantes como tubificidae recibirán una puntuación de 1. Al adicionar los puntajes de todas las familias se obtiene el total BMWP; estos valores de tolerancia, son ya asignados por la metodología establecida por Roldan, y son basados básicamente en estudios de las historias de vida y valencia ecológicas de estos grupos taxonómicos (Roldan 2003, p.29).

García (2012), planteaba en su trabajo algunas de las ventajas y desventajas de este método:

Ventajas

- Metodología económica
- Fácil colecta de los organismos
- Algunos grupos taxonómicos son sensibles y de reacción rápida frente a alteraciones.

Desventajas.

- Los macroinvertebrados acuáticos no son sensibles a algunas alteraciones, así como a los patógenos humanos y a cantidades traza de algunos contaminantes.

TPH, Hidrocarburos Totales de Petróleo.

Los Hidrocarburos de Petróleo son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos que suponen entre el 50% y el 98% de la composición, su origen es el petróleo crudo. Debido a que hay muchos productos químicos diferentes en el petróleo crudo y en otros productos derivados del petróleo, no es práctico medir cada uno en forma separada. Sin embargo, es útil medir la cantidad total de hidrocarburos en un sitio, es por ello la importancia del desarrollo de métodos que permitan determinar estos productos (Estrella y Guevara, s.f).

Según Brissio (2005) se clasifican de la siguiente manera:

Hidrocarburos saturados. Los hidrocarburos saturados son la principal clase de compuestos encontrados en el petróleo y en la mayoría de los derivados. En su estructura poseen enlaces simple C-C:

- Alifáticos: lineales o ramificados.
- Alicíclicos: compuestos cíclicos con la formula general: C_nH_{2n}

Hidrocarburos Insaturados. Esta clase de compuestos tiene al menos dos átomos de carbono en la molécula unidos por un enlace doble o triple ($C=C$ para alquenos, y $C\equiv C$ para alquinos). Estos compuestos no se encuentran en el petróleo crudo y son producidos principalmente en el proceso de craking en la producción.

- Alquenos /Olefinas: estos compuestos pueden ser cadenas lineales, ramificados o compuestos cíclicos
- Alquinos /Acetilenos: estos compuestos se presentan en cadenas lineales y estructuras ramificadas.

Aromáticos. Los compuestos aromáticos son una clase especial de hidrocarburos insaturados. La estructura de estos compuestos se basa en la estructura del anillo del Benceno el cual contiene 6 carbonos.

- Benceno: este es un anillo aromático simple.
- Alquilbenceno: estos compuestos tienen la base del anillo aromático unido a un radical alquilo.
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs): estos compuestos están formados por dos o más anillos aromáticos unidos entre sí.

Tensoactivos

Se definen como moléculas con una estructura polar/no polar (anfifílica), con tendencia a localizarse en la interface, formando una capa mono molecular adsorbida en dicha interface.

Las soluciones de tensoactivos resultan ser activas al colocarse en forma de capa mono molecular adsorbida en la superficie entre las fases hidrofílicas e hidrofóbicas. Esta ubicación impide el tráfico de moléculas que van de la superficie al interior del líquido en busca de un estado de menor energía, disminuyendo así el fenómeno de tensión superficial (Salager 2002).

Salager (2002), también nombra dentro de sus clasificaciones a los Tensoactivos aniónicos, grupo de interés para este estudio; En solución se ionizan, pero considerando el comportamiento de sus grupos en solución, el grupo hidrófobo queda cargado negativamente. Están constituidos por una cadena alquílica lineal o ramificada que va de 10 a 14 átomos de carbono, y en su extremo polar de la molécula se encuentra un anión. Representantes de este grupo son derivados del ión sulfato o de sulfonatos como es el dodecil sulfato de sodio o dodecil benceno sulfonato de sodio.

- Surfactantes anionicos. Se llaman "jabones" a las sales de sodio o de potasio de ácidos grasos. Por extensión, al ácido puede ser cualquier ácido carboxílico y el metal alcalino puede reemplazarse por un catión orgánico o mineral cualquiera.

El método expuesto por el IDEAM (2007), para su determinación es SAAM, con azul de metileno; el método es relativamente simple y preciso, comprende tres extracciones sucesivas desde un medio acuoso ácido con exceso de azul de metileno a una fase orgánica de cloroformo, seguida de la lectura del color azul de dicha fase orgánica mediante espectrofotometría a 652 nm. El método es aplicable para la determinación de tensoactivos aniónicos en aguas superficiales y en aguas residuales pero debe tenerse en cuenta la posible presencia de otro tipo de sustancias activas al azul de metileno.

Aceites y Grasas

Bojaca (2007) expresa que “en la determinación de grasas y aceites no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica; se determinan grupos de sustancias con características físicas similares con base en su solubilidad en el solvente. Así, el término "grasas y aceites" comprende cualquier material recuperado como una sustancia soluble en el solvente (n-hexano). Esto incluye otros materiales extraídos por el solvente de la muestra acidificada, tales como compuestos azufrados, algunos colorantes orgánicos y clorofila, no volatilizados durante el ensayo”.

Impactos del Turismo en el ambiente

El secretariado de la red de autoridades ambientales (2001), expuso que algunas modalidades de turismo y ciertas actividades recreativas pueden dar lugar a la destrucción de hábitats, al deterioro del paisaje y a una encarnecida competencia por recursos y servicios escasos (agua dulce, territorio, energía, tratamiento de aguas residuales, etc.). Además, las poblaciones locales pueden sufrir, como consecuencia del ejercicio de estas actividades, una pérdida de sus tradiciones y adquirir una excesiva dependencia de los ingresos generados por el turismo.

El turismo y las actividades recreativas dependen de la calidad del entorno natural y cultural para su éxito a largo plazo. No obstante, cuando un lugar dotado de zonas de atractivo turístico se convierte en un destino interesante para el turismo y las actividades recreativas, los impactos ambientales incontrolados pueden poner en peligro los futuros beneficios. Por tanto el turismo puede afectar al entorno natural hasta el punto de poner en peligro su propia existencia (secretariado de la red de autoridades ambientales, 2001).

De igual manera, ellos adoptan una clasificación donde exponen algunas de las afectaciones del turismo al medio ambiente:

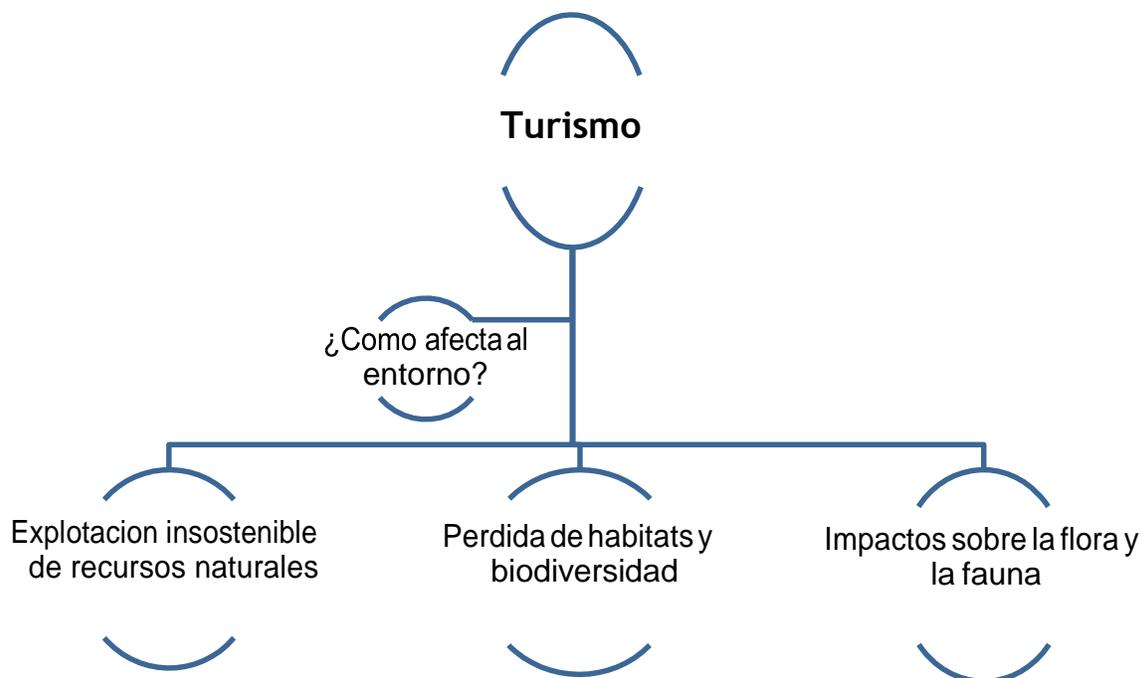


Figura 2. Impactos del Turismo al medio ambiente

Fuente: Secretariado de la red de autoridades ambientales (2001). Hacia un Turismo sostenible. Recuperado: <http://www.datosdelanzarote.com/uploads/doc/2007090213283212turismo.pdf>

Marco conceptual

Agua para consumo humano: Es aquella que por cumplir con ciertas características físicas, químicas y microbiológicas reglamentadas, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal (Decreto 1575, 2007).

Agua contaminada: Se considera que el agua está contaminada si se le añaden sustancias que afectan a las especies que viven en la misma, o a su utilización como agua potable, para lavar o para nadar (UNESCO-PNUMA, 1993).

Fuentes superficiales: Las fuentes de agua superficial son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales (UNESCO-PNUMA, 1993).

Encuesta socio – ambiental: Actividad que servirá para analizar el impacto social en la zona limitante de la quebrada generado por la comunidad. (Vertimientos, residuos sólidos, turismo, entre otros) (Alvira, 2011).

Monitoreo de calidad: El monitoreo de la calidad del agua es fundamental para garantizar la seguridad de la misma para el consumo humano y vigilar los depósitos de agua en los ecosistemas, evitando así, su contaminación (Acevedo et al, 2013).

Coliformes fecales: Son bacterias Gram-negativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 h de incubación a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo la más prominente es *Escherichia coli* (Resolución 2115, 2007).

pH: Es una medida de la naturaleza acida o alcalina de la solución acuosa según la concentración de iones de hidrogeno, que puede afectar a los usos específicos del agua (Rigola, 1990).

Demanda bioquímica de oxígeno: Mide la cantidad de oxígeno consumido en 5 días (DBO5) en la eliminación de materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios (Campos, 2000).

Nitratos: El ion nitrato es la forma estable en una estructura oxidadas del nitrógeno, y a pesar de su baja reactividad química puede ser reducido por acción microbiológica y pasar a nitrito, amoniaco o Nitrógeno (Anton y Lizaso, 2001).

Fosfatos: El ion fosfato, PO_4^{-3} , en general forma sales muy poco solubles que no se disocian completamente con el agua, por lo que es un ácido débil, que solo libera una pequeña parte de sus iones H, lo que hace que contribuya a la alcalinidad del agua. Están presentes en los fertilizantes y detergentes (Putz, 2006).

Temperatura: Es un parámetro muy importante para un cuerpo de agua, pues la existencia de la biota depende directamente de la temperatura. La temperatura tiene cambios directos e indirectos sobre la mayoría de las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren en el agua (Campos, 2000).

Turbiedad: Es la dificultad del agua para transmitir luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos que se presenta principalmente en aguas superficiales (Estrella y Guevara, s.f).

Sólidos disueltos totales: Es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada y corresponde al residuo seco de esta filtración (Estrella y Guevara, s.f).

Oxígeno disuelto: “En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. La concentración total de oxígeno disuelto ([OD]) dependerá del balance entre todos estos fenómenos” (Goyenola, 2007).

Detergentes: Son compuestos de materiales orgánicos superficialmente activos en soluciones acuosas. En el agua alteran su tensión superficial y permiten la formación de burbujas estables de aire, gracias a su contenido de agentes superficiales activos o surfactantes. La formación de

estas burbujas obstaculizan el intercambio de oxígeno entre el agua y la atmósfera (Romero, 2002).

Grasas y aceites: Sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente (Estrella y Guevara, s.f).

Hidrocarburos: Los Hidrocarburos de Petróleo son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos que suponen entre el 50% y el 98% de la composición, su origen es el petróleo crudo (Estrella y Guevara, s.f).

La contaminación por nutrientes: Es uno de los problemas ambientales más extendidos, costosos y complejos de los Estados Unidos, y es el resultado del exceso de nitrógeno y fósforo en el aire y el agua. El nitrógeno y el fósforo son nutrientes naturales presentes en los ecosistemas acuáticos. El nitrógeno también es el elemento más abundante en el aire que respiramos. El nitrógeno y el fósforo ayudan al crecimiento de algas y plantas acuáticas, que brindan comida y un hábitat a peces, moluscos y organismos más pequeños que viven en el agua (EPA 2016).

Test Kruskal Wallis: Es una generalización de la prueba de suma de rangos de Wilcoxon, permitiendo comparar más de dos muestras con el propósito de conocer si proceden de la misma población o si hay diferencias entre las medidas de tendencia central de más de dos poblaciones (Acuña, s.f).

Coefficiente de variación: Es el indicador del grado de aproximación con que se estiman las características del universo (DANE, 2008).

Marco legal

Tabla 2. Normativa relacionada con el agua, su calidad y su monitoreo biológico.

Constitución política de Colombia	Artículo 8. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
	Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
	Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico (2010 – 2022)

Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente.

Decreto 3695 de 2009 derogando la Ley 1259 de 2008

Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.

Decreto 953 del 2013, reglamentando el artículo 111 de la ley 99 de 1993

Art 210. Declárense de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales, distritales y regionales. Los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de dichas zonas o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales.

Ley 99 de 1993

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Art 25. Actividades no permitidas.

Decreto 3930 de 2010

El lavado de vehículos de transporte aéreo y terrestre en las orillas y en los cuerpos de agua, así como el de aplicadores manuales y aéreos de agroquímicos y otras sustancias tóxicas y sus envases, recipientes o empaques.

Decreto 1575 2007

Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Decreto 1729/2002

Reglamenta la ordenación de las cuencas hidrográficas, orientada al planeamiento del uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, expone la necesidad de partir de diagnósticos y prospectivas, así como de la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de manera concertada con los actores sociales.

Resolución 2115 de 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.

Resolución 1096/2000

Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento básico

RAS

Resolución 0631 de 2015

Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO

Gestión Ambiental. Calidad de agua. Muestreo.

5667-2:

Técnicas generales de muestreo.

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO

Calidad del agua. Muestreo. Directrices para la

5667-3:

preservación y manejo de las muestras.

El presente Reglamento establece las

**Reglamento de la Calidad del Agua
para el Consumo humano**

disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

Marco geográfico

Descripción Física:



Figura 3. Ubicación del municipio en el departamento del Tolima.
(Fuente: Sociedad colombiana arquitectos Regional Tolima.)

Melgar.

Melgar gracias a su posición geográfica brinda un clima cálido a lo largo del año, un bosque seco tropical y hermosas fuentes hídricas, es bañado por el río Sumapaz y la quebrada la melgara entre otros afluentes; su localización astronómica es 40°12” Latitud Norte, 74°39” Longitud Oeste (ALCALDIA MUNICIPAL, 2013). A continuación, se describen los límites del municipio de Melgar – Tolima:

Tabla 3. Límites del municipio

Orientación	Departamento o municipio limitante
Norte	Departamento de Cundinamarca
Sur	Municipio de Cunday
Oriente	Municipio de Icononzo
Occidente	Municipio del Carmen de Apicala

Fuente: http://www.melgar-tolima.gov.co/informacion_general.shtml

El Municipio de Melgar se encuentra enmarcado en una micro-región integrada por los municipios de Carmen de Apicalá, Icononzo y Cunday en el departamento del Tolima, y por los municipios de Ricaurte, Nilo, Tibacuy, Pandi en el departamento de Cundinamarca (provincias del Alto Magdalena y Sumapaz) los cuales orientan sus actividades hacia el sector de los servicios, con énfasis en el turismo, y en menor escala, a actividades productivas en los campos de minería, agricultura y ganadería (PBOT, 2016).

El Municipio de Melgar, al estar localizado en el área de desarrollo turístico de la región central del país (Departamentos de Tolima y Cundinamarca), posee características naturales excepcionales que refuerzan su vocación para este tipo de servicio; De un lado el río Sumapaz, con un fabuloso caudal que abastece el consumo de la población municipal, además de ser un espacio natural idóneo para practicar deportes náuticos de aventura como son el rafting o el Jet sky. En el Municipio existe una amplia red de afluentes del Sumapaz que recorren el suelo urbano y rural antes de desembocar a su cuenca principal. Entre algunos de estos afluentes, se puede citar a La Melgara, La Palmara, La Chicha, Inalí, Apicalá, entre otros, que conforman una importante fuente proveedora de agua, cuyos nacimientos se ubican en la parte más alta del municipio, sobre los cerros El Muerto y Bellavista, límites naturales con los municipios de Cunday e Icononzo (PBOT, 2016)

Geomorfología.

En su mayoría el territorio es montañoso, aunque cuenta con algunas zonas planas hacia el norte y el occidente. Entre los principales accidentes geográficos, se destacan: La cordillera de Cunday, la cuchilla de Buenavista, los cerros del Tablazo, Gallinero, la Cruz y Montecristo; los altos del Arbolito, Buenavista, Chichón, La Meseta, y las lomas de Buenas Tardes, Cara de Perro, Chuzo y el Hoyo. Este complejo ecológico y orográfico, cuenta con amplia diversidad de paisajes, abundantes fuentes hídricas y un clima promedio de entre 22° a 32°, siendo este un factor importante que atrae la gran afluencia de turistas durante todo el año (PBOT 2016).

Economía

Según el Plan básico de Desarrollo municipal (2016), la estructura económica de Melgar presenta un sector agropecuario débil con poca incidencia sobre la economía del municipio, manteniendo un nivel de subsistencia de la población rural que podría ser dinamizado en el

desarrollo no solo con sistemas productivos sino la incorporación de actividades turísticas en la zona con el desarrollo del agroturismo y ecoturismo, que se convertirían en ejes fundamentales en el desarrollo económico del municipio. Dentro del sector primario se destaca, en cambio, la explotación de hidrocarburos con producción creciente, generador de importantes regalías para el municipio y el departamento, en el caso del sector secundario es prácticamente inexistente contrario a lo que sucede con el sector terciario en especial la actividad turística que se ha convertido en el principal renglón generador de recursos, por la reactivación de las actividades comerciales y de la construcción, que el municipio aún no ha aprovechado en su capacidad tributaria completa. Otro punto es que Melgar esta intercomunicado con la vía nacional Bogotá- Ibagué que facilita la comunicación entre los municipios en los que empieza a ser un centro de atracción en temporadas vacacionales gracias a la existencia de dos corredores viales de gran importancia que lo unen directamente con la capital de la república y por su clima, este último reflejado en la siguiente Tabla:

Tabla 4. Condiciones climáticas del municipio del Melgar-Tolima

ZONA CLIMÁTICA	CARACTERÍSTICAS	ÁREA (Has)	ÁREA (Km ²)
Medio ligeramente húmedo. (Bosque húmedo premontano).	Altura: 900-1400 m.s.n.m Precipitación: 1500-1800mm Temperatura: 20-24 °C Humedad Relativa: 50-75% Nubosidad: alta Brillo solar: bajo	4720.20	47.202
Cálido semihumedo (Bosque húmedo tropical)	Altura: 500-900 m.s.n.m Precipitación: 1200-1500mm Temperatura: 24-27 °C Humedad Relativa: 50-75% Nubosidad: Baja Brillo solar: moderado	4066.43	40.664
Cálido Semiseco (Bosque seco tropical)	Altura: 300-600 m.s.n.m Precipitación: 900-1200mm Temperatura: 26-28 °C Humedad Relativa: <50% Nubosidad: Baja Brillo solar: moderada	11353.05	113.530

(Fuente. Plan básico de ordenamiento territorial para el Municipio de Melgar. (PBOT) 2016.)

Área rural.

El Acuerdo Municipal No. 014 de 2001 no establece dentro de su texto la división política administrativa del sector rural, sin embargo, se puede observar que la mayoría de sus análisis espaciales se realizan teniendo como base la subdivisión veredal, que se visualizan en la siguiente Tabla:

Tabla 5. Veredas de la zona rural del municipio de Melgar-Tolima

SECTORES	NOR ORIENTAL	ORIENTAL	SUR OCCIDENTAL	OCCIDENTAL
VEREDAS	La Reforma	La Cajita	Ceboruco	La Apicalá
	Las Palmas	Alto de la Palma	San Cristobal	Chimbi
	San José	Cácuta	Buenavista	Bombote
	La Primavera	Cualamaná	Aguila Alta	
	El Salero	La Arabia	El Floral	
	Malachí	El Aguila Baja	Veraguas	
	Tokio	El Aguila	Inalí	
		Guacamayas	La Siberia	

(Fuente. Plan básico de ordenamiento territorial para el Municipio de Melgar. (PBOT) 2016.)

Sector oriental: Este sector está localizado frente al perímetro urbano. Lo conforman las veredas La Cajita, Calcuta, Alto de La Palma, Cualamaná, Arabia, Águila Baja, El Águila y Guacamayas. El acceso principal se hace por la carretera Melgar-Icononzo e internamente las veredas se encuentran relativamente bien comunicadas, de una parte a través del anillo vial petrolero el cual se desprende de la carretera principal y de otra parte por carreteras sin pavimentar en aceptables condiciones para el tránsito lo mismo que por carretables y caminos (PDM, 2012-2015).

Fisiográficamente el sector cuenta con terrenos con relieve de pendientes desde muy fuertes como la Cuchilla del Muerto hasta moderadas en la mayor parte de su territorio. El sector se constituye económicamente para el municipio en el más importante por los recursos que produce desde el punto de vista minero por los yacimientos de petróleo que contiene el subsuelo. Así mismo, también es importante por tener sus cuencas hidrográficas buena cobertura vegetal y conservación, factores que garantizan recursos de agua casi permanentes para las veredas. La calidad de los suelos es relativamente buena y por consiguiente la producción agrícola, así como las condiciones del clima especialmente desde la parte media a alta del sector; Este sector tiene además una población rural en número importante con proyección al crecimiento, dedicada a labores agrícolas y actividades relacionadas con la explotación petrolera (PDM, 2012-2015).

Usos del suelo rural: La extensión del Municipio es de 20.103,1 ha de las cuales el 92% es rural y el restante 8% urbano. Del suelo rural, tan solo el 9,2% se dedica a la agricultura (1.854 hectáreas), el 43,8 son bosques (8.804 hectáreas) y el 47% tiene otros usos (9.445 hectáreas), especialmente para asentamientos militares. La división político-administrativa del Municipio de Melgar la conforman 52 barrios localizados en la zona urbana y 26 veredas ubicadas en la zona rural (PDM, 2012-2015).

Con base en esta clasificación desde el PBOT se definen las actividades del suelo, en la siguiente Tabla:

Tabla 6. Actividades del suelo rural de Melgar – Tolima

Actividad	Descripción	Localización predominante de la actividad
Actividad agropecuaria Mayor	El uso predominantemente son los cultivos de café, cacao, frutales, bocadillo, banano etc., o actividad ganadera extensiva. Son pocos los predios utilizados en su totalidad en esta actividad.	Sector Oriental
Actividad Agropecuaria Menor	Comprenden los predios donde las actividades agropecuarias ocurren en pequeña escala o de subsistencia, con cultivos de yuca, plátano, maíz, frijol, frutales como limón, mango, ciruela y naranja, mandarina, etc. y áreas dedicadas a la ganadería.	Sector Occidental
Recreación	El turismo se ve favorecido por su ubicación geográfica, el clima tropical y la red vial que lo hacen fácilmente accesible por tierra, donde el eje central es la carretera Panamericana.	Sector Rural Occidental, a lo largo de la carretera Melgar – Carmen de Apicalá
Condominios	Comprende los predios donde se localizan los condominios que ofrecen una segunda vivienda, especialmente para población residente en Bogotá	Sector Rural Occidental, a lo largo de la carretera Melgar – Carmen de Apicalá
Hidrocarburos		Oriental y Sur-Occidental. Campo Guando

(Fuente: DTS, Universidad Nacional de Colombia, 2005)

Quebrada “La Palmara”

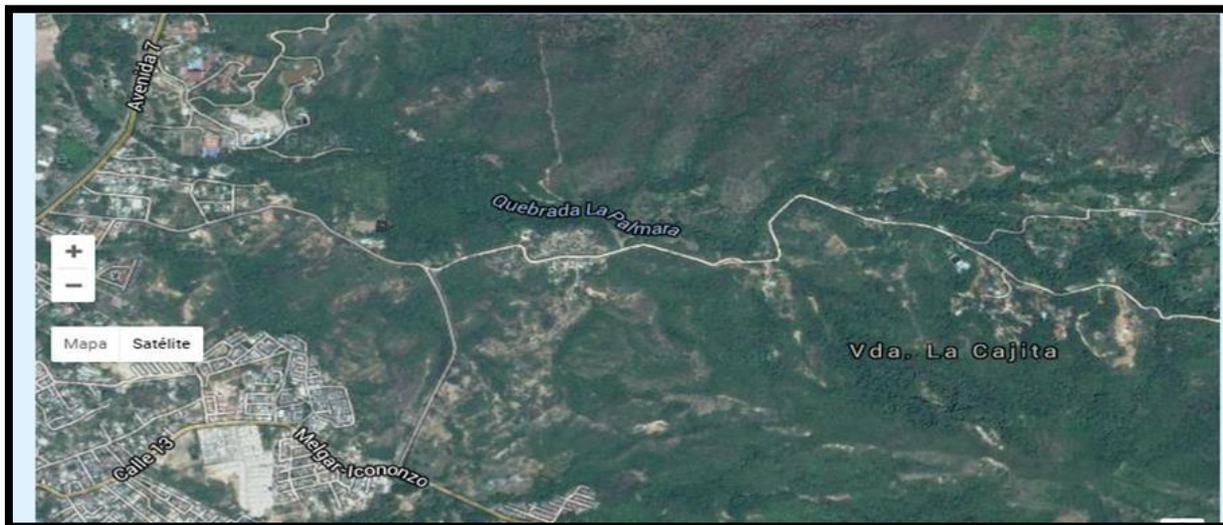


Figura 4. Ubicación de la quebrada “La Palmara”.

(Fuente: www.google-earth.com)

Según el PBOT municipal (2016), es una de las más importantes fuentes hídricas del Municipio; nace en el Cerro Del Muerto, a los 1400 m.s.n.m. en las veredas La Reforma y Calcuta y discurre en sentido occidental para verter sus aguas en el río Sumapaz, después de cruzar las veredas La Cajita, Alto de La Palma y el perímetro urbano. “La quebrada tiene como afluentes principales la quebrada La Calera y la quebrada Pan de azúcar. De la quebrada se capta agua para el acueducto de la cabecera municipal de Melgar, así como también se suministra agua al acueducto de la vereda La Cajita y a los centros de recreación, clubes y condominios. Sin embargo, la quebrada presenta problemas de transformación de cobertura vegetal protectora en la parte alta de la microcuenca, también presenta problemas de contaminación por el vertimiento de aguas negras procedentes de la vereda La Cajita y de las urbanizaciones que se desarrollan en la microcuenca.

METODOLOGIA

Universo, población y muestra

✓ **UNIVERSO**

Comunidad biológica quebrada la Palmara

✓ **POBLACION**

Habitantes de la vereda “La Cajita” del Municipio de Melgar – Tolima

Macroinvertebrados presentes en Quebrada “La Palmara”

✓ **MUESTRA** (puntos de muestreo y encuestas)

- 1 punto Balneario “Cacao” N 4° 12’ 52.07” O 74° 35’ 39.04” 477 msnm
- 2 Punto Bocatoma N 4° 12’ 54,08” O 74° 36’ 25.05” 423 msnm
- 3 Punto Desembocadura Rio Sumapaz N 4° 13’ 03.07” O 74° 37’ 39,06” 357 msnm

Técnicas e instrumentos de recolección

Se establecieron 3 puntos de muestreo entre 350 y 500 msnm, teniendo en cuenta su ubicación estratégica, es decir, el primer punto (balneario “Cacao”) es el primer sitio turístico que se encuentra en el recorrido de la quebrada por lo que es una muestra de agua antes de pasar por las mayores afectaciones y donde casi no ha sido perturbada, en el segundo punto (bocatoma) se encuentra el último de los 4 balnearios por lo que ya ha pasado por las zonas más críticas, y el tercer punto (desembocadura) es donde la quebrada termina su recorrido y llega al Rio Sumapaz.



Figura 5. Punto 1 y Punto 2 de muestreo.

(Fuente: www.google-earth.com)

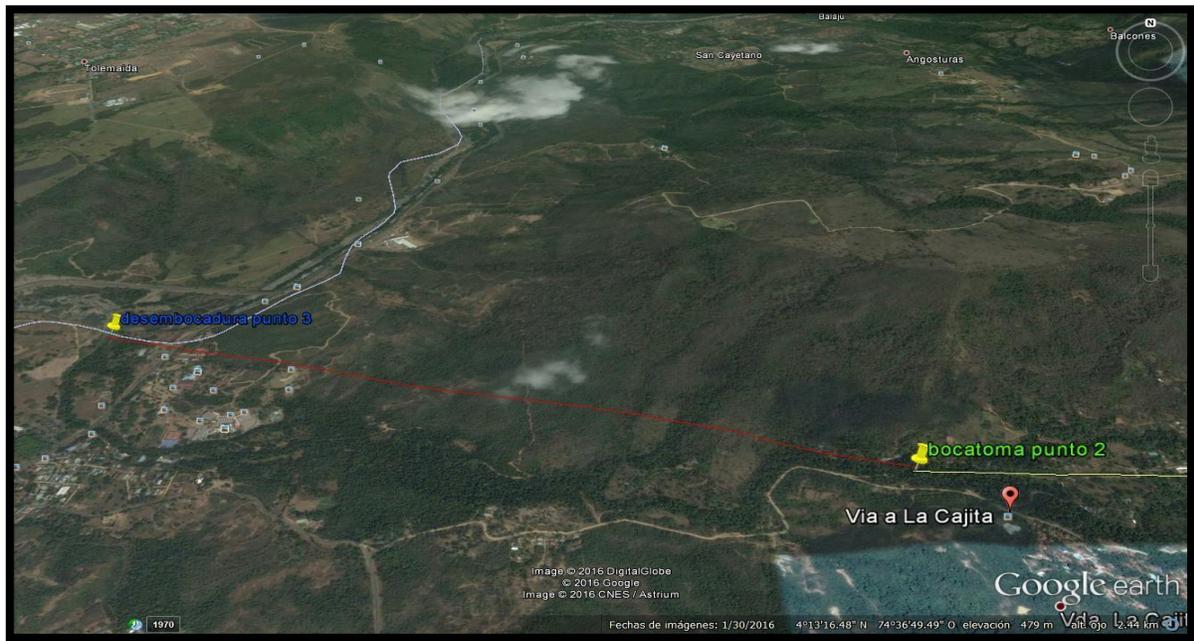


Figura 6. Punto 2 y Punto 3 de muestreo.

(Fuente: www.google-earth.com)

Para la recolección de datos necesarios para el análisis de resultados se implementó una encuesta de preguntas socio – ambientales, para conocer información básica de la población que habita la vereda y que tienen algún contacto con la quebrada; también se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua en 3 puntos determinados previamente, y en el segundo punto (bocatoma) se analizaron, además aceites y grasas, detergentes e hidrocarburos; que debido a limitaciones económicas no se realizó en los 3 puntos, y se escogió el segundo, por ser el punto donde el agua ya ha pasado por todos sus lugares más turísticos y al mismo tiempo donde se colectan las aguas para la planta de tratamiento municipal; y por último, se utilizó el índice biológico de macroinvertebrados BMWP´col en los mismos puntos donde se recolectaron de datos cualitativos de presencia y ausencia de organismos bioindicadores de contaminación.

Análisis de encuestas

Se realizaron 36 encuestas con 12 preguntas cada una, enfocadas al tiempo de residencia y a las actividades cotidianas de los habitantes sobre la quebrada; que fueron aplicadas en 2 de los 3 puntos de muestreo a la población que habita zonas colindantes a la quebrada, ya que en el tercer punto no hay habitantes; luego se hizo la respectiva tabulación en hojas de cálculo de Excel, representadas en gráficos estadísticos (tortas y barras) para una mejor interpretación de los resultados.

Para determinar el tamaño mínimo de la muestra se empleó la siguiente fórmula expuesta por Hidalgo y Argoty (Arevalo, Bacca y Soto.2014), la cual se empleó sobre el dato de 40 viviendas habitadas a las orillas de la quebrada entre el punto 1 y el 2; dato suministrado por el presidente de la junta de acción Comunal de la vereda.

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

Obteniendo así un total de 36 encuestas.

En donde **p*q** corresponde a la probabilidad de acierto y fracaso (0,25)

e: corresponde al error estimado (0,05)

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

n: es el número de personas encuestadas



ENCUESTA PARA HABITANTES DE LA VEREDA “LA CAJITA” MELGAR-TOLIMA 2017
ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN TRES PUNTOS DE LA QUEBRADA LA PALMARA Y LA
PRESENCIA DE CONTAMINANTES: ACEITES, GRASAS, HIDROCARBUROS Y DETERGENTES (MELGAR-TOLIMA 2016)
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

1. De cuantos miembros se compone su familia. _____ (Número)
2. Estrato económico _____
3. Cuál es la actividad económica que realiza la familia.

Comercio _____ ganadería _____ agricultura _____ piscicultura _____ otros _____ Ns/Nr _____

4. Cuanto tiempo ha vivido en la vereda.

0-10 A _____ 11-20 A _____ 21-30 A _____ Más de 31 A _____ Ns/Nr _____

5. Conoce usted la quebrada la palmara ubicada en esta vereda. SI _____ NO _____

6. Cuál cree usted que es la principal causa que pudiera generar contaminantes a la quebrada.

Escombros _____ Residuos sólidos (basuras) _____ Aguas residuales _____ Construcciones _____ Bañeros _____ Deforestación _____

7. Ha sabido de alguna campaña de limpieza y/o concientización que se halla desarrollado en la quebrada. SI _____ NO _____ Ns/Nr _____

8. Que disposición final le dan en su vivienda a las basuras resultantes.

Recolección de empresa _____ Incineran _____ Reciclan _____ Otros _____

9. Cuantos días a la semana desechan basura.

1 día _____ 2-3 días _____ 4-5 días _____ toda la semana _____

10. En su vivienda cuentan con servicio de acueducto (agua potable) SI _____ NO _____

11. En su vivienda que disposición final tienen las aguas sanitarias.

Pozo séptico _____ Alcantarillado _____ Otro _____

12. Ha sufrido daños en su vivienda por inundaciones presentadas en la quebrada. SI _____ NO _____

Siendo clasificada la encuesta de la siguiente manera:

Tabla 7. Clasificación de la encuesta aplicada.

N° DE PREGUNTA	TEMA	IMPORTANCIA
1 2 3 4	Información de residencia y actividades cotidianas de la familia	Es importante conocer el tiempo promedio en que estas familias han vivido cerca a la quebrada para tener más confiabilidad en la problemática presenciada, además de conocer el promedio de habitantes por casa ya que así mismo será la cantidad de residuos.
5 7	Conocimiento de la quebrada en estudio e información sobre ella	Es importante de antemano saber si los habitantes tienen conocimiento de la existencia de esta quebrada para así poder opinar sobre la temática y de igual manera correlacionarlo con la participación de la comunidad en algún evento dedicado a la quebrada.
6 12	Opinión de posibles causas y consecuencias de la problemática	Es importante conocer el punto de vista de ellos, que son los que viven de cerca la problemática y pueden con certeza saber a qué se debe principalmente la contaminación de la quebrada
8 9 10 11	Disposición final de aguas y basuras en estas viviendas encuestadas	Es importante saber cómo están estas viviendas disponiendo finalmente de sus desechos y aguas negras para determinar si también de esta manera se podría estar contaminando la quebrada.

Análisis físico – químicos y microbiológicos

En cada punto se midieron 8 parámetros físico – químicos el día 15 de Mayo del 2017, (temperatura, Ph, OD, DBO₅, Nitratos, Fosfatos, Turbiedad, Solidos totales) y 1 parámetro microbiológico (Coliformes fecales) para realizar el ICA mediante el programa Water Quality Index; se enviaron muestras al laboratorio Agroanálisis Espinal, para la determinación de aceites y grasas, detergentes e hidrocarburos y ; estos análisis en conjunto permitieron conocer el grado de contaminación del recurso a la fecha del muestreo y comparar los cambios en su calidad en los distintos puntos. El muestreo de agua para el estudio de los parámetros se realizó en muestras puntuales, es decir en distintos lugares, pero tan solo una muestra por punto debido a limitación de recursos económicos.

En cada muestra de agua tomada se tuvieron en cuenta datos como:

- Nombre de la persona que recolecto la muestra
- Fecha y hora de la toma
- Nombre del punto muestreado
- Número de la muestra
- Parámetro a medir en la muestra

Datos pertenecientes a la cadena de custodia de la muestra, para su adecuada interpretación en el laboratorio. Además se tuvo en cuenta la cantidad de agua muestra requerida en cada caso por parámetro a medir; en el caso del laboratorio *Agroanálisis* del Espinal, fue requerido un galón de muestra para aceites y grasas, hidrocarburos y detergentes; por otro lado para las muestras del laboratorio de la planta de tratamiento de Melgar, se recogieron dos litros de muestra por cada punto, para la medición de turbiedad,

nitratos y fosfatos; para las muestras enviadas al laboratorio Conoser de Bogotá, fue un litro por cada punto para solidos totales y DBO₅, y por ultimo para la determinación de Coliformes fecales en el laboratorio de la Universidad de Cundinamarca, fue una muestra de 250 ml por punto; para los parámetros de Ph y Temperatura, sus mediciones fueron in situ, con un pH metro portátil facilitado por la Universidad de Cundinamarca; y para el caso del oxígeno disuelto fue medido en laboratorios de la Universidad con equipos propios de ella; todas las muestras fueron colectadas bajo la superficie del agua (aprox.20 cm) para evitar alguna contaminación cruzada o errores de medición, y realizando en primer lugar un “pringado” del envase; además fueron debidamente conservadas con geles refrigerantes antes de ser entregadas al laboratorio para la preservación máxima de las condiciones del agua; y fueron transportadas en el menor tiempo posible luego de ser colectadas.



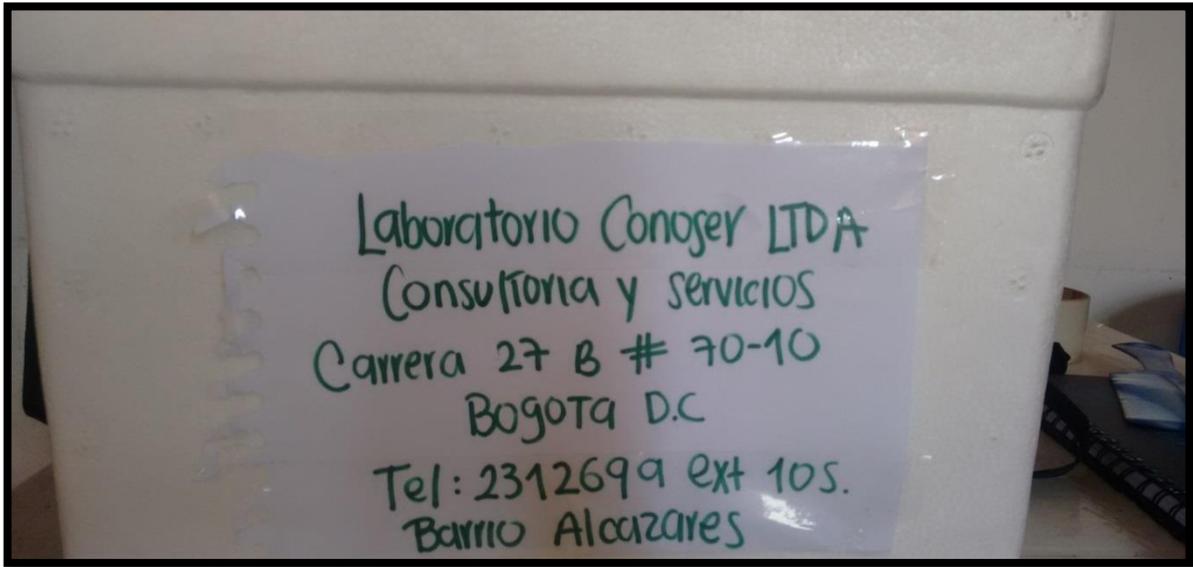


Figura 7. Muestras enviadas al laboratorio

(Fuente: Los autores)

A continuación, se especifica el método analítico utilizado para cada parámetro.

Tabla 8. Técnicas analíticas utilizadas

PARÁMETROS	METODO ANALITICO
OXÍGENO DISUELTO (OD)	Potenciométrico/Oximétrico
DEMANDA BIOQUÍMICA OXIGENO (DBO5)	Winkler 5 días
TEMPERATURA	Termométrico
FOSFATOS TOTALES	Fotométrico/UV
NITRATOS	Fotométrico/UV
TURBIDEZ	Fotométrico/UV
Ph	pH métrico
COLIFORMES FECALES	Recuento en placa
SOLIDOS TOTALES	Gravimétrico
ACEITES Y GRASAS	Infrarrojo de Partición
TPH	Inmunoensayo
SURFACTANTES ANIONICOS	Cristal Violeta

Finalmente, al obtener todos los resultados se procedió a realizar el Índice de Calidad de Agua, mediante el programa Water Quality Index, que arroja puntajes de 0 a 100 para cada punto, siendo 0 muy contaminada y 100 muy limpia, teniendo exactamente la siguiente clasificación:

Tabla 9. Clasificación del Water Quality Index

RANGE	QUALITY
90 – 100	Excellent
70 – 90	Good
50 – 70	Médium
25 – 50	Bad
0 – 25	Very bad

(Fuente: Programa Water Quality Index. Disponible en <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>)

Análisis del BMWP´Col.

En cuanto al índice biológico “Biological Monitoring Working Party BMWP” se realizó la colecta de macroinvertebrados acuáticos el día 15 de Mayo de 2017, haciendo una exploración cuidadosa en todos los hábitats posibles, cubriendo aproximadamente un área de 10 m², durante 15 a 20 minutos en cada punto; y fueron utilizados como bioindicadores de contaminación mediante una evaluación sencilla de presencia o ausencia. La colecta se realizó utilizando la red de pantalla, una red tipo surber y manual, para barrer los lugares a donde no es posible llegar con la red de pantalla, haciendo varias repeticiones con cada método. Después de la recolección se conservaron en frascos de vidrio con alcohol (70%), y fueron separados y examinados posteriormente en el laboratorio de la Seccional Girardot y así se procedió a hacer la determinación del índice, con la ayuda y asesoría del Biólogo Jack Fran Garcia, profesor de la Universidad de Cundinamarca, utilizando la Guía de identificación Roldan (2003), proyectada a continuación:

Tabla 10. Guia de identificacion Roldan, para macroinvertebrados acuaticos.

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

(Fuente: GABRIEL ALFONO ROLDAN PEREZ. Bioindicacion de la calidad del agua en Colombia-uso del método BMWP/Col. Edit. Universidad de Antioquia. Primera Edición 2003)



Figura 8. Punto Balneario “Cacao”.

(Fuente: Los autores)



Figura 9. Punto “Bocatoma”

(Fuente: Los autores)



Figura 10. Punto “Desembocadura”

Fuente: Los autores

Finalmente, para el desarrollo de este estudio se contó con la colaboración de laboratorios como el de la planta de tratamiento de agua potable de la empresa de Servicios Públicos de Melgar, y el de la Universidad de Cundinamarca. Así mismo se contó con la prestación de servicios del laboratorio Agroanálisis Espinal y Conoser LTDA Bogotá; Y la revisión del material biológico también fue realizada en el laboratorio de aguas de la Universidad de Cundinamarca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente figura se observan los 3 puntos que fueron muestreados; todos pertenecientes a la quebrada la Palmara:

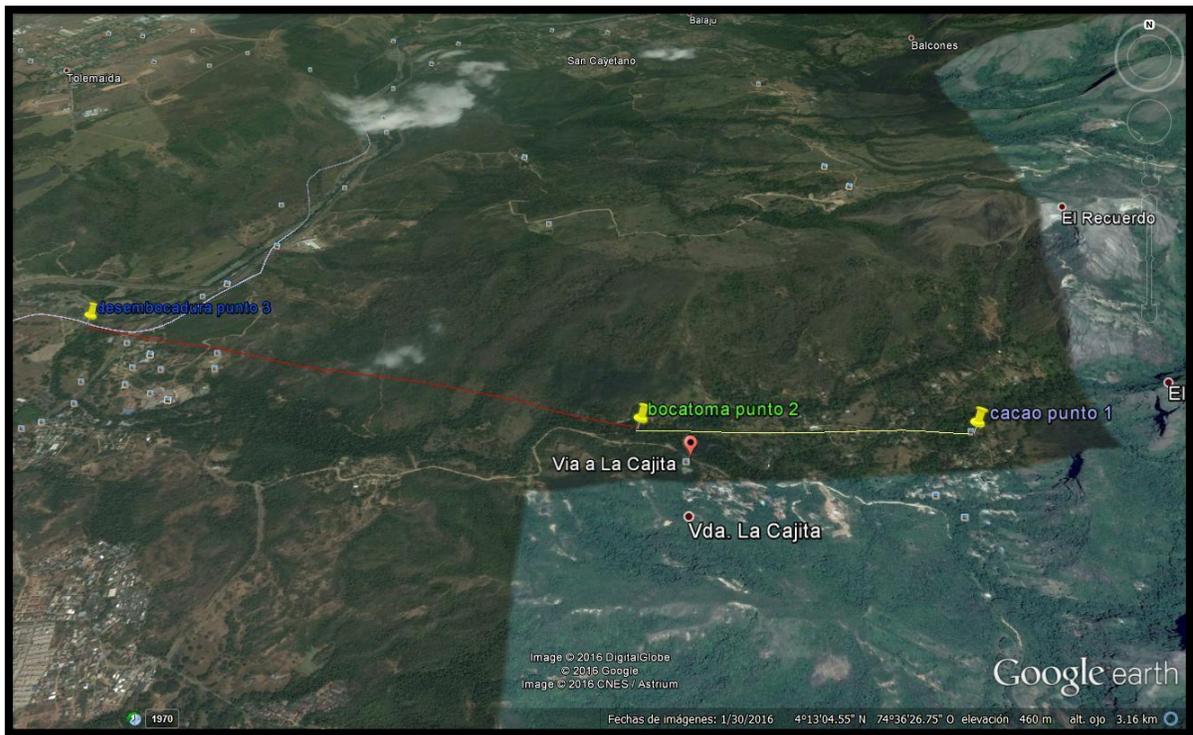


Figura 11. Puntos de muestreo en la quebrada “La Palmara”.

(Fuente: Google Earth)

Análisis parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e índice de calidad de aguas.

Tabla 11. Resultados de parámetros del Índice de Calidad de Agua

Variables medidas	Unidades	Método	Punto 1	Punto 2	Punto 3
			Cacao	Bocatoma	Desembocadura
Oxígeno Disuelto	mg/L	Oxímetro	7.5	12	5
Coliformes Fecales	UFC	Recuento en placa	4×10^4	$3,2 \times 10^5$	$4,5 \times 10^5$
Ph		pH-metro	6,99	7,37	9,59
DBO5	mg/L	Incubación 5 días	8	12	11
Temperatura	°C	Termómetro	14.8	14,2	24,9
Fosfatos	mg/L PO ₄	Colorimetría	1	1,7	1,8
Nitratos	mg/L NO ₃	Colorimetría	2	4,6	13,9
Turbiedad	UNT	Turbidímetro	15,3	156	802
Sólidos totales	mg/L	Gravimetría	<5	10	14
Índice de calidad de agua	ICA		53	49	33

*Signo de multiplicación.

Referente a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos e ICA'S, la Tabla 6 muestra las variables analizadas junto con la unidad de medida y método utilizado, además de los resultados obtenidos para cada uno.

En la Tabla 11 se observan los resultados obtenidos para 9 parámetros físico-químicos y microbiológicos en cada uno de los tres puntos muestreados; además de los resultados

totales del ICA para punto 1, 2 y 3; equivalentes a calidad del agua media, mala y mala respectivamente.

Estadística descriptiva parámetros fisicoquímicos

Tabla 12. Estadística descriptiva para los parámetros fisicoquímicos

	O D	Colif. Fecales	pH	DBO5	T°	Fosfatos	Nitratos	Turbiedad	Soli. totales
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mean	8,166667	0,000159	7,983333	10,33333	17,96667	1,5	6,833333	324,4333	9,666667
Variance	12,58333	4,36E-08	1,972133	4,333333	36,14333	0,19	39,14333	176001,6	20,33333
Stand. dev	3,547299	0,000208813	1,404327	2,081666	6,011933	0,4358899	6,256463	419,5254	4,50925
Coeff. var	43,43632	131,3291	17,59073	20,14515	33,46159	29,05933	91,558	129,3102	46,64741

Mediante la prueba no paramétrica de Test Kruskal Wallis se determinó que existen diferencias significativas entre los parámetros fisicoquímicos analizados ($H_c = 22.11$ $p = 0.0041$), de este modo el coeficiente de variación nos corrobora que los parámetros con mayor variación fueron Coliformes Fecales (%CV=131.3), Turbidez (%CV= 123.3) y Nitratos (%CV= 91.5).

De esta manera se determinan estadísticamente los parámetros más variables durante los 3 puntos de muestreo; en cuanto a Coliformes fecales, es un parámetro microbiológico, que se encuentra muy alto, y que asciende aguas abajo; resulta preocupante, ya que funcionan como indicadores de contaminación biológica y el consumo de agua con presencia de ellos, produce daños a la salud (Robartaigh, 2014). La turbiedad aumenta considerablemente cada

punto, debido a la descarga de vertimientos a su cauce y al crecimiento de algas (Velandia 2013); y los nitratos están a su vez relacionados con el crecimiento de algas que produce en parte la elevada turbiedad. En discusiones realizadas más adelante, se ahondará en cada uno de estos parámetros.

Oxígeno disuelto

Al analizar el parámetro de oxígeno disuelto, los dos primeros puntos obtuvieron niveles superiores a los límites admisibles y el último punto, es más bajo que el mínimo admisible, que según el Decreto 1594 de 1984 para la destinación del recurso para la preservación de flora y fauna es de 5.0 mg/L en aguas dulces frías y 4.0 mg/L en aguas dulces cálidas, de este modo se demuestra que el tercer punto conocido como la desembocadura muestra una condición de hipoxia, que según Goyenola (2007) produce la desaparición de organismos y especies sensibles, además, estos niveles son igualmente dependientes de la temperatura, ya que las aguas más cálidas son capaces de disolver menores cantidades de oxígeno, esto debido a que las aguas con altas temperaturas son ricas en componentes minerales, quienes utilizan grandes cantidades de oxígeno para descomponerse; por otro lado, Orjuela, Saldarriaga, García y Wilches (2010) afirman que el bajo nivel de oxígeno disuelto está relacionado con la alta DBO que también existe en este mismo punto y que estas condiciones afectan el desarrollo de especies de peces que sirven como fuente de alimento.

Coliformes Fecales

Para Coliformes Fecales, en los tres puntos se encontraron cantidades muy grandes y relevantes que ascienden con el recorrido de la quebrada aguas abajo; según la resolución 2115 del 2007, el agua para consumo humano no debe contar con la presencia de estos

microorganismos, sin embargo ellos se encuentran naturalmente en las heces de seres humanos y animales, y son indicadores de contaminación biológica; por lo que los altos niveles de estas bacterias en la quebrada, estaría relacionada con la presencia de mascotas que bañan los turistas, y el vertido de aguas residuales que trae consigo heces fecales y material orgánico sin tratar (Robartaigh, 2014).

El IDEAM (2007) también determina que la presencia de *Escherichia coli* indica contaminación fecal en agua, ya que este microorganismo es habitante normal del tracto digestivo de animales de sangre caliente y rara vez se encuentra en agua o suelo que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal, por ello se considera como indicador universal. Este microorganismo genera una alerta a cualquier sistema de suministro de agua ya que su presencia por si sola puede generar gastroenteritis y causar la muerte como el caso de la cepa *E coli O157:H7* o puede sugerir la presencia de otros microorganismos altamente patógenos como son la *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Listeria*. (IDEAM, 2007).

pH

Con relación al pH este aumenta aguas abajo; sin embargo, para los 2 primeros puntos es considerado neutro, mientras que el tercero es un poco más alcalino debido al hecho que el muestreo en este punto fue realizado al medio día, horario en el que normalmente se presentan procesos fotosintéticos en el agua y según Grey (2011), cuando este proceso está en marcha, las plantas absorben dióxido de carbono y liberan oxígeno y por otro lado en la noche, el proceso de la respiración es dominante, usando el oxígeno y liberando dióxido de carbono, este último actúa como un ácido en el agua, disminuyendo el pH temporalmente;

y luego vuelve a aumentar otra vez durante el día a medida que el dióxido de carbono se utiliza. Sin embargo, el pH sube y baja constantemente, y para el día del muestreo la variación encontrada no representa ningún inconveniente relevante para el equilibrio ecológico del cuerpo de agua.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

La DBO₅ en los tres puntos arroja puntajes equivalentes a calidad de agua aceptable según la clasificación realizada por Mejía, Rosales, Rojas y Molina (2010), siendo agua con indicios de contaminación y con capacidad de autodepuración como lo muestra la siguiente Tabla:

Tabla 13. Clasificación de calidad de agua de acuerdo a DBO₅.

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
$DBO_5 \leq 3$	EXCELENTE No contaminada	AZUL
$3 < DBO_5 \leq 6$	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	VERDE
$6 < DBO_5 \leq 30$	ACEPTABLE Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	AMARILLO
$30 < DBO_5 \leq 120$	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	NARANJA
$DBO_5 > 120$	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	ROJO

(Fuente: Maravilla E. Rosales F. Rojas J. Molina C. (2010). *EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Ribera del lago de Chapala.)

Los valores en los tres puntos no muestran mayores variaciones, son muy estables, y corresponden a la degradación de materia orgánica presentada en el lugar, además este parámetro se interrelaciona con el nivel de oxígeno disuelto en cada punto, ya que a mayor demanda para la degradación menor oxígeno disponible (Stachetti, 2007); en este sentido

Orjuela et al. (2010), afirman que la materia orgánica presentada para altas demandas de oxígeno es proveniente generalmente de vertimientos domésticos.

Temperatura

En el punto 1 y 2 la temperatura no cambio relevantemente, sin embargo, en el tercer punto debido a la hora en que se hizo el muestreo la temperatura aumento aproximadamente 10 ° C; esto está arraigado igualmente al bajo nivel de oxígeno disuelto de este punto, ya que según Toro (2011a) con temperaturas más cálidas los organismos acuáticos aumentan su tasa de respiración y consumen más oxígeno. Además, las temperaturas altas producen un aumento en la velocidad de la fotosíntesis de las algas y plantas acuáticas, lo que a su vez hace que estas crezcan más rápido y así mismo mueran rápido, cuando las plantas mueren existe mayor demanda biológica de oxígeno para su descomposición por parte de las bacterias (Stachetti, 2007)

Fosfatos y Nitrógeno

Acorde a la RESOLUCIÓN 2115 de 2007, donde se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, el valor máximo aceptable de fosfatos es 0,5 mg/L y de nitratos es 10 mg/L. Lo cual demuestras que en el parámetro fosfato todos los puntos están por encima de la norma y en el caso de los nitratos solo la desembocadura presenta valores superiores. De este modo es cuerpo de agua presenta una clara contaminación por estos nutrientes. Sierra Ramírez (2011) menciona que desde el punto de vista de la eutrofización de cuerpos de agua el nivel crítico es aproximadamente 0,01 mg/L de fosforo total. Según el IDEAM (2014) los vertimientos aportantes de materia orgánica, sólidos y nutrientes

traen como consecuencia la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Sin embargo, fuera de los límites permisibles de agua para consumo humano directo, los niveles de fosfatos equivalen según la clasificación destacada por Stachetti (2007), para el primer punto calidad de agua excelente y para el punto dos y tres una calidad de agua buena, es decir, que funcionan como nutriente el crecimiento de algas y plantas acuáticas dentro de lo normal.

Tabla 14. Niveles de fosfatos en calidad de agua.

NIVEL DE FOSFATO ppm	CALIDAD DEL AGUA
0 -1.0	Excelente
1.1 – 4.0	Buena
4.4 – 9.9	Aceptable
10 o más	Mala

(Fuente: Stachetti (2007). *MANUAL DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE ACTIVIDADES RURALES*. p. 76)

Según la siguiente clasificación para niveles de nitratos en el agua:

Tabla 15. Niveles de nitratos en calidad de agua

NIVEL DE NO3 ppm	CALIDAD DEL AGUA
0 – 1.0	Excelente
1.1 – 3.3	Buena
3.1 – 5.0	Aceptable
5.0 o más	Mala

(Fuente: Stachetti (2007). *MANUAL DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE ACTIVIDADES RURALES*. p. 76.)

Los resultados arrojados en el muestreo se especifican según esta clasificación respectivamente para el punto 1 como buena, para el punto 2 como aceptable y para el punto 3 como mala; los altos niveles para los dos últimos puntos se encuentran relacionados de igual manera con los altos puntajes de DBO_5 , teniendo en cuenta que es un nutriente que favorece el desarrollo de las plantas acuáticas, pero cuando ellas crecen rápido también mueren rápido y solo se convierten en materia orgánica por descomponer, lo que por consiguiente aumenta la demanda biológica de oxígeno; adicionalmente el tercer punto, representa comienzos de eutrofización que da lugar a la alta proliferación de algas y plantas que llevan consigo una pérdida de transparencia del agua y disminución de la luz que llega a las capas más profundas, hecho que afecta directamente a la biodiversidad del lugar (Lopez, s.f.).

El factor responsable en la zona, del aumento de estos nutrientes es la escorrentía de pequeños abonos de fincas adyacentes, ya que utilizan fertilizantes y estos son una de las fuentes principales de nitrógeno y fósforo en el agua (Palomares, 2013).

Turbiedad

Los niveles de turbiedad también aumentan progresivamente en los tres puntos; en el tercer punto se evidenció agua muy turbia, esto debido según lo que afirma Velandia (2013) por una parte al elevado crecimiento de algas, causado por la alta presencia de nutrientes; para nuestro caso, está arraigado a los altos valores de nitratos también en este punto; y por otro lado por los sólidos y/o partículas suspendidas en el agua, que provienen del vertimiento de lodos sin tratar que se hace por parte de la planta de tratamiento de agua potable situada a aproximadamente 1 km antes de este punto y además teniendo en cuenta

los vertimientos residuales que caen a la quebrada en toda la zona rural. Algunas de las consecuencias más relevantes para este caso, son que las partículas en suspensión son destructivas para organismos acuáticos como por ejemplo los macroinvertebrados, obstruyendo sus branquias e interfiriendo con su habilidad para encontrar alimento (Toro 2011b).

Sólidos Totales

En cuanto a Sólidos Totales; el análisis no arrojó resultados relevantes ya que sus niveles fueron muy bajos y no representan mayores efectos sobre la biota en ninguno de los tres puntos muestreados; sin embargo Orjuela et al (2010), exponen que la presencia de sólidos tiene relación con el aporte de sólidos a los cauces de corrientes superficiales, con origen tanto natural como antrópico; de una parte, la dinámica natural de arrastre debida a la precipitación; y de otra, la erosión del suelo debida a la remoción de cobertura vegetal con fines de urbanización y la realización de obras de infraestructura. Así mismo los sólidos en el agua repercuten ecológicamente, por ejemplo, con el incremento de color y turbiedad evidenciado en el segundo y tercer punto, además de que tienen la capacidad de absorber nutrientes o contaminantes persistentes, bioacumulables y tóxicos que podrían entrar a la cadena trófica y disminuyen la aptitud para usos como el consumo humano, el riego agrícola, uso pecuario, recreación, y la preservación de la fauna y la flora.

En realidad, el resultado para sólidos, fue desconcertante, ya que la presencia de sólidos está estrechamente relacionada con la turbiedad, por lo que suponemos márgenes de error en la toma de las muestras, tomando una muestra muy superficial.

De manera general, realizando el análisis de ICA por medio del programa Water Quality Index, genero los resultados evidenciados en la Tabla 6, equivalentes a agua de calidad media para el primer punto “Cacao”, teniendo valores dentro de lo normal y adecuados en sus parámetros, exceptuando las Coliformes Fecales, las cuales estuvieron muy altas para ese día en todos los puntos; en cuanto al punto dos “Bocatoma” y punto tres “Desembocadura”, fue calidad de agua Mala, relevando para el punto 2 sus niveles de DBO, nitratos y turbiedad que estuvieron altas y que generan ya un desequilibrio ecológico, además de las Coliformes Fecales igualmente; y finalmente el punto 3 con un ICA aún más bajo, dado que en todos los 9 parámetros analizados allí resultaron niveles anormales y fuera de los rangos adecuados para cada variable en cuanto a calidad de agua potable o de consumo humano.

Es importante recalcar de nuevo el ICA de calidad Mala para el punto 2, siendo este la laguna de la bocatoma de donde conducen el agua hacia el acueducto municipal, donde se evidencia que para ese día muestreado (imagen 19), un día con alta presencia de turistas como normalmente permanece este sitio; lo que conlleva a deducir que las condiciones del agua en la zona no variaran constantemente, atribuido esto a lo encontrado en la literatura sobre contaminación por turismo, como por ejemplo el artículo publicado por el TIEMPO (2014), acerca del Rio Pance, utilizado por aproximadamente 50000 bañistas cada fin de semana y también para abastecer 7500 habitantes, y que para ese tiempo sus estudios ya confirmaban presencia de turbiedad, aceites y grasas, y fosfatos; sirven de argumento para evidenciar la necesidad del tratamiento para esta agua antes de ser distribuida; sin embargo por visitas de campo realizadas a dicha planta, nos pudimos dar cuenta que esta agua allí es considerada como muy limpia y no es tratada completamente, sino por el contrario es

conducida directamente al final del proceso (filtración), a excepción solamente de los días de lluvia; situación que no es punto de atención para la empresa de servicios públicos, teniendo en cuenta que es mucho más bajo el caudal que reciben de la quebrada a la que reciben del Rio Sumapaz.

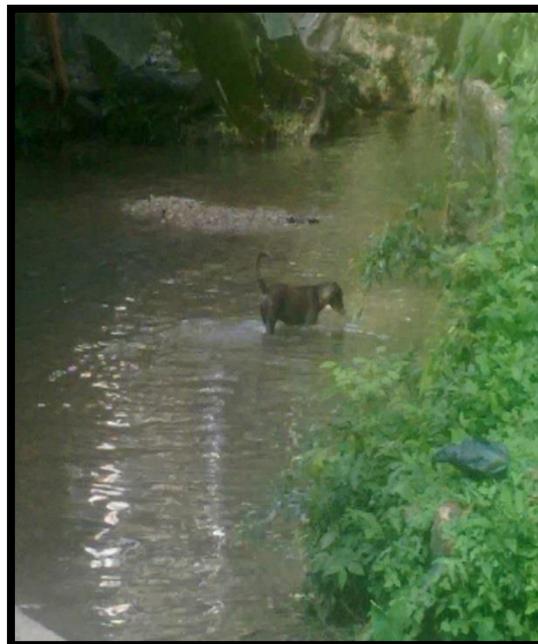
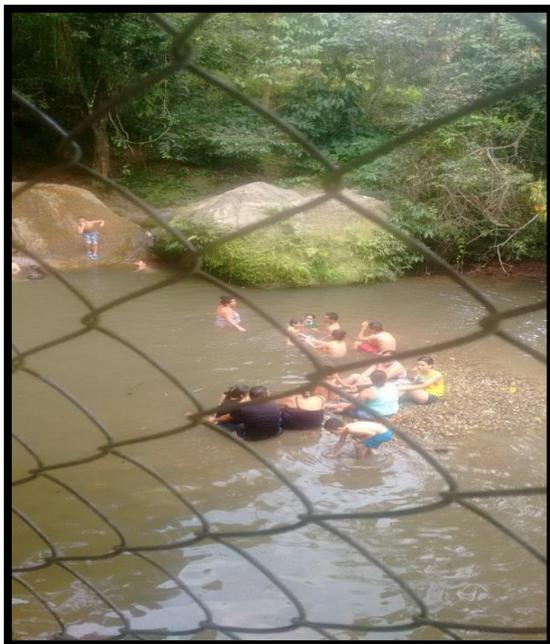


Figura 12. Salidas de campo a los balnearios presentes en la zona.

(Fuente: Autores.)

Aceites y grasas, hidrocarburos y detergentes

A continuación, se relacionan los resultados en la determinación de presencia de Hidrocarburos, Aceites y grasas y Detergentes, en el punto dos “Bocatoma”:

Tabla 7. Resultados para los análisis no convencionales.

ANALISIS	TECNICA	UNIDADES	VALOR
-----------------	----------------	-----------------	--------------

<i>TPH</i>	Método inmunoensayo	ppm	40.0
<i>Surfactantes anionicos</i>	Cristal Violeta	ppm	11.5
<i>Aceites y grasas</i>	Infrarrojo de Partición	Mg GyA/L	< 2,17

Fuente: Laboratorio Agro análisis, servicios agropecuarios, laboratorios de suelos, aguas y foliares

Hidrocarburos totales de petróleo. Los TPH, conocidos como Hidrocarburos Totales de Petróleo, hacen parte de los análisis no convencionales porque no son usuales en el monitoreo de aguas, y según Mamani (2003), “este tipo de parámetro de análisis permite identificar los hidrocarburos contenidos en el agua y el suelo” p.69.

La Agencia Para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades – ATSDR (2016), expresa que la cantidad de TPH que se encuentra en una muestra sirve como indicador general del tipo de contaminación que existe en el sitio; Sin embargo, la cantidad de TPH que se mide suministra poca información acerca de cómo hidrocarburos de petróleo específicos pueden afectar a la gente, los animales y las plantas. También comentan que uno de las mayores afectaciones de la presencia de TPH en el agua, es que las fracciones más pesadas se acumulan en el sedimento del fondo, lo que puede afectar a peces y a otros organismos que se alimentan allí. La Agencia de igual manera plantea que las principales fuentes de exposición son los vapores de gasolina de estaciones de servicio, el aceite de motor derramado y sustancias químicas usadas en el hogar.

Según el laboratorio *Agroanálisis* del Espinal, los niveles encontrados de TPH en nuestra muestra, son positivos para contaminación por gasolinas; para este caso la gasolina llega al agua producto del lavado de automóviles y busetas en la quebrada, además del hecho que no se debe pasar por alto, de que en varios tramos la quebrada corre por encima de la carretera por lo que los carros deben pasar a través del agua.

En un estudio biológico realizado en 1969 por Bugbee y Walter, en el que analizaron la contaminación producida por presencia de residuos de gasolina en una fuente hídrica; ellos afirmaban que la presencia de gasolina propicia condiciones desfavorables para el crecimiento y desarrollo de macroinvertebrados acuáticos, y que aunque algunas especies son un poco resistentes, como los Helycopsidae, también hay otras especies que son sensibles como por ejemplo las formas ninfales de los Efemerópteros.

Detergentes. Es un producto químico que disuelto o disperso en el agua o en otros disolventes tiene la capacidad de modificar profundamente la tensión superficial; Marin (2003) resalta que los detergentes se dividen en tres grupos; los aniónicos, catiónicos y no iónicos, según sea su grupo polar, el grupo polar es el elemento tensoactivo y es el encargado de rebajar la tensión superficial y lograr el desprendimiento de grasa y suciedad.

En nuestro estudio el análisis de laboratorio indicó una concentración de 11,5 mg/l de surfactantes aniónicos; según la Consultora española Mapsol (2010) los aniónicos son los que se encuentran de forma mayoritaria en la formulación de productos detergentes, es decir diseñados para limpiar y al disociarse en soluciones acuosas, un ion cargado negativamente aporta las propiedades de actividad superficial a un ion cargado positivamente. Los tensoactivos aniónicos son los más utilizados en composiciones de detergentes en polvo y líquidos, tanto para el lavado de ropa como para el lavado de materiales de cocina. Bajo el anterior soporte, se demuestra que estos surfactantes llegan a la quebrada como producto de labores domésticas realizadas allí por parte de personas que viven a las orillas; sumándose también el baño, lavado de ollas, mascotas y automóviles por parte de los turistas que llegan a la zona y por último y no menos importante, los vertidos de aguas domésticas en la zona debido a que la vereda no tiene sistema de alcantarillado.

Es de destacar que “además del elemento tensoactivo, el detergente contiene otras sustancias diversas, entre las que han de destacarse los polifosfatos, carbonatos, silicatos, sulfatos y perboratos” (Marin, 2003, p.60) lo que también contribuye al aporte de fosfatos al agua. Otro efecto negativo asociado al vertido de aguas con presencia de detergentes es la común formación de espumas que se da, ya que además de tener un impacto estético negativo notable, modifican el intercambio de oxígeno entre el agua y la atmósfera por lo que se disminuye el oxígeno disuelto en el agua. Además, se ha comprobado que contenidos de detergentes mayores a 2.5 mg/l afectan el crecimiento de las plantas y mayores a 5-6 mg/l son tóxicas para algas y peces en general.

Por último Marin (2003), también expone que para aguas superficiales, las concentraciones de detergentes aniónicos, no suelen superar los 0,5 mg/l, mientras que en aguas residuales oscilan entre 1 y 30 mg/l; y siendo nuestro resultado 11,5 mg/l, se concluye que muy cerca al punto muestreado deben existir vertimientos de aguas residuales domésticas, también planteado por el autor citado, quien dice que las concentraciones para aguas superficiales pueden aumentar con la proximidad a puntos de vertido directo.

Aceites y Grasas. Por último, para aceites y grasas no arrojé resultados relevantes y aunque para agua potable sus niveles deben ser de cero, por los todos los anteriores resultados, se establece que esta agua no sería de uso completamente potable; por otra parte, según la resolución 631 del 2015, el límite permisible para aceites y grasas para aguas residuales domésticas es de 20 mg/l y este es un valor ya muy alto para el bajo resultado arrojado por el laboratorio.

Análisis BMWP'Col e ICA

Carvacho 2012, cita a la Directiva Marco del Agua 2006, quien menciona la crucial importancia de los análisis biológicos, por lo cual demanda su utilización para valorar el estado ecológico de los sistemas fluviales y establece que los indicadores biológicos deberían ser los que determinen en última instancia el estado de una masa de agua, resaltando la importancia del estudio de las comunidades acuáticas y su relación con la calidad de las aguas y donde los macroinvertebrados son de los grupos más recurrentes en este tipo de aproximación. Por este motivo es que actualmente el estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos ha aumentado como consecuencia de su aplicación como organismos bioindicadores dentro del proceso de evaluación de calidad de los medios fluviales, ya que mediante la estructura de la comunidad y el análisis de la composición taxonómica se puede llegar a determinar el grado de afectación generado por actividades antrópicas (Loeb y Spacie, 1994 citado por Carvacho 2012), y por tan nombrada importancia de estos grupos taxonómicos, fue que se decidió utilizarlos una vez más como lo han hecho en muchos otros estudios para evaluar la calidad de la quebrada en estudio.

A continuación, en la Tabla 17, se relacionan los taxones encontrados en cada punto muestreado, con sus respectivos puntajes de acuerdo a la clasificación realizada por Roldan (2003) dependiendo su resistencia a la contaminación, y finalmente la sumatoria equivalente al índice BMWP:

Tabla 17. Resultados obtenidos en índice BMWP, para cada punto.

PUNTOS DE MUESTREO	FAMILIAS	PUNTAJE
PUNTO 1	<i>Coenagrionidae</i>	7
	<i>Lymnessidae</i>	10
	<i>Helicopsychidae</i>	8
	<i>Leptophlebiidae</i>	9
	<i>Elimidae</i>	6
	<i>Gerridae</i>	8
	<i>Hydropsychidae</i>	7
	<i>Leptohyphidae</i>	7
	<i>Veliidae</i>	8
	<i>Tipulidae</i>	3
	<i>Physidae</i>	3
	<i>Psephenidae</i>	10
	<i>Calopterygidae</i>	7
	<i>Dugessidae o planariidae</i>	7
	<i>Naucoridae</i>	7
	BMWP Σ : 107	
PUNTO 2	<i>Libellulidae</i>	6
	<i>Leptophlebiidae</i>	9
	<i>Coenagrionidae</i>	7
	<i>Planariidae</i>	7

	<i>Leptohiphidae</i>	7
	<i>Physidae</i>	3
	<i>Elimidae</i>	6
	<i>Anomalopsychidae</i>	10
	<i>Baetidae</i>	7
	<i>Veliidae</i>	8
	<i>Calamoceratidae</i>	10
	<i>Psephenidae</i>	10
	<i>Ampullariidae</i>	9
	BMWP Σ : 99	
PUNTO 3	<i>Thiaridae</i>	5
	<i>Hydrobiidae</i>	8
	<i>Elmidae</i>	6
	<i>Corydalidae</i>	6
	<i>Chironomidae</i>	2
	BMWP Σ 27	

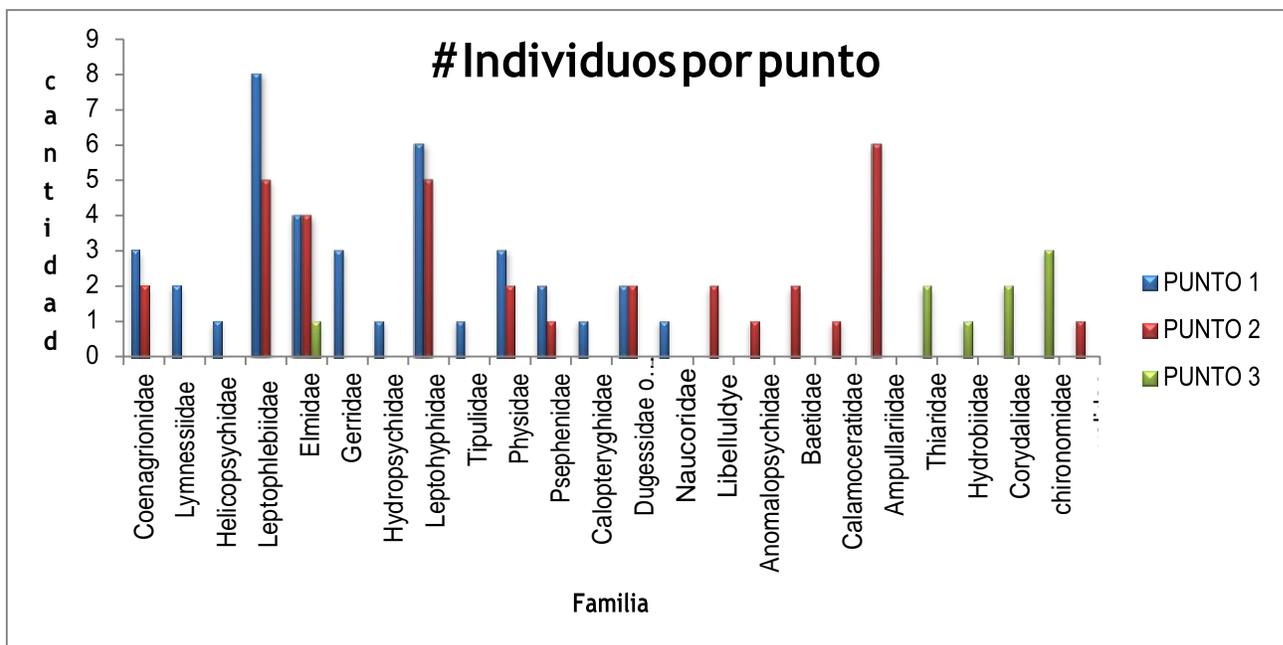


Figura 13. Abundancia de cada familia por punto.

Así mismo, luego de tener estos resultados, se realizó la comparación con la clasificación de las cinco clases de calidad de agua, según este índice, resaltadas a continuación:

Tabla 18. Clasificación de calidad de agua, según los valores de BMWP.

CLASE	CALIDAD	BMWP	SIGNIFICADO
I	Buena	101 -120 >150	Aguas muy limpias a limpias
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas

IV	Critica	16 – 35	Aguas muy contaminadas
V	Muy critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: GABRIEL ALFONO ROLDAN PEREZ. Bioindicacion de la calidad del agua en Colombia-uso del método BMWP/Col. Edit. Universidad de Antioquia. Primera Edición 2003

Para el primer punto, se obtuvo una calidad clase I, es decir, buena, equivalente a aguas limpias; en la exploración realizada en este punto se colectaron un total de 38 macroinvertebrados acuáticos que en su mayoría corresponden a puntajes altos, correspondientes a organismos sensibles a la contaminación que se encuentran precisamente en aguas limpias; en concordancia con el estado del punto el día del muestreo, ya que es un punto de difícil acceso y aguas arriba, por lo que no recibe grandes perturbaciones.

En este punto las familias más abundantes fueron Leptophlebiidae y Leptohyphidae, que son del orden EPHEMEROPTERA, según Alba-Tercedor (s.f) son organismos acuáticos propios de ambientes limpios y bien oxigenados y de allí que se usen como indicadores biológicos; además las efímeras “son el grupo más importante de los componentes de la fauna de macroinvertebrados de los cursos de agua, aportando una gran biomasa que constituye una fuente de alimentación de especial importancia para los peces. Asimismo intervienen en diferentes procesos clave de procesamiento y transporte de materia orgánica dentro del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos en que viven” (p.9). De igual manera para Domínguez, et al. (2001) Citado por Jiménez (2014), este orden reviste de gran importancia en la biota dulceacuícola debido a su potencial en estudios de

bioindicación ya que son muy abundantes, de amplia distribución y fáciles de coleccionar, además son sedentarios por lo que reflejan las condiciones locales de sus hábitats y una de sus mayores ventajas es que manifiestan los efectos de las variaciones en corto tiempo.

De manera más específica, Domínguez (2006) expone los Leptohyphidae como uno de los grupos taxonómicos con mayor importancia a nivel de bioindicación, debido a su alta sensibilidad a la intervención antropogénica; viven en diversos hábitats lóticos y se encuentran principalmente en aguas rápidas, entre rocas, grava o arena; y por otro lado a los Leptophlebiidae como insectos que viven en arroyos y lagos de agua dulce alimentándose de detritos y/o algas (Jiménez, 2014).

En el punto dos, conocido como Bocatoma, se obtuvo una calidad clase II, es decir, aceptable, equivalente a aguas ligeramente contaminadas; en la exploración realizada en este punto se coleccionaron un total de 33 macroinvertebrados acuáticos dentro de los cuales se encontraron familias un poco más resistentes a la contaminación, es decir, puntajes más bajos que los hallados en el punto anterior; el día del muestreo se observó mucho detritus en el agua, por lo que se presentaban malos olores.

En este punto se evidenció la notable presencia de Moluscos; y según Rumi et al. (2004) este filum, es considerado el segundo más numeroso en especies, con la existencia aproximada de 120000 de ellas en todo el mundo, y en su historia han brindado una serie de beneficios al hombre, como alimento, herramienta o medicina; además de utilizarse como indicadores biológicos de calidad de agua.

Predomina notablemente la familia Ampullariidae (caracoles); gasterópodos de gran tamaño oriundos de aguas dulces tropicales o subtropicales, de vida anfibia adaptada a

periodos alternos de sequía o desecación y fuertes precipitaciones, gracias a su opérculo corneo que cierra la abertura de la concha y a su capacidad de enterrarse en sustratos blandos (Ministro de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012).

Bonetto y Tassara (1987) citado por Darrigran y Lagreca (2005), exponen que esta familia perteneciente a la clase Gastropoda, cuando son de menor tamaño, como los encontrados en el área de estudio, están asociados con la vegetación y el detritus, como hidrófitas flotantes ya que buscan en ellas protección o alimento.

De igual manera se lograron encontrar algunos Gastropodos de la familia *Physidae*, los cuales viven por lo general en aguas duras, alcalinas y con abundante materia orgánica en descomposición, comúnmente desarrollados a orillas de ríos y lagos (Roldan y Ramírez 2008).

Adicionalmente encontramos algunas especies de Coleopteros o llamados “escarabajos” generalmente, que según Benetti, Alonso y Garrido (2007), están dentro de la fauna mejor representada en cuanto a riqueza de especies y a la capacidad de muchos de ellos para ser utilizados como indicadores de calidad de agua en sus hábitats. Los elmidos fue la familia representativa de Coleopteros en este punto; esta familia se caracteriza por su amplia distribución mundial, teniendo en cuenta que la gran mayoría de sus especies se encuentran en aguas corrientes oxigenadas; ellos se alimentan de algas y detritus lo que los lleva a cumplir importantes funciones en las redes tróficas de los ecosistemas acuáticos y por su baja tolerancia a la contaminación orgánica son ampliamente utilizados como biondicadores ambientales (Vannucchi et al. 2013 citado en González, Zúñiga y Manso 2015).

Para finalizar, en el punto tres, se obtuvo una calidad clase IV, es decir, crítica, equivalente a aguas muy contaminadas; en la exploración realizada en este punto se colectaron un total de 10 macroinvertebrados acuáticos, que es mucha menos abundancia que la colectada en los dos primeros puntos; sin embargo las familias encontradas según la clasificación Roldan para BMWP, son más resistentes a la contaminación teniendo en cuenta su puntuación más baja y el degradado estado del lugar, el día del muestreo, evidenciado en aguas muy turbias con mucho detritus. Este resultado de aguas muy contaminada a partir de bioindicadores es coherente con el análisis ICA de mala calidad del agua para este punto conocido como Desembocadura, sugiriendo que este sitio es el que presenta mayor estrés por tensores fisicoquímicos como bajo % Oxígeno Disuelto y altas concentraciones de nitratos además de una mayor turbiedad que favorece el establecimiento de algunos grupos de macroinvertebrados acuáticos con valencia ecológicas euribioticas, es decir tolerantes (Tabla 19 y Figura 14).

En la siguiente tabla se presenta una relación entre los resultados del índice BMWP y los resultados del ICA, para cada punto:

Tabla 19. Relación de resultados de índices ICA y BMWP para los 3 puntos.

INDICE	PUNTO 1. Cacao	PUNTO 2. Bocatoma	PUNTO 3. Desembocadura
BMWP	Buena; aguas limpias	Aceptable, aguas ligeramente contaminadas	Crítica, aguas muy contaminadas
ICA	Media	Mala	Mala

Fuente: Autores

En el anterior contexto el fundamento teórico menciona que existe mucha relación entre los cambios físicos y químicos que experimenta una masa de agua, generados por actividades antropogénicas; y las alteraciones en la estructura de las comunidades biológicas que habiten este mismo lugar (Oscóz 2006 citado en Carvacho 2012); debido a esto y teniendo en cuenta los resultados fuera de lo normal analizados en este punto, se evidencia la relación con la poca abundancia y biodiversidad de especies halladas; ya que las alteraciones y/o perturbaciones en las características físico químicas del agua se reflejan en el comportamiento biológico (Carvacho 2012).

Factores como la turbiedad, que fue tan alta en este punto influyen notablemente en la calidad ecológica; Velandia (2013) afirma que “las partículas suspendidas son destructivas para muchos organismos acuáticos tales como los macro invertebrados que se encuentran en el agua. Pueden obstruir las branquias de los peces e interferir con su habilidad para encontrar alimento. También pueden enterrar las criaturas que viven en el fondo y los huevos” (parr.6.)

Por otra parte, el bajo nivel de oxígeno disuelto por un lado debido a las aguas cálidas que son capaces de disolver menores cantidades de oxígeno, genera presión sobre comunidades que sean sensibles al poco oxígeno produciendo su extinción (Goyenola. 2007).

Dentro de las familias colectadas, sobresalen los quironómidos que “constituyen uno de los grupos más diversos e importantes dentro de los ecosistemas acuáticos por lo que tienen una importancia clave como componentes de la biodiversidad y son determinantes en la estructura y el funcionamiento a escala de comunidad y ecosistema (Porincho &

MacDonald 2003, citado por Bello, Spies y Tellez 2013). Los quironómidos han sido y son parte importante de numerosos estudios de biomonitoreo (Rosenberg 1992 citado por Bello et al. 2013), en la determinación y seguimiento del estado de un ecosistema o particularmente en el establecimiento de tipologías de los cuerpos de agua” (Thienemann 1922 citado por Bello et al. 2013. p,1)

El grupo de investigación Freshwater Ecology and Management – F.E.M citando un artículo del periodo La Vanguardia (2006), expone la contaminación del Rio Taj Majal por quironomidos, el problema es la gran cantidad de algas y el oxígeno que se consume a raíz de esto; esta familia puede resistir la falta de oxígeno adquiriendo un color rojo y además les gusta comer algas y materia orgánica en descomposición.

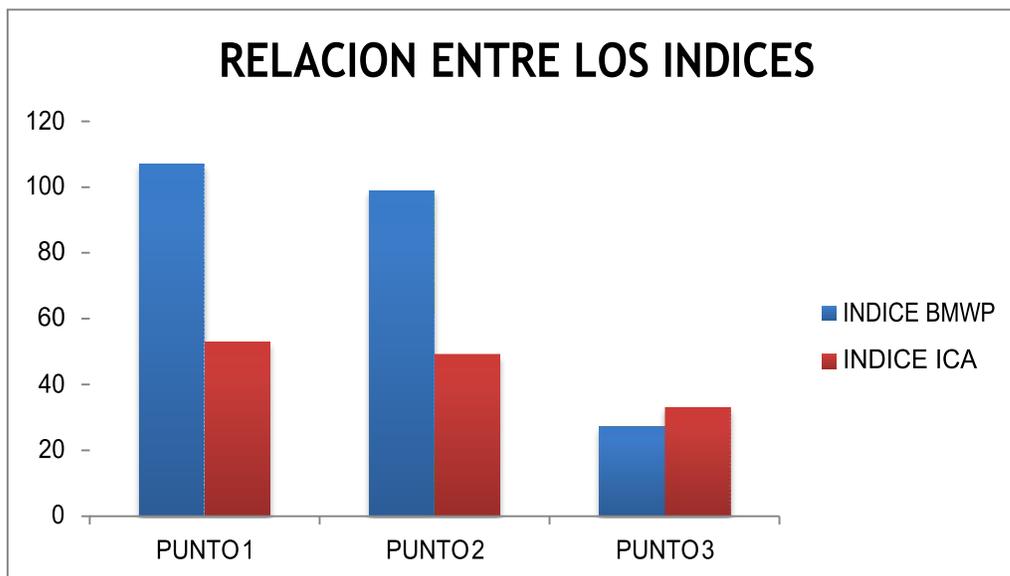


Figura 14. Relación entre el Índice BMWP y el ICA

Índices Ecológicos

Se determinaron los índices ecológicos de Simpson, Shannon y Margalef, mediante el programa Past, para cada punto, resaltados en la siguiente Tabla:

Tabla 20. Índices ecológicos para cada punto.

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
TAXAS	14	13	5
INDIVIDUOS	38	34	9
DOMINANCIA SIMPSON	0,8892	0,891	0,7654
DIVERSIDAD SHANNON	2,401	2,37	1,523
RIQUEZA MARGALEF	3,574	3,403	1,82

Fuente: Autores

Acorde a la Tabla 20, el punto 3, Desembocadura, mostro un bajo número de taxones, abundancia y la menor dominancia, Riqueza y Diversidad, ya que sus condiciones fisicoquímicas están alteradas según el ICA registrado para este punto y como sustento aplicando la prueba T-Student con una $p = 0,05$ se evidencia que hay una diferencia estadísticamente significativa en la diversidad (Tabla 21). La desembocadura es el punto que ya lleva colectados no solo los vertidos de condominios, clubes y caseríos, como lo plantea el PBOT (2015), sino que además a este punto se le suman los vertidos realizados por la planta de tratamiento y desarenadores quienes arrojan lodos resultantes y agua utilizada en las labores de la planta. Por otro lado, punto uno y dos muestran una correlación muy cercana o poco variable, debido a que en parámetros físico – químicos guardan similitudes en algunos de ellos.

Tabla 21. Prueba T - Student

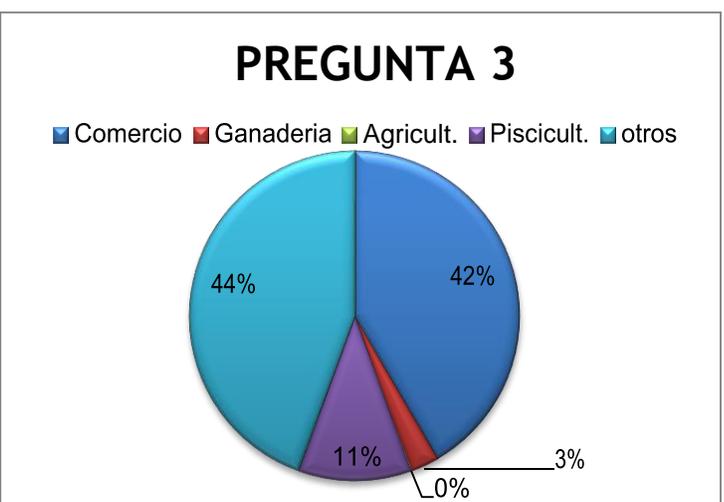
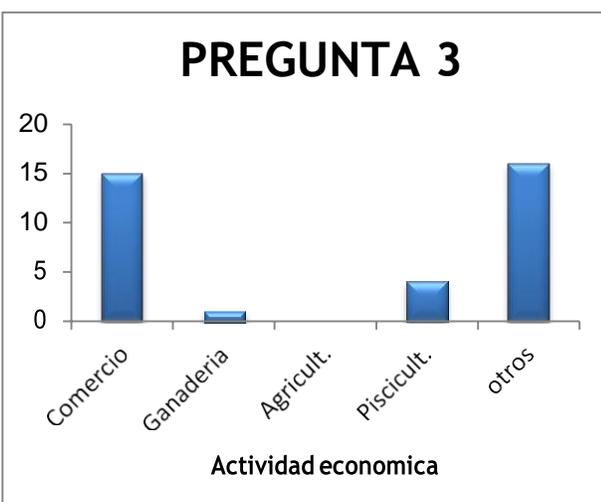
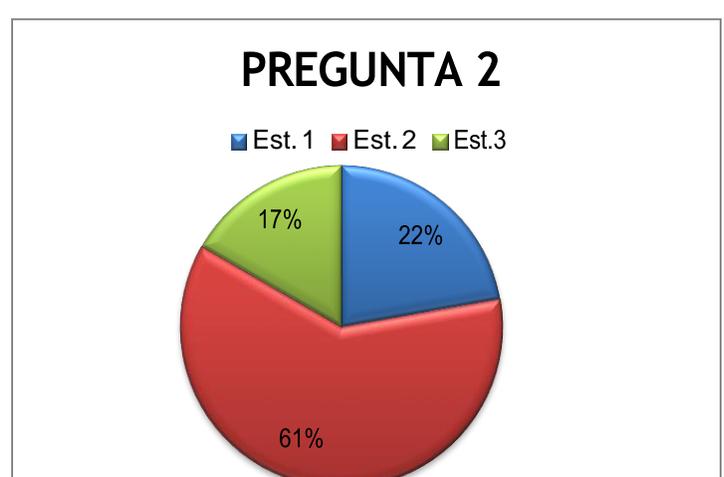
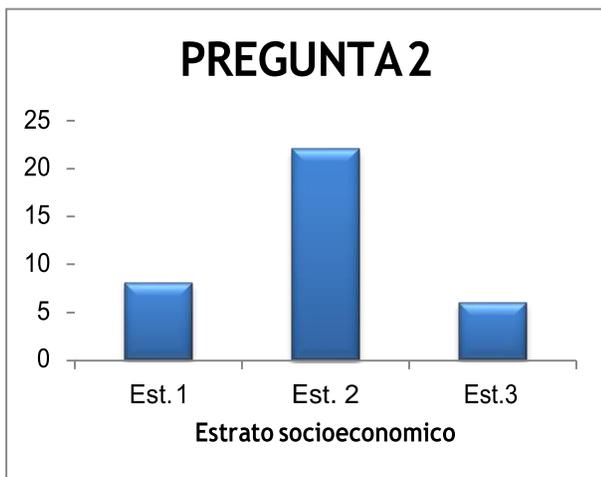
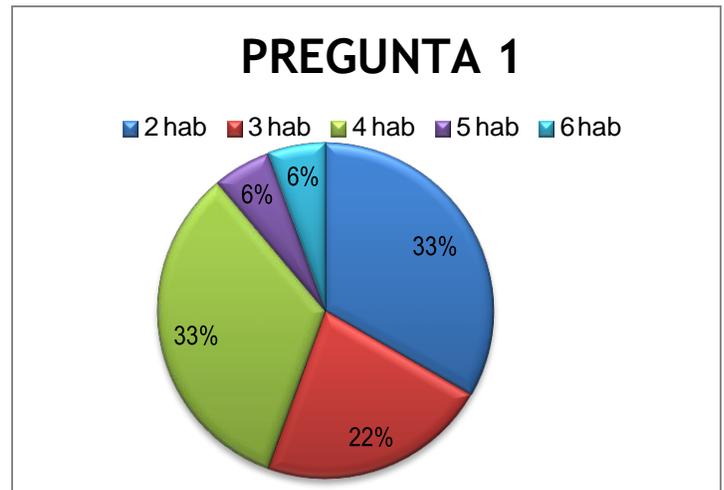
Punto 1 Vs Punto 2	t=0,20 gl:71,917 p: 0,83
Punto 1 Vs Punto 3	t=3,82 gl: 16,687 p: 0,0013
Punto 2 Vs Punto 3	t=3,69 gl: 16,284 p: 0,0019

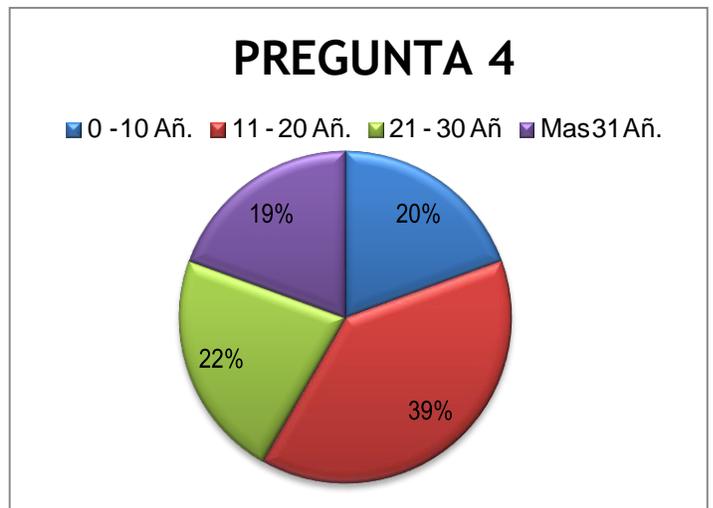
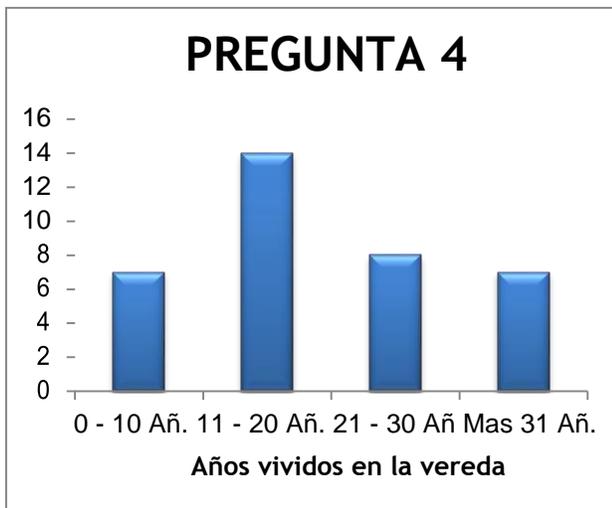
La diversidad de Shannon, relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada especie presente en la muestra, según Franquet (2005) el valor máximo que adquiere en los ríos, para las comunidades de invertebrados acuáticos bénticos, es de 4,5 y los valores que sea inferiores a 2,4 – 2,5 indican que el sistema está sometido a presión; y los tres puntos tienen valores por debajo de estos niveles, pero el tercer punto sigue siendo el más bajo.

La riqueza Margalef está determinada con el número de especies o taxones presentes en la comunidad siendo cero la más baja cuando tan solo existe una especie en la muestra y la dominancia Simpson, es referida a las especies clave que tienen un impacto no proporcional a su abundancia; los valores para los dos índices en los dos primeros puntos es muy similar; en cuanto a la riqueza debido a las condiciones naturales propias o nativas del lugar, como por ejemplo la abundante vegetación y siendo así mismo tan baja en el tercer punto por la poca y degradada vegetación del lugar.

Análisis de encuestas aplicadas

A continuación, se exponen los resultados del primer grupo de preguntas, “información de residencia y actividades cotidianas de la familia”:





En este primer grupo, se evidencio mediante el análisis de las gráficas que el 80% de los encuestados viven en la vereda, hace más de 10 años, por lo que se comportan como fieles testigos de la problemática de la quebrada; dan fe del alto grado de turismo en la vereda y de los malos usos que le dan al agua; además de que este hecho le da peso a su opinión e información colectada en la encuesta.

De las familias encuestadas, el 83% tienen un estrato socioeconómico bajo (1 – 2), el 42% de ellos sobreviven del comercio presentado en la zona por la visita de turistas, otro 44 % se dedica a otras actividades socioeconómicas como trabajos fuera de la vereda (en el pueblo), o a la construcción, trabajo muy ofertado en la vereda por el levantamiento de cabañas turísticas o condominios veraneros, y un 11 % se dedica a la crianza de peces en lagunas artificiales, lo que también influye un poco en la contaminación orgánica de la quebrada a la hora de intercambio de agua e igualmente DBO por el alimento no consumido ; de los encuestados, un 17% pertenecían a estrato 3, correspondientes a grandes fincas de paso que solo son habitadas por “cuidanderos”.

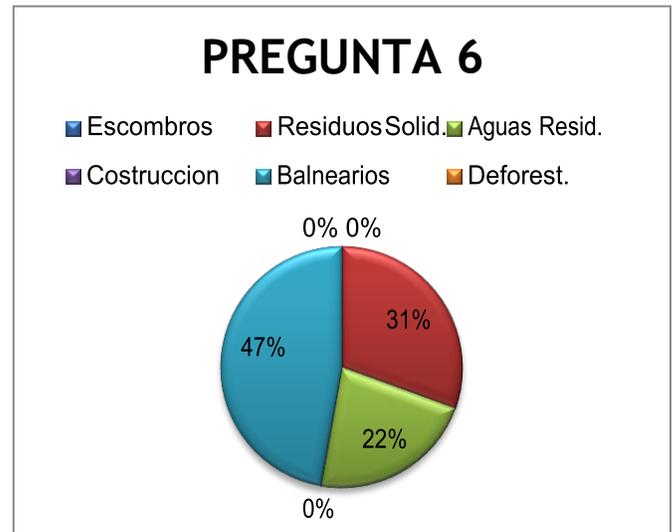
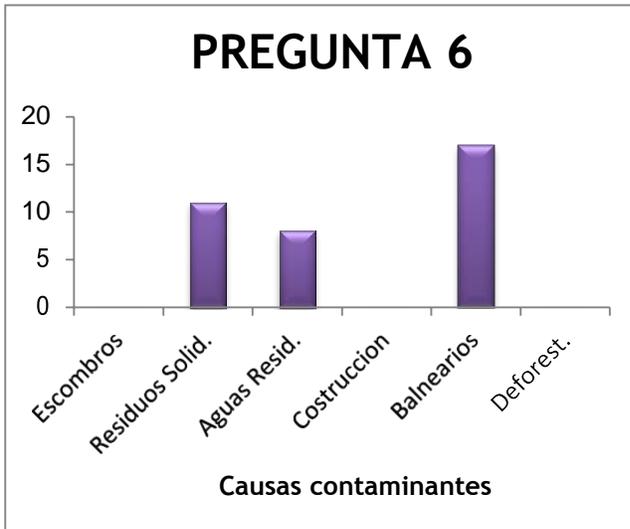
A continuación, se exponen los resultados del segundo grupo de preguntas,
 “Conocimiento de la quebrada en estudio e información sobre ella”:



El 100% de los encuestados conocía la quebrada, y manifestaron que aunque la vereda cuenta con más fuentes hídricas, “La Palmara” es la más grande, la más conocida y atraviesa toda la vereda; más de la mitad de ellos respondieron que si han conocido campañas de limpieza o concientización, que de hecho se comprobó que si las hacen, ya que casualmente el día del muestreo se encontraban realizando una jornada de limpieza al

borde de la quebrada por parte de la alcaldía a través de algunos grupos ambientales de colegios municipales.

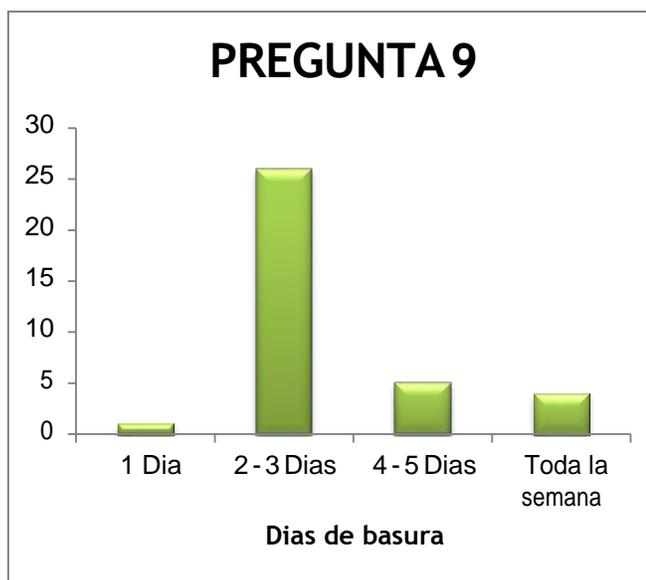
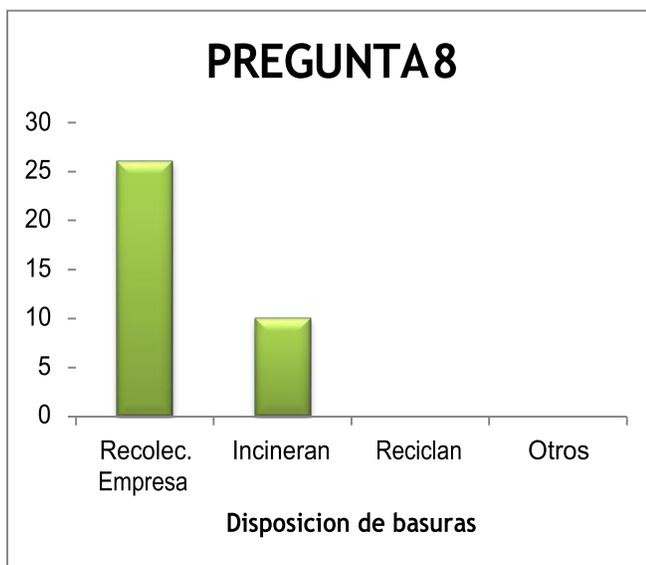
A continuación, se exponen los resultados del tercer grupo de preguntas, “Opinión de posibles causas y consecuencias de la problemática”:

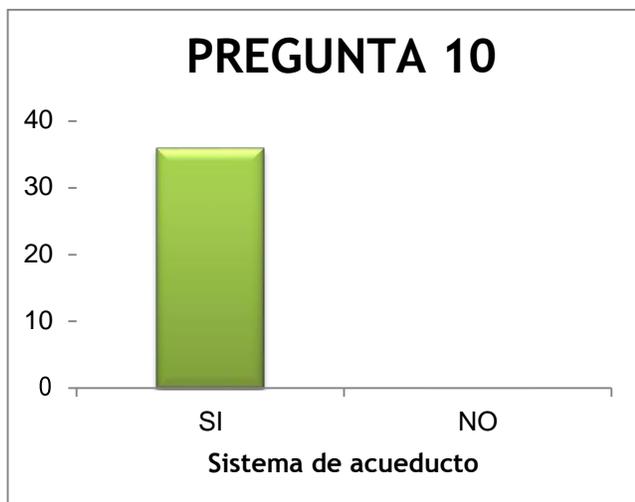


El 47% de los encuestados estuvieron de acuerdo en dar su opinión en cuanto a la causa de contaminación de la quebrada, como los balnearios, alegando sus malas prácticas y la

gran concurrencia que tienen estos sitios en la vereda; así mismo solo el 25 % de ellos sostuvieron haber sufrido algún tipo de daños en sus domicilios a causa de inundaciones de la quebrada; cabe resaltar que aunque está quebrada es ciertamente muy constata en su nivel y comportamiento normalmente, cuando su nivel aumenta lo hace considerablemente.

A continuación, se exponen los resultados del primer grupo de preguntas, “disposición final de aguas y basura en viviendas encuestadas”:





El 72% de la población encuestada entrega sus residuos a la empresa recolectora, el 28% restante la incineran debido a que el carro recolector no llega hasta sus domicilios; sin embargo la población nos dio a conocer que hasta tan solo unos meses atrás consiguieron tener empresa recolectora en la vereda, normalmente siempre incineraban. El mismo número de personas que entregan su basura a la empresa de recolección, la desechan 2 veces por semana, mientras que de los que la incineran, el 14% la quema 4 o 5 días a la semana y el 11 % la quema durante toda la semana.

Por el lado de la disposición final de sus aguas negras, en la empresa de servicios públicos del municipio, EMPUMELGAR E.S.P. se nos suministró la información de que esta vereda no cuenta con servicio de alcantarillado y efectivamente el 100% de los encuestados resalto que su disposición final de aguas residuales son pozos sépticos; aunque en las visitas de campo se evidenciaron algunos vertimientos de aguas a la quebrada.

De manera general, nosotros como ingenieros ambientales debemos ser conscientes de la dimensión de los campos de acción relacionados con nuestro rango profesional, pues consideramos personalmente que nuestra carrera profesional es multidisciplinaria y es nuestra obligación estar en toda la capacidad de realizar labores que fácilmente pudiéramos encomendar a áreas afines; sin embargo que mejor manera de dedicarnos a EVALUAR, después de haber realizado el trabajo de campo y poder obtener mejores puntos de interpretación.

Para este caso específicamente, consideramos que una de las soluciones que podría contribuir, sería indudablemente la educación ambiental, ya que resultaría muy bueno, que dentro de la junta de acción comunal, se aprovechara la comunicación con la población de la vereda en general y realizar gestiones relacionadas a la sensibilización, en cuanto al cuidado de las fuentes hídricas; además, en el trabajo con la comunidad que realizamos nosotros, pudimos evidenciar que son los más interesados en su cuidado y se obtendrían buenos logros, solo necesitan líderes que busquen el bienestar social y ambiental.

Por otro lado, también se podrían entablar comunicaciones más estrechas con las autoridades ambientales competentes, para lograr implantar medidas preventivas en cuanto a los sectores turísticos; muy seguramente estos puntos mejorarían la situación del cuerpo de agua.

CONCLUSIONES

Fue evidente la coherencia encontrada entre los resultados de los índices ICA y BMWP, ya que para ambos, la calidad del agua disminuía para el siguiente punto aguas abajo, dando la certeza y siendo concernientes con el hecho de que el punto Cacao arrojaba la mejor calidad de agua y así mismo el punto Desembocadura era el punto más crítico.

Es de gran importancia el alto nivel de Hidrocarburos Totales de Petróleo, en el punto dos Bocatoma, por un lado, por el hecho de sobrepasar todos los límites permisibles de agua residual, obteniendo un resultado muy alto, y por otro lado, también por ser un sitio clave al ser el punto de captación de agua para el acueducto municipal, lo que genera preocupación al no prestarle la atención necesaria a esta situación.

Para los nueve parámetros físicoquímicos realizados, resultaron muy evidentes los anormales valores encontrados de manera general en el tercer punto Desembocadura, debido a las condiciones del lugar y por tratarse del punto de llegada finalmente al Rio ya que la quebrada ya ha pasado por distintas perturbaciones en su recorrido. Resaltando igualmente para este punto, el cambio de dos unidades en el pH, arraigado a las actividades fotosintéticas de las algas desarrolladas en el sitio.

Con el desarrollo y análisis de las encuestas se determinaron datos importantes de la población que reside y convive cerca a la quebrada; como fue conocer que la vereda no cuenta con sistema de alcantarillado o saber que ellos si conocen realmente de cerca la problemática y que llevan muchos años conviviendo con ella, y el 47% de ellos concuerdan en decir, que dicha problemática está arraigada a la presencia de balnearios en la vereda y a todos los contratiempos que esto conlleva.

RECOMENDACIONES

Resultaría sumamente productivo, crear un espacio en la junta de acción comunal, inclinado a gestionar actividades de educación ambiental, que fortalezcan el sentido de pertenencia de la comunidad hacia la fuente hídrica, para que colaboren conjuntamente por su cuidado y puedan lograrse mejores resultados. Desde este mismo punto, se recalca de nuevo la importancia de integrar más a las autoridades competentes, ya que, el hecho de que ellas no se presenten, no significa precisamente, que no tengan alguna obligación con estas áreas estratégicas para la preservación.

A raíz de los resultados obtenidos en este estudio, surge la importancia de recomendar a entidades encargadas y pertinentes, como en este caso lo son CORTOLIMA o EMPUMELGAR, la especial atención a los altos valores obtenidos en los análisis no convencionales (Aceites y Grasas, Hidrocarburos y Detergentes) realizados en el punto de captación de agua para el acueducto municipal; especialmente hidrocarburos y detergentes, quienes obtuvieron niveles excesivos para este tipo de ecosistema y que además de todo esto pueden acarrear problemas de salud pública, de no ser tratados debidamente.

Es de suma importancia para los profesionales ambientales, trabajar en conjunto con la comunidad en la resolución de problemas socio-ambientales; por lo que es recomendable, que las administraciones municipales trabajen un poco más, en hacer más activa y constante la participación de la comunidad, para lograr resultados más exitosos y trabajando de la mano con los más perjudicados, para su propio beneficio.

Resulta de igual manera interesante el tema de los balnearios, por lo que consideramos a manera personal que influiría notablemente en un cambio de la situación, la aplicación de medidas pertinentes y legales en cuanto al funcionamiento de estos establecimientos, que no otorgan beneficios a la fuente hídrica; claro está, teniendo en cuenta muchos factores adyacentes, como por ejemplo el hecho de que precisamente el turismo es una de las mayores entradas económicas de los habitantes de la vereda.

REFERENCIAS

Acuña E. (s.f). *Pruebas no paramétricas*. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario Mayagez. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/eacuna/miniman11sl.pdf> [consultado 06/11/17]

Agencia para sustancias toxicas y el registro de enfermedades – ATSDR (2016). *Resúmenes de Salud Pública - Hidrocarburos totales de petróleo [Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)]*. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs123.html [consultado 02/08/17]

Alba – Tercedor. J. (s.f). *Clase insecta, orden Ephemeroptera*. Universidad de Granada, departamento de Zoología, facultad de ciencias. Revista idea. p.9. Granada, España. Disponible en: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_40.pdf [consultado 26/06/17]

ALCALDIA DE MELGAR – TOLIMA. (2016). *Plan básico de ordenamiento territorial municipio de Melgar*. Documento técnico de soporte, Generalidades. p, 11. [Consultado 25/06/2017]

_____ (2016). *Plan básico de ordenamiento territorial*. Documento técnico, dimensión socioeconómica. p, 8. Departamento del Tolima. [Consultado 25/06/2017]

_____ (2016). *Plan básico de ordenamiento territorial*. Documento técnico, atributo suelo. Departamento del Tolima. [Consultado 25/06/17]

_____ Despacho del alcalde. (2012-2015). *DIAGNOSTICO PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE MELGAR*. Departamento del Tolima. [Consultado el 07/04/16]

_____ (2013). *Nuestro municipio*. Disponible en http://www.melgar-tolima.gov.co/informacion_general.shtml [consultado el 08/04/16]

Alvira M. F. (2011). *LA ENCUESTA: UNA PERSPECTIVA GENERAL METODOLOGICA*. Centro de Investigaciones Sociológicas. Consejo Editorial de la colección de cuadernos metodológicos. Montalvan, Madrid. [Consultado 07/08/16]

Antón A. y Lizaso J. (2001). *Nitritos, Nitratos y Nitrosaminas*. Fundación Iberica para la Seguridad Alimentaria. Madrid. Disponible en:
<http://mie.esab.upc.es/ms/formacio/Control%20%20Contaminacio%20Agricultura/biblio/nitratos%20y%20nitrosaminas.pdf> [consultado el 07/04/16]

Arévalo A, Bacca T, Sotto A. (2014). *Diagnóstico del uso y manejo de plaguicidas e fincas productoras de cebolla*. Revista luna azul. Disponible en:
www.scielo.org.co/pdf/luaz/n38/n38a08.pdf [consultado 10/06/17]

Baird C. (2001). *QUIMICA AMBIENTAL*. Editorial REVERTE, S.A. ed. 2°. Barcelona. [Consultado 24/06/17]

Bello G. O.C; Spies M y Tellez M. B. (2013). *Estado de conocimiento de la familia Chironomidae (insecta:Diptera) en Cuba*. Universidad de Guadalajara. Disponible en:
http://dugesiana.cucba.udg.mx/dugesiana_dic2013/233_20.pdf [consultado el 20/07/17]

Benetti C.J; Alonso A.I; Garrido J. (2007). *Comparación de la comunidad de coleopteros acuáticos (Adephaga y Polyphaga) en dos cuencas hidrográficas con distinto grado de acción antropogenica (Pontevedra, NO de España)*. Departamento de Ecología y Biología Animal, Facultad de Biología, Universidad de Vigo, 36200, Vigo (España). Disponible en:
http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne26/L26a115_Coleopteros_acuaticos_cuencas_hidrograficas_Pontevedra.pdf [consultado 18/07/17]

Brissio P.A (2005). Evaluación preliminar del estado de contaminación en suelos de la provincia del Neuquén donde se efectúan actividades de explotación hidrocarburífera. Escuela Superior de Salud y Ambiente. Universidad Nacional de Comahue. Disponible en:
<http://tesis.bioetica.org/pab2-4.htm> [consultado 06/11/17]

Calvo F. F.G. (2002). *Tema 4, contaminación del agua*. Disponible en: http://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf. [Consultado 21/06/17].

Campos G. I. (2000). *Saneamiento Ambiental*. Calidad de agua, p.48. EUNED Editorial Universidad Estatal a Distancia. Primera Edición. San José, Costa Rica. [Consultado el 04/03/2016]

Capó M. M.A (2005). *Principios de la Ecotoxicología*. Bioindicadores y biomarcadores. Tebar. [Consultado 22/06/17].

Carvacho A. C.A. (2012). *ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS Y DESARROLLO DE UN INDICE MULTIMETRICO PARA EVALUAR EL ESTADO ECOLOGICO DE LOS RIOS DE LA CUENCA DE LIMARI EN CHILE*. Universidad de Barcelona. Barcelona. Disponible en: http://www.ub.edu/fem/docs/treballs/TESIS_MASTER_Caroline%20Carvacho.pdf [consultado el 18/07/17]

Cegretin. M.A (2000). ARGENBIO. Biomonitorio ambiental y tratamiento de efluentes. Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología. CONICET, FECyN/UBA. [Consultado 04/03/2016]

COLEGIO GREGORIO JOSÉ RAMÍREZ CASTRO. (2013). *UTILIZACIÓN DEL ÍNDICE BMWP'-CR PARA ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN QUEBRADA BARRO, MONTECILLOS*. Disponible en <http://www.fod.ac.cr/globe/wp-content/uploads/2014/03/Colegio-Gregorio-Jos%C3%A9-Ram%C3%ADrez-Castro-GLOBE-2013.pdf> [consultado el 04/03/2016]

Corporación Autónoma Regional del Cauca – Fundación Mamaskato (2004). *PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS SAMBINGO-HATO VIEJO, MUNICIPIOS DE BOLIVAR, MERCADERES Y FLORENCIA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA*. Cap. 5. Zonificación Ambiental, p.75. Disponible en:

<http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20Sambingo-Hatoviejo/Zonificacion%20Ambiental.pdf> [consultado el 07/04/16]

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2008). *Estimación e interpretación del coeficiente de variación de la encuesta cocensal*. Dirección de censos y demografía. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefvariacion.pdf [consultado 06/11/17]

Darrigran G. y Lagreca M. (2005). *Moluscos litorales del estuario del Rio de la Plata – Argentina*. Grupo de investigación sobre moluscos invasores /plagas (GIMIP). Facultad de ciencias naturales y museo. La Plata-Argentina. Disponible en: http://www.museo.fcnym.unlp.edu.ar/uploads/docs/divulgacion_6.pdf [consultado 28/06/17]

EL TIEMPO. (12 agosto 2014). *La agonía de los siete ríos*. Cali. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14380935> [consultado 24/02/2017]

Elosegi, A. (abril 2009). *Conceptos y técnicas de la ecología fluvial*. Importancia de los ríos. p, 17, 19. Fundación BBVA. Primera edición. Bilbao. [Consultado el 07/04/16]

Estrella M. S.B; Guevara P. (s.f). *Análisis de hidrocarburos de petróleo en agua mediante cromatografía de gases*. Escuela politécnica del ejército. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4655/2/T-ESPE-032766-A.pdf>. [Consultado el 10/04/16]

Franquet B. J.M. (2005), *CALCULO HIDRAULICO DE LAS CONDUCCIONES LIBRES Y FORZADAS, una aproximación de los métodos estadísticos*. Universitat internacional de Catalunya. Escuela universitaria de ciencias experimentales y tecnología. [Consultado 13(08/17)]

García P. J.F.A. (2012). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua*. Universidad de Cundinamarca. [Consultado 04/06/16].

García P. J, Baquero S, Díaz G, Sarmiento C. (2013). *Revista Ciencias Agropecuarias – Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Cundinamarca Vol. 1 No. 1 Junio - Diciembre Año 1. Disponible en: http://revistas-electronicas.unicundi.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/78 [consultado 29/03/2016]*

González C. M; Zúñiga M.C; Manso V. (2015). *Riqueza genérica y distribución de Elmidae (insecta: Coleoptera, Byrrhoidea) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander Von Humbolt”. Vol 16. Bogotá – Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/491/49144024002.pdf> [consultado 18/07/17]

González R. S.N, Zúñiga L. M.A. (2014). *Contaminación del río Tecolutla: Diagnóstico de la calidad del agua en el río Tecolutla, tramo Coyutla a Gutierrez Zamora, Veracruz, México*. [Consultado 10/06/17]

Goyenola. G. (2007). *Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA Versión 1.0. Disponible en http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf [consultado 07/04/16]*

Grey M. (2011). *Como la acidez del agua afecta la fotosíntesis en las plantas acuáticas*. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/acidez-del-agua-afecta-fotosintesis-plantas-acuaticas-info_279568/ [consultado 23/06/17]

Grupo de investigación Freshwater Ecology and Management – F.E.M (2006). *Los quironomidos y el Taj Majal*. Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://www.ub.edu/fem/index.php/es/publicaciones/reportajes/117-los-quironomidos-y-el-taj-majal> [consultado 19/07/17]

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). Estudio *Nacional del Agua*. Cuantificación de la Oferta Hídrica, p.14. Bogotá, Colombia. Disponible en:
http://www.engr.colostate.edu/~neilg/ce_old/projects/Colombia/Colombia/cd1_files/spanish/12%20ena%20IDEAM%20study.pdf [consultado el 24/02/2016]

————— (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Comportamiento de la escorrentía y el rendimiento hídrico a nivel nacional, p.64. Bogotá, Colombia. Disponible en:
http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf [consultado 24/02/2016]

—————(2007). *Coliformes totales y E. coli por el método de filtración por membrana en Agar Chromocult*. Subdirección de Hidrología – Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental. Disponible en:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agu+a+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>
[consultado 20/08/17]

—————(2007). *DETERMINACION DE GRASAS Y ACEITES POR EL METODO SOXHLET*. Subdirección de Hidrología, Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental. Versión 2. Disponible en:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Grasas+y+Aceites+en+agua+por+m%C3%A9todo+Soxhlet..pdf/15096580-8833-415f-80dd-ceaa7888123d> [consultado 06/11/17]

————— (2007). *TENSOACTIVOS ANIONICOS EN AGUA – METODO SAAM*. . Subdirección de Hidrología, Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental. Versión 2. Disponible en:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Tensoactivos+en+agua%2C+m%C3%A9todo+SAAM..pdf/d0859c8f-b5c4-4125-98eb-f157a72cf830> [Consultado 06/11/17]

Instituto Tecnológico Geominero de España. *PANORAMA ACTUAL DE LAS AGUAS MINERALES Y MINERO-MEDICINALES DE ESPAÑA*, p.44. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. [Consultado 07/04/16].

Jardí Pinyol, C. (2002). *Movernos en el agua, desarrollo de las posibilidades educativas. Lúdicas y terapéuticas en el medio acuático*. Generalidades, p.7. Barcelona, editorial: Paidotribo, 4º Edición. [Consultado 24/02/16].

Jiménez C. D.M. (2014). *ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LA FAMILIA LEPTOHYPHIDAE (INSECTA: EPHEMEROPTERA) DE LA CUENCA DEL RÍO ALVARADO*. IBAGUE- TOLIMA, COLOMBIA. Disponible en:
<http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1363/1/RIUT-AAA-spa-2015-Aspectos%20ecol%C3%B3gicos%20de%20la%20familia%20leptohyphidae%20%28insecta%20ephemeroptera%29%20de%20la%20cuenca%20del%20r%C3%ADo%20Alvarado%20%28Tolima%2C%20Colombia%29.pdf> [consultado 26/06/17]

LA EPA – AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL. (2003). *DESPUES DE LA TORMENTA*. Disponible en:
<https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/15e5570296b6efcd?projector=1> [consultado 21/06/17]

————— (2016). Contaminación por nutrientes. Disponible en:
<https://espanol.epa.gov/espanol/contaminacion-por-nutrientes> [consultado 09/06/17]

López, M. M, C. (s.f). *Efectos ambientales de la fertilización. EFECTOS AGRONOMICOS Y AMBIENTALES DE LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE PATATA EN A LIMIA*. Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior de Lugo. [Consultado 26/06/17]

Mamani Q. H; Suarez R. N; García T. C; (2003). *Contaminación del agua e impactos por actividad hidrocarburifera en Aguarague*. La Paz, fundación PIEB. [Consultado 02/08/17]

Maravilla E. Rosales F. Rojas J. Molina C. (2010). *EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Ribera del lago de Chapala. Disponible en: http://www.emapas.inecc.gob.mx/download/lch_calidad_del_agua.pdf [consultado 24/06/17]

Marín G. R. (2003). *FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGIA DE LOS MEDIOS ACUATICOS, tratamiento y control de calidad de aguas*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid. [Consultado 13/08/17]

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. *Índice de Calidad del Agua General "ICA"*, p.1. San Salvador. El Salvador. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>. [Consultado el 06/03/2016]

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL - MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2007). *Resolución número 2115*. 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. [Consultado el 07/04/16]

Ministerio de Protección Social. (2007). Decreto 1575. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano [consultado el 04/03/2016].

ONU-DAES. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. Decenio Internacional para la acción "El agua como fuente de vida" 2005-2015". Disponible en <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml> [consultado el 24/02/2016]

Orjuela L.C; Saldarriaga G; García M; Wilches H. (2010). *CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN COLOMBIA, ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA*. IDEAM. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP6.pdf> [consultado 30/07/17]

Palomares, A. E. (2013). *CONTAMINACION DEL AGUA POR NITRATOS Y TECNICAS PARA SU TRATAMIENTO*. Instituto de Tecnología Química. Disponible en: <http://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>. [Consultado 25/06/17]

Pérez P. J.A. (2000). *TRATAMIENTO DE AGUAS*. Calidad de agua, p.1. Universidad Nacional. Facultad de Minas. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/70/3/45_-_2_Capi_1.pdf [consultado 10/06/17]

Pinilla A. G.A. (2003). *Indicadores Biológicos en Ecosistemas Continentales de Colombia*. Generalidades de la indicación biológica. CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS. FUNDACION UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO. [Consultado el 04/03/2016]

PROGRAMA INTERNACIONAL DE EDUCACION AMBIENTAL UNESCO-PNUMA. (Abril-1993). *Educational module on environmental problems in cities*. Los libros de catarata, primera edición. [Consultado el 04/03/2016]

Putz P. (2006). *ANALÍTICA DE LABORATORIO Y SISTEMA DE CONTROL DE PROCESO NUTRIENTES, FOSFATO*. United for wáter quality. Disponible en: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87050/fosfatos.pdf [consultado 24/06/17]

Rigola L. M. (1990). *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Alfaomega Marcombo. Barcelona-España. Página 28. [Consultado el 07/04/16]

Robartaigh P. (2014). *El efecto de las bacterias Coliformes en el medio ambiente*. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/efecto-bacterias-coliformes-fecales-medio-ambiente-info_291092/ [consultado 22/06/17]

Roldan P. G.A. (2003). *Bioindicacion de la calidad del agua en Colombia-uso del método BMWP/Col*. Edit. Universidad de Antioquia. Primera Edición, p.29. [Consultado el 04/06/2016].

Roldan P. G; Ramírez R. J.J. (2008). *FUNDAMENTOS DE LIMNOLOGIA TROPICAL*. Editorial Universidad de Antioquia. 2° edición. [Consultado 15/07/17]

Romero R. J.A. (2002). *Calidad del Agua*. Editorial Escuela Colombiana de Ingenieros. Primera Edición: Noviembre. Bogotá. Pág. 156. [Consultado el 08/04/16]

RUMI A; GUTIÉRREZ G. D.E; NÚÑEZ V; TASSARA M.P; MARTÍN S.M; LÓPEZ A. M.F y ROCHE A. (2004). *BIODIVERSIDAD DE MOLUSCOS DE AGUA DULCE DE LA REGION MESOPOTAMICA, ARGENTINA*. Tucuman, Argentina. Disponible en: <http://insugeo.org.ar/publicaciones/docs/misc-12-26.pdf> [consultado 15/07/17]

Salager J.L (2002). *SURFACTANTES, TIPOS Y USOS*. Laboratorio de formulación, interfaces, reología y procesos. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Versión 2. Venezuela. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S300A.pdf> [consultado 06/11/17]

Sancho, J. Vanguardia. (2014). *La contaminación fecal, la más común en nuestras playas*. Disponible en: <http://www.lavanguardia.com/vida/20140702/54411472272/contaminacion-fecal-comun-playas.html> [consultado 24/02/2017]

Secretariado de la red de autoridades ambientales (s.f). *Hacia un turismo sostenible. Como integrar el medio ambiente en el sector turístico*. Disponible en: <http://www.datosdelanzarote.com/uploads/doc/2007090213283212turismo.pdf> [consultado 06/11/17]

Stachetti R. G. (2007). *MANUAL DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE ACTIVIDADES RURALES*. p. 75. [Consultado 24/06/17]

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). *Guía de campo: moluscos acuáticos de la cuenca del Ebro*. Editado por la Confederación Hidrográfica. 1° edición. Disponible en:

<https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/guia-moluscos.pdf> [consultado 28/06/17]

Toro G, C. (2011a). *MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA. La temperatura*.
Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-860/maguatemperatura.pdf>
[consultado 24/06/17]

————— (2011b). *MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA. La turbidez*.
Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/magaturbidez.pdf>
[consultado 24/06/17]

Velandia B. Y.S. (2013). Turbidez en el agua. Disponible en:
<http://turbiedaddelagua.blogspot.com.co/p/contexto.html> [consultado 18/06/17]