

**DETERMINACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN  
UN AFLUENTE (VEREDA CHARCORICO) DEL RÍO COELLO**

**MONICA ALEJANDRA CARDONA PARAMO**

**KRIS JULY MANRIQUE CARRILLO**

**Trabajo de grado para optar el título de: Ingeniero Ambiental**

**Director:**

**CARLOS GUILLERMO MESA MEJÍA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE ECAPMA  
INGIENERIA AMBIENTAL**

**2017**

## **DEDICATORIA**

*Un reconocimiento a todas las personas que me han apoyado en el desarrollo de cada una de mis metas, las cuales han estado orientadas, en el cumplimiento de mis intereses formativos, gracias a mi familia quienes han fortalecido y me han dado apoyo en cada una de la dificultades que me han surgido, en los cuales siempre he encontrado palabras que me han permitido continuar, principalmente mis padres quienes han sido un ejemplo para mí y cada día me impulsan a seguir, preparándome.*

Mónica Alejandra Cardona Paramo.

*Todos los colombianos que reconocen que somos parten de este planeta valorando el recurso del agua como vida que fluye a través de nosotros para refrescar a otros.*

Kris July Manrique Carrillo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos ante todo a Dios por permitirnos culminar exitosamente esta experiencia, a nuestros familiares por su apoyo incondicional, al Líder Local de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuaria y del Medio Ambiente, Carlos Guillermo Mesa Mejía, por su permanente colaboración y a la comunidad en general de la vereda Charcorico, corregimiento del Totumo.

**Tabla de contenido**

<b>GLOSARIO</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN ANALÍTICO ESPECIALIZADO (RAE)</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>14</b>
<b>4. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>5. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>5.1 USO DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS</b> .....	<b>30</b>
<b>5.2 MÉTODOS BMW / COLOMBIA</b> .....	<b>31</b>
<b>5.3 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS</b> .....	<b>32</b>

<b>5.4 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....</b>	<b>34</b>
<b>5.5 NORMATIVIDAD.....</b>	<b>35</b>
<b>6. METODOLOGÍA .....</b>	<b>36</b>
<b>6.1 ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>36</b>
<b>6.2 Selección de las estaciones y duración del tiempo de muestreo .....</b>	<b>38</b>
<b>6.3 COLECTA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y DETERMINACIÓN TAXONÓMICA.....</b>	<b>41</b>
<b>6.3.1 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN. ....</b>	<b>41</b>
<b>6.3.1.1 MÉTODO CUANTITATIVO.....</b>	<b>41</b>
<b>6.3.1.2 MÉTODO CUALITATIVO.....</b>	<b>42</b>
<b>6.3.2 MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA Y EL PH.....</b>	<b>43</b>
<b>6.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS .....</b>	<b>43</b>
<b>6.5 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA .....</b>	<b>44</b>
<b>6.5 APLICACIÓN DE LA ENCUESTA .....</b>	<b>46</b>
<b>6.7 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO .....</b>	<b>47</b>
<b>6.8 TRABAJO CON LA COMUNIDAD .....</b>	<b>47</b>

<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
<b>7.1 ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS .....</b>	<b>49</b>
<b>7.2 ANÁLISIS DE LA CALIDAD BIOLÓGICA POR GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>7.3 ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD.....</b>	<b>57</b>
<b>7.4 ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....</b>	<b>59</b>
<b>7.5 ANÁLISIS NORMATIVIDAD RESOLUCIÓN 2115 DEL 2007 .....</b>	<b>60</b>
<b>7.5.1 PH.....</b>	<b>61</b>
<b>7.5.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....</b>	<b>62</b>
<b>7.5.3 SOLIDOS TOTALES.....</b>	<b>62</b>
<b>7.5.4 TURBIEDAD.....</b>	<b>62</b>
<b>7.5.5 NITRITOS.....</b>	<b>63</b>
<b>7.5.6 FOSFATOS .....</b>	<b>63</b>
<b>7.5.7 COLOR.....</b>	<b>63</b>
<b>7.5.8 ALCALINIDAD.....</b>	<b>64</b>
<b>7.5.9 HIERRO .....</b>	<b>64</b>

<b>7.5.10 SULFATOS .....</b>	<b>64</b>
<b>7.6 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....</b>	<b>64</b>
<b>7.7 TRABAJO CON LA COMUNIDAD .....</b>	<b>70</b>
<b>8. DISCUSIÓN .....</b>	<b>71</b>
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>10. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>11. REFERENCIAS.....</b>	<b>80</b>
<b>12. ANEXO .....</b>	<b>87</b>

## **LISTADO DE TABLAS**

<b>Tabla No. 1 Sensibilidad de los Macroinvertebrados .....</b>	<b>21</b>
<b>6.2 Selección de las estaciones y duración del tiempo de muestreo .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla No. 2 Presencia o ausencia de macroinvertebrados acuáticos en los tres puntos de muestreo de la Vereda Charcorico, Corregimiento del Totumo, en los meses de mayo y julio 2016.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla No. 3 Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP / Col. ....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 4. Clases de calidad de agua, valores BMWP / Col. Significados y colores para representaciones cartográficas. ....</b>	<b>54</b>
<b>Tablas No.5. Puntajes asignados a las familias de macroinvertebrados encontrados en la vereda Charco Rico, en los meses de mayo y julio de 2016, según el BMWP/Col. ....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla No. 6 Valores de BMWP calculados para el cuerpo de agua de la vereda Charcorico, en los meses de mayo y julio de 2016.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla No. 7 Índices de diversidad .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla No. 8 Diversidad Beta de Jaccard.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla No. 9 Métodos y parámetros utilizados para los análisis de muestras fisicoquímicos, en el laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima .....</b>	<b>60</b>



<b>Tabla 10. Parámetros de la calidad del agua en las muestras tomadas en la Vereda Charco Rico- corregimiento del Totumo.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla No. 11 Características físicas .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla No. 12 Características Químicas que tiene reconocido efecto adverso en la salud humana.....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla No. 13 Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana. .</b>	<b>67</b>
<b>Tabla No. 14 Puntaje de riesgo .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla No. 15 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla No. 16 Calculo del IRCA agua de consumo vereda Charco Rico .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla No. 17 Ítems de reconocimiento de la fuente de agua de la vereda Charcorico corregimiento del Totumo.....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla No. 18 Tabulación encuestas aplicada a la población de la vereda Charcorico, corregimiento del Totumo.....</b>	<b>94</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Posturas Tomado: (Carrera y Fierro, 2001).....	20
Figura 2. Técnica pincel Tomado: (Reyes, Fierro, 2001) .....	22
Figura 3. Técnica Surber Tomado: (Reyes, y Fierro, 2001) .....	22
Figura 4. Técnica Tamiz Tomado:( Roldan 1999).....	23
Figura 5. Orden Ephemeroptera Tomada: (Roldan 1988) .....	23
Figura 6. Orden Trichoptera Tomada: (Roldan ,1988) .....	24
Figura 7. Orden Coleoptera Tomado: Roldan 1988.....	25
Figura 8. Orden Gordioidea, Tomado: Roldan 1988 .....	27
Figura 9. Orden Odonata Tomado: Aragón1983 .....	28
Figura 10. Orden Neuroptera, Tomado: Roldan 1988 .....	29
Figura 11: Manrique, K. (2016). Actividades Antrópicas. ....	38
Manrique, K. (2016) Parte Alta del afluente (E1) (A) mes de Mayo; (B) mes de Julio [Figura 12.....	39
Manrique, K. (2016) Muestreos realizados en mayo (A) y julio (B) parte Media de la afluente (E2) [Figura 13]. ...	40
Manrique, K. (2016) Muestreos realizados en mayo (A) y julio (B) parte baja de la afluente (E3) [Figura 14]. .....	40
Cardona, M. (2016) Identificación de macroinvertebrados (A) Ubicación de los macroinvertebrados en recipiente; (B) Limpieza del sustrato; (C) Determinación de los macroinvertebrados; (D) Frascos rotulados. [Figura 20].....	44
Manrique, K (2016) Aplicación encuesta [Figura 21] .....	46
<b>Figura 22.</b> Porcentaje de abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la Vereda Charco Rico, Corregimiento del Totumo, en los meses de mayo y julio del 2016. ....	50
<b>Figura 23.</b> Porcentaje de abundancia relativa de los <i>géneros</i> de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la Vereda Charco rico, Corregimiento del Totumo, en los meses de mayo y julio del 2016.....	50
<b>Figura 24.</b> Porcentaje de abundancia relativa de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la Vereda Charco Rico, Corregimiento del Totumo, en los meses de mayo y julio del 2016. ....	51
Cardona, M. (2016) Estación tres [Figura 29] .....	95
Cardona,M (2016) Técnica Pincel [Figura32].....	96
Cardona, M (2016) Estación dos [Figura 31] .....	96

Manrique, K (2016) Técnica Red Surber [Figura 34].....	96
Manrique, K (2016) Técnica Tamiz [Figura 33] .....	96
Cardona, M. (2016) Red Surber [Figura 15].....	97
Manrique, K. (2016) Recolecta con Red surber(A) Estación 1; (B) Estación 2; (C) Estación 3 [Figura 16] .....	97
Cardona, M. (2016) Tamiz [Figura 17] .....	98
Manrique, K. (2016) Recolecta con Tamiz [Figura 18].....	98
Cardona, M. (2016) Recolecta Manual [Figura 19].....	99
Cardona, M. (2016) Manguera del acueducto de una de la viviendas de la vereda [Figura 25] .....	103
Cardona, M. (2016) Manguera del acueducto Estación uno [Figura 26].....	103
Cardona, M. (2016) Manguera del acueducto Estación dos [Figura 27] .....	104
Cardona, M. (2016) Manguera del acueducto Estación tres [Figura 28] .....	104
Manrique, K. (2016) Trabajo con la comunidad [Figura 35].....	105
Manrique, K. (2016) Trabajo con la comunidad [Figura 36].....	105

## **Lista de anexos**

<b>Anexo 1.</b> Formato de encuesta de aplicada a la comunidad de la vereda Charcorico Corregimiento del Totumo.....	87
<b>Anexo 2.</b> Encuestas aplicadas a la comunidad de la vereda Charcorico Corregimiento del Totumo. ....	88
<b>Anexo 3.</b> Tabulación de la encuesta aplicada.....	93
<b>Anexo 4.</b> Registro fotográfico de la zona de muestreo de la Verdad Charcorico corregimiento del Totumo.....	95
<b>Anexo 5.</b> Métodos de recolección de macroinvertebrados (cualitativo y cuantitativo). ....	97
<b>Anexo 6.</b> Reporte de resultados de análisis químicos mes de mayo del 2016.....	100
<b>Anexo 7.</b> Reporte de resultados de análisis químicos mes de julio del 2016.....	101
<b>Anexo 8</b> Reportes de análisis microbiológicos.....	102
<b>Anexo 9</b> Ubicación del acueducto empírico en las estaciones del muestreo.....	103
<b>Anexo 10</b> Trabajo con la comunidad.....	105

## Glosario

**Acueducto:** Es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante, generalmente una ciudad o poblado.

**Afluente:** Río secundario que desemboca en otro considerado como principal. O sea, el afluente no desemboca en un mar sino que lo hace en un río que dispone de una importancia mayor. Ambos se unen en un lugar que se llama confluencia.

**Antrópico:** Se designa todo lo que es relativo al ser humano, por oposición a lo natural, y especialmente se aplica a todas las modificaciones que sufre lo natural a causa de la acción de los humanos.

**Bioindicador:** Es un indicador consistente en una especie vegetal, hongo o animal; o formado por un grupo de especies (grupo eco-sociológico) o agrupación vegetal cuya presencia (o estado) nos da información sobre ciertas características ecológicas, es decir, (físico-químicas, micro-climáticas, biológicas y funcionales), del medio ambiente, o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio.

**Cauce:** canal por donde corre un río.

**Contaminación:** Es la acción de contaminar el ambiente con sustancias u objetos extraños, sean natural o antrópicos.

**Dulceacuícola:** Comprende todos los cuerpos de agua dulce, como son: lagos, lagunas, estanques, manantiales, charcos, ríos, nieves perpetuas y casquetes polares.

**Ecosistema:** Conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes.

**Especie:** Miembros de poblaciones que se reproducen o pueden reproducirse entre sí en la naturaleza y no de acuerdo a una apariencia similar. Aunque la apariencia es útil para la identificación de especies, no define una especie.

**Fuentes dulceacuícolas:** De agua dulce como ríos o lagos.

**Individuo:** Ser vivo, animal o vegetal, perteneciente a una especie o género, considerado independientemente de los demás.

**Organismo:** Ser vivo macroscópico.

**Población:** Conjunto de seres vivos de la misma especie que habitan en un lugar determinado.

**Macroinvertebrados:** No corresponde a ninguna categoría taxonómica, si no que se trata de una delimitación artificial, que en los cursos de agua se refiere a aquellos invertebrados que por su tamaño relativamente grande son retenidos por redes de luz de malla de entre 250-300  $\mu\text{m}$ , y son visibles al ojo humano, no muy inferiores de 0.5 mm pero habitualmente mayores de 3mm.

**Macroscópicos:** Se observan a simple vista.

**Microorganismos:** Son aquellos seres vivos más diminutos que únicamente pueden ser apreciados a través de un microscopio. En este extenso grupo podemos incluir a los virus, las bacterias, levaduras y mohos que pululan por el planeta tierra.

**Normatividad:** Establecimiento de reglas o leyes, dentro de cualquier grupo u organización, la moral es la formación que tienes o el conjunto de creencias de

una persona o grupo social determinado, y la ética es la forma en la que te comportas en la sociedad, es la que se dedica al estudio de los actos humanos; por lo tanto la normativa en esos campos son las leyes que y reglas que rigen el comportamiento adecuado de las personas en sociedad.

**Taxón:** Es un grupo de organismos emparentados que han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín, una descripción y un tipo. La finalidad de clasificar a los organismos en taxones formalmente definidos, en lugar de grupos informales, es la de proveer grupos cuya circunscripción (esto es, de qué organismos están compuestos) sea estricta y cuya denominación tenga valor universal, independientemente de la lengua utilizada para la comunicación.

**Vereda:** Es una localidad o población, caracterizado por ser uno de los centros de división de una ciudad, municipio o corregimiento de mayor magnitud, principalmente es una ubicación rural en ocasiones compuesto por un centro micro urbano, comúnmente una vereda posee, entre 50 y 1200 habitantes aunque en algunas lugares podría variar dependiendo de su posición y concentración geográfica. También existen veredas que no tienen habitantes.



**Resumen Analítico Especializado (RAE)**

<b>Tema</b>	Determinación biológica de la calidad del agua para consumo en un afluente (vereda Charco Rico) del río Coello.
<b>Autor</b>	Cardona Paramo Mónica Alejandra Manrique Carillo Kris July
<b>Año</b>	2017
<b>Resumen</b>	La vereda Charco Rico pertenece al corregimiento del Totumo (municipio de Ibagué), en la actualidad carece de suministro de agua potable, razón por la cual sus habitantes se ven obligados a realizar conexiones caseras por medio de mangueras para poder captar el líquido vital directamente del afluente del río Coello. La problemática que ha venido presentando la comunidad y la falta de interés por parte de los entes gubernamentales y la empresa de acueducto del municipio para brindar suministro de agua potable a los habitantes de la vereda, hizo necesaria la realización de estudios alternativos para la identificación y determinación de la calidad del agua. El proyecto tiene como propósito realizar análisis de la calidad del agua con el uso de macroinvertebrados acuáticos junto con análisis fisicoquímicos y microbiológicos para poder determinar con estos estudios si el agua del afluente es apta para consumo humano. En el desarrollo del proyecto aplicado se observan que los resultados producto del análisis de la normativa del Decreto 1575 del 2007 y la Resolución 2115 de 2007 determinó que el agua no es apta para consumo humano ya que el cálculo del IRCA generó una calificación nivel de riesgo alto, agua no apta para consumo humano y el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) modificado para Colombia, con lo cual se informó a la comunidad el valor ambiental que tienen los macroinvertebrados acuáticos y que dependiendo de las familias encontradas ellos pueden identificar si la calidad del agua es óptima.
<b>Palabras clave</b>	Acueducto, afluente, agua, colecta, contaminación, estaciones, fisicoquímico, IRCA, macroinvertebrados acuáticos, microbiológicos, muestras, parámetros, río Coello, sustrato, vereda Charco Rico.
<b>Tipo documento</b>	Trabajo de grado – Proyecto aplicado.
<b>Problema de la investigación</b>	La contaminación ambiental que se vive hoy en día causada por la integración en el medio de agentes físicos, químicos o biológicos, ya que estos son los precursores del deterioro que se presenta en el medio ambiente lo cual se está viendo reflejado en los diferentes recursos naturales, principalmente en las fuentes hídricas. Debido a la densidad poblacional, la actividad productiva, hacen que se presenten efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal de dichas fuentes, las cuales han venido presentando deterioro en las condiciones biológicas, y fisicoquímicas. (Hahn, Toro, Grajales, Duque, y Serna, 2009). Los habitantes de la vereda Charco Rico, ubicada en la parte baja del corregimiento del Totumo en el municipio de Ibagué no presentan acueducto, motivo por el cual consumen el agua directamente de un afluente del río Coello por medio de conexiones artesanales elaboradas con mangueras. El río desde su nacimiento hasta su desembocadura exhibe una condición de calidad regular de las más bajas en su conjunto con respecto a sus afluentes, por las descargas de

	<p>los ríos Cócora, Andes y Combeima, sobre el río Coello ejercen un efecto negativo el cual se ve reflejado en una disminución del índice de caducidad en su trayecto (CORTOLIMA, 2006). Por lo que se hace necesario realizar una determinación biológica por medio de macroinvertebrados acuáticos.</p>
<p><b>Principales conceptos</b></p>	<p>Los Macroinvertebrados acuáticos han sido utilizados en varias décadas hacia atrás como parte del monitoreo integral en la calidad del agua y es por esta razón que en este estudio se realizaron análisis de calidad del agua con el uso de estos organismos y análisis fisicoquímicos y microbiológicos para así poder determinar la calidad del agua del afluente. Se considera que un organismo es indicador biológico cuando se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas, y su población se encuentra en abundancia en el ecosistema donde se realice el estudio. En ríos de montaña de aguas frías, muy transparentes y oligotróficas y oxigenadas se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricopteros y plecópteros (Roldan, 1999). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue creado en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Los aspectos biológicos han ido adquiriendo mayor importancia en el estudio de los sistemas acuáticos, debido a que las variables fisicoquímicas no determinan con precisión la calidad de las aguas y solo brindan una idea puntual de estas; (Montoya, et al. 2011).</p>
<p><b>Metodología</b></p>	<p>El proyecto aplicado se realizó en la vereda Charco Rico cerca de uno de los afluentes del río Coello, se realizaron dos muestreos, el primero durante el mes de mayo del 2016 en época de sequía y el segundo muestreo en el mes de julio del mismo año en época de lluvia, en donde se establecieron tres estaciones de muestreo en un gradiente altitudinal entre los 1300 y 1500 m.s.n.m, ubicado en la cuenca del Río Coello. Para la colecta de los macroinvertebrados acuáticos se tomó un tramo aproximado de 100 metros longitudinales, con el objetivo de recolectar la mayor diversidad de macroinvertebrados, acorde al tipo de sustrato (arena, piedras y vegetación) se ha tomado el de aguas poco profundas (Roldan 2003), empleando el método cuantitativo debido al uso de la red surber y tamiz y método cualitativo por medio de la técnica manual (pincel), en cada una de las estaciones se tomó replica con el objetivo de recolectar la mayor de macroinvertebrados posibles. Las muestras fueron determinadas con la ayuda de una lupa se determinaron hasta el nivel de familia a través del uso de las claves de Roldan (1996). Para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se tomaron en la segunda estación ya que presentaba el nivel de profundidad requerido se tomaron en frasco plástico con capacidad de 2000 ml a 20 cm de profundidad, para el análisis de los parámetros fisicoquímico e igualmente se tomó una cantidad de 250 ml de agua, en envases de vidrio estéril a 20 cm de profundidad, debidamente rotulados y refrigerados, hasta su análisis en el</p>

	<p>laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima donde se realizaron dichos estudios. Se procedió a aplicar un instrumento, cuyo desarrollo se hizo a la par de las necesidades detectadas durante el inicio de la etapa diagnóstica para evaluar la presencia de brotes y enfermedades gastrointestinales, principalmente en zonas en las cuales se presenta un inadecuado tratamiento por la falta de acueducto.</p>
<p><b>Objetivo</b></p>	<p><b>Objetivo General</b>                  Determinar la calidad del agua del afluente del río Coello en la vereda Charco Rico corregimiento del Totumo por medio de la identificación y caracterización de macroinvertebrados acuáticos.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Determinar el nivel taxonómico de Macroinvertebrados acuáticos en el afluente y así poder determinar la calidad del agua.</li> <li>•Realizar análisis fisicoquímico y microbiológico del agua para sustentar los resultados obtenidos por parte de la determinación de macroinvertebrados acuáticos.</li> <li>•Implementar jornada pedagógica para informar a los habitantes de la vereda Charco Rico el estado del afluente del rio Coello.</li> </ul>
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>Como resultado de los cálculos realizados, se verifica que esta agua no es apta para el consumo humano, ya que presenta índices de riesgo que son significativos frente a los valores determinados en la Resolución 2115 del 2007, en torno a la calidad de los valores de los parámetros que debe presentar en los resultados obtenidos.</p> <p>En el análisis de las muestras de agua, se evidencia que los valores del cloro residual se encontraron por debajo del valor mínimo establecido, esto genera evidencia que existen factores que están afectando los niveles del cloro residual libre, lo cual se genera a partir de la dosificación del cloro aplicado en las redes de conexiones artesanal y el aumento del pH por encima de 7.5, hace que la reacción del cloro sea retarda y el valor de este se disminuya.</p> <p>Los macroinvertebrados identificados en los diferentes muestreos presentan características ecológicas y ambientales que determinaron, que la calidad del agua es ligeramente contaminada se evidencian efectos de contaminación.</p> <p>Los índices de biodiversidad calculados corresponden a la tipificación de color amarillo aguas moderadamente contaminadas y verde aguas con efectos de contaminación.</p> <p>Según los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta la población no ha presentado daños en su organismo, por el consumo del agua que toman directamente de las mangueras que han estructurado como el acueducto, debido a que esta le realizan procesos empíricos para poder usarla, por medio de tratamientos convencionales a través de la desinfección con cloro para así garantizar la calidad del consumo.</p>

	<p>En el desarrollo de la jornada pedagógica se capacito a los habitantes de la vereda en el reconocimiento de los macroinvertebrados, a través de la participación de estos en la colecta de las muestras reconociendo los sustratos característicos de la afluente del rio Coello y como estos son bioindicadores de la calidad del agua, a través de la identificación de sus características morfológicas.</p>
<p><b>Fuentes</b></p>	<p>Se referencia 36 fuentes bibliográficas, entre las cuales se mencionan las principales relacionadas con el proyecto aplicado:</p> <p>Ladera, R., (2012). Los Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores del Estado Ecológicos de los Ríos, Páginas de Información Ambiental (39), 24-29</p> <p>León, W., (2012), Análisis Físicoquímico y Bacteriológico de aguas. [En línea] [Revisado el 13 de Septiembre 2016] Disponible en: <a href="http://es.slideshare.net/welserle/analisis-fisicos-quimico-y-bacteologico-de-aguas">http://es.slideshare.net/welserle/analisis-fisicos-quimico-y-bacteologico-de-aguas</a>.</p> <p>Ministerio de Protección Social, (2007) Decreto Numero 1575 de 2007. [En línea] [Revisado el 13 septiembre 2016] Disponible en: <a href="https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf">https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf</a></p> <p>Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000, Sección II, Título C, Sistemas de potabilización. Bogotá D.C., RAS; 2.000. [En línea] [Revisado el 31 de Agosto 2017] Disponible en: <a href="http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4._Sistemas_de_acueducto.pdf">http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4._Sistemas_de_acueducto.pdf</a>.</p> <p>Roldan, G., (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN - Colombia. Editorial Presencia Ltda. 217..</p> <p>Roldan, G., (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Rev. Acad. Colomb, Cienc, 23 (88), 375-387</p> <p>Roldán, G. 2003. Bioindicacion de la calidad del Agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia, Colombia. 125 - 170 pp.</p>
<p><b>Autor del RAE- Fecha</b></p>	<p>Cardona Paramo Mónica Alejandra Manrique Carrillo Kris July 23 Octubre 2017</p>

## **Resumen**

La vereda Charco Rico pertenece al corregimiento del Totumo (municipio de Ibagué), en la actualidad carece de suministro de agua potable, razón por la cual sus habitantes se ven obligados a realizar conexiones caseras por medio de mangueras para poder captar el líquido vital directamente del afluente del río Coello.

La problemática que ha venido presentando la comunidad y la falta de interés por parte de los entes gubernamentales y la empresa de acueducto del municipio para brindar suministro de agua potable a los habitantes de la vereda, hizo necesaria la realización de estudios alternativos para la identificación y determinación de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados acuáticos han sido utilizados en varias décadas hacia atrás como parte del monitoreo integral en la calidad del agua y es por esta razón que en este estudio se realizaron análisis de calidad del agua con el uso de macroinvertebrados acuáticos junto con análisis fisicoquímicos y microbiológicos para poder determinar con estos estudios si el agua del afluente es apta para consumo humano; A partir de esto motivar a la comunidad para que se informe en relación a la importancia de reconocer la calidad del agua que consume y así solicitar la construcción de un acueducto ante la empresa prestadora de este servicio, que cumpla con la normatividad del decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007, sobre los índices de calidad de agua potable para el sector.

**Palabras Claves:** Afluente, Macroinvertebrados acuáticos, Río Coello, Fisicoquímico.

## **Abstract**

The village of Charco Rico belongs to the town of Totumo (municipality of Ibagué), it currently lacks a supply of drinking water, which is why its inhabitants are obliged to make home connections by means of hoses to capture the vital liquid directly from the tributary of the Coello River.

The problems that the community has been presenting and the lack of interest on the part of the governmental entities and the company of aqueduct of the municipality to provide potable water to the inhabitants of the sidewalk, made necessary the realization of alternative studies for the identification and determination of water quality.

Aquatic macroinvertebrates have been used for several decades backwards as part of the integral monitoring of water quality and for this reason water quality analyzes were carried out with the use of aquatic macroinvertebrates along with physicochemical and microbiological analyzes for be able to determine with these studies if the water of the tributary is suitable for human consumption; From this motivate the community to report on the importance of recognizing the quality of water consumed and thus request the construction of an aqueduct before the company providing this service, which complies with the regulations of Decree 1575 2007 and resolution 2115 of 2007, on the indices of drinking water quality for the sector.

**Keywords:** Affluent, Aquatic macroinvertebrates, Coello River, Physico-chemical

## **1. Introducción**

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista, o sea, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. (Roldan, 2016) El análisis de la calidad del agua por medio del uso de estos organismos ha permitido que, por su presencia en la fuente hídrica, sean bioindicadores ya que de acuerdo a su presencia bien sea de gran cantidad o poca, indica la condición del ecosistema acuático, generando información sobre su grado de contaminación. (Alba – Tercedor, 1996)

La utilización de indicadores biológicos frente a los habituales análisis físico-químicos de los ecosistemas acuáticos presenta algunas ventajas, entre las que destacan la integración espacial y temporal, de manera que la información que nos aportan no se reduce ni al tramo ni al momento concreto en el que se estudian; (Roldan, 2016) la capacidad de respuesta frente a diferentes tipos de perturbaciones del ecosistema, no solo frente a la calidad química del agua, de manera que son capaces de detectar la alteración que se produce en el río frente a perturbaciones como la regulación hidrológica, alteraciones del hábitat fluvial, invasiones biológicas, entre otras. Las perturbaciones producidas por las acciones del ser humano en la calidad del agua de una fuente hídrica que pueden provocar cambios en toda la comunidad, llegando al punto de reducir la comunidad a unas pocas especies tolerantes (Prat et al., 2009).

## **2. Planteamiento del problema**

La contaminación ambiental que se vive hoy en día causada por la integración en el medio de agentes físicos, químicos o biológicos, ya que estos son los precursores del deterioro que se presenta en el medio ambiente lo cual se está viendo reflejado en los diferentes recursos naturales, principalmente en las fuentes hídricas. Debido a la densidad poblacional, la actividad productiva, hacen que se presenten efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal de dichas fuentes, las cuales han venido presentando deterioro en las condiciones biológicas, y fisicoquímicas. (Hahn, Toro, Grajales, Duque, y Serna, 2009).

Las características fisicoquímicas del agua de los ríos son elementos integrados que ayudan a diagnosticar el grado de calidad (García y Jiménez, 2003), la actividad agrícola y la urbanización han modificado las características de la cobertura vegetal y afectan los factores de escorrentía y la cantidad de sedimentos depositados en el cauce de los ríos y son estas características las que determinan el tiempo de concentración de la lluvia en la red hídrica y la cantidad de flujo dentro del cauce, teniendo efectos significativos en la calidad del agua de los cauces.

Los habitantes de la vereda Charco Rico, ubicada en la parte baja del corregimiento del Totumo en el municipio de Ibagué no presentan acueducto, motivo por el cual consumen el agua directamente de un afluente del río Coello por medio de conexiones artesanales elaboradas con mangueras. El río desde su nacimiento hasta su desembocadura exhibe una condición de calidad regular de las más bajas en su conjunto con respecto a sus afluentes, por las descargas de los ríos Cócora, Andes y Combeima, sobre el río Coello ejercen un efecto negativo



el cual se ve reflejado en una disminución del índice de caducidad en su trayecto (CORTOLIMA, 2006). Por lo que se hace necesario realizar una determinación biológica por medio de macroinvertebrados acuático. Las técnicas utilizadas a los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua han demostrado su eficacia en la identificación de puntos de alteración en la calidad del agua de ríos, quebradas y lagunas. (Alba- Tercedor, 1996). Por este motivo es necesario realizar una identificación no invasiva mediante la utilización de organismos bioindicadores que habitan el cuerpo hídrico; que ayuden a cualificar la pureza del afluente, así mismo es indispensable realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico con el fin de determinar si el agua del afluente cumple los parámetros establecidos en el ley 09 de 1979, decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007, donde se establece las características físicas, químicas y microbiológicas que debe tener el agua para consumo humano.

## **Objetivos**

### **3.1 Objetivo General**

Determinar la calidad del agua del afluente del río Coello en la vereda Charco Rico corregimiento del Totumo por medio de la identificación y caracterización de macroinvertebrados acuáticos.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Determinar el nivel taxonómico de macroinvertebrados acuáticos en el afluente y así poder determinar la calidad del agua.
- Realizar análisis fisicoquímico y microbiológico del agua para sustentar los resultados obtenidos por parte de la determinación de macroinvertebrados acuáticos.
- Implementar jornada pedagógica para informar a los habitantes de la vereda Charco Rico el estado del afluente del río Coello.

#### **4. Justificación**

Los crecientes efectos del calentamiento global y su gran impacto en los ecosistemas, han generado una gran preocupación para los entes científicos, gubernamentales, organizaciones ambientales, entre otros, por este motivo han venido desarrollado estudios de recursos naturales, particularmente el recurso hídrico el cual ha cobrado una enorme importancia, ya que esta es una sustancia fundamental para la sobrevivencia de los organismos vivos que habitan la tierra, además que ha sido el más afectado por causa de la expansión de la frontera agrícola y el aumento de la población humana la que cual ha aumentado la presión sobre estos ecosistemas y el impacto sobre la calidad del agua (García y Jiménez, 2003).

El agua es el elemento más abundante en el planeta y es fundamental para los seres vivos, cubriendo las dos terceras partes del planeta, pero solo el 1% es agua dulce, la que corresponde a los Ríos, pero lamentablemente este recurso está cada vez más escaso esto a causa de las necesidades y actividades del ser humano las que han ido aumentando día tras día, (Carrera y Fierro, 2001). Siendo estas las principales causas de contaminación de las fuentes hídricas. Por este motivo la comunidad científica ha buscado herramientas en el mismo medio acuático que puedan servir como herramienta a la hora de determinar la calidad de las fuentes dulceacuícolas, es por este que en los últimos tiempos se han utilizado a los macroinvertebrados acuáticos siendo estos de vital importancia para el entendimiento de la estructura y funcionamiento de la estructura de los ríos (Roldan, 2003), ayudando a la identificación y determinación de la contaminación del líquido preciado a nivel mundial a un bajo costo puesto que las metodologías utilizadas son fáciles de elaborar y con la ayuda de guías de identificación creadas desde la década

de los 80 es mucho más fácil poder determinar la calidad del agua por medio de estos bioindicadores. (Castellanos y Serrato, 2008).

Las metodologías elaboradas para la identificación de estos bioindicadores permiten la participación de las comunidades donde se realicen estos estudios.

La metodología utilizada para la determinación de macroinvertebrados acuáticos permite la participación de los habitantes de la vereda Charco Rico en el corregimiento del Totumo en el municipio de Ibagué. Para poder determinar la calidad del agua que consumen y con los resultados obtenidos poder determinar qué tan viable es que sigan consumiendo el líquido vital directamente del cuerpo hídrico, a su vez se realizaran análisis fisicoquímico y microbiológico que sirvan como soporte a los resultados obtenidos de la identificación de macroinvertebrados y con esto poder determinar la calidad del agua del afluente para que los habitantes de la vereda sepan el estado del agua que están consumiendo, a partir de la intervención que han generado en el afluente a través de actividades como piscicultura , galpones de pollos, entre otras actividades de tipo antrópico que no han generado afectaciones en la salud de los habitantes de la vereda, y así poder brindarles capacitación sobre la importancia de cuidar y proteger el líquido preciado y necesario para la vida de todos los seres vivos que habitan la tierra.

## **5. Marco teórico**

La complicada situación actual del recurso hídrico ha aumentado el interés de conocer cuáles son los factores que influyen en su dinámica, por lo que se hace necesario emplear distintas herramientas metodológicas, para de esta manera conocer el estado general de las cuencas, ríos, arroyos, quebradas, etc. (Forero y Reinoso, 2013).

Dada la diversidad de los factores que estas influyendo sobre la dinámica de los ríos es insuficiente la evaluación de su estado basándose solo en análisis fisicoquímicos. Puesto que estos impiden tener una visión global de la calidad del agua en los ríos, y al ser puntuales no permiten analizar los cambios que ha tenido el recurso hídrico a lo largo del tiempo (Forero y Reinoso, 2013). Es importante realizar un estudio de la biota acuática en paralelo con los estudios fisicoquímicos (Reinoso et al., 2007)

El uso de organismos como indicadores de la calidad del agua se basa en que ocupan un hábitat a cuyas exigencias están adaptados y cualquier cambio en el hábitat se ve reflejado en las comunidades acuáticas lo cual sirve de complemento para los estudios fisicoquímicos. (Forero y Reinoso, 2013)

En el departamento del Tolima es rico en recursos hídricos, que cuenta con un número importante de cuencas hidrográficas los cuales abastecen los acueductos municipales para actividades como agricultura, ganadera, recreativa, y de uso doméstico (Reinoso et al., 2007). Las dinámicas antropogénicas generan impactos importantes en los recursos de agua provocando el deterioro progresivo de estos recursos. (Forero y Reinoso, 2013). “Basado en lo

anterior se requiere determinar el estado actual de las cuencas hidrográficas desde el punto de vista físico, químico y biológico, para generar información de línea base que permita desarrollar estudios encaminados al análisis integral de la calidad del agua”. (Forero y Reinoso, 2013).

La fuente hídrica de la vereda Charco Rico representa el principal abastecimiento hídrico para consumo humano, agricultura y otras actividades industriales, por lo cual para establecer un diagnóstico sobre las condiciones del agua se realizaron dos análisis fisicoquímicos y determinación de indicadores biológicos que permiten reconocer la ecología de la fuente hídrica. Ya que son de gran interés en el estudio de las fuentes hídricas debido a que permiten identificar las condiciones de la zona puesto que “Son capaces de integrar los cambios que ha sufrido el ecosistema a lo largo de la vida del organismo. Así mismo, los indicadores biológicos son capaces de informar de perturbaciones más allá de la propia contaminación del agua”. (Ladera, 2012).

Se considera que un organismo es indicador biológico cuando se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas, y su población se encuentra en abundancia en el ecosistema donde se realice el estudio. En ríos de montaña de aguas frías, muy transparentes y oligotróficas y oxigenadas se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricopteros y plecópteros (Roldan, 1999).

Los organismos que habitan en los ríos pueden llegar a ser utilizados como indicadores de la calidad del agua, ya que estos organismos presentan diferentes rangos de tolerancia a la contaminación de su hábitat (Prat, Ríos, Acosta y Rieradevall, 2009). En este grupo

de organismos de río se puede encontrar que los más utilizados como indicadores de agua son los macroinvertebrados acuáticos ya que en un principio, no es necesario realizar identificaciones a nivel de especie, para ampliar los índices. (Gonzales, Sánchez y Mairena, S.F). Para la determinación de la calidad del agua por medio de macroinvertebrados acuáticos basta con realizar el reconocimiento de grupos taxonómicos más sencillos. Normalmente se identifican a nivel de familia, solo con la ayuda de una lupa y una guía de macroinvertebrados, cualquier persona con los conocimientos necesario puede hacer una determinación biológica, aplicando los índices biológicos. (Gonzales, *et al.*, S.F).

Los indicadores biológicos empleados en el análisis de la muestras son los macroinvertebrados acuáticos, debido a que estos presenta las siguientes características:“  
i) elevada diversidad; ii) son relativamente fáciles de muestrear, iii) los diferentes taxones presentan requerimientos ecológicos diferentes; iv) los protocolos de muestreo y elaboración de índices están bien estandarizados; v) poseen un tiempo de vida relativamente largo, que permite integrar los efectos de la contaminación en el tiempo” (Ladrera, 2012).

“Los macroinvertebrados incluyen larvas de insectos como mosquitos, caballitos del diablo, libélulas o helicópteros, chinches o chicaposos, perros de agua o moscas de aliso. Inician su vida en el agua y luego se convierten en insectos de vida terrestre”. (Carrera y Fierro, 2001).

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua y por medio de ellos se puede comprender mejor la dinámica del ecosistema acuático y el estado en el que se encuentra el mismo, ya que algunos de ellos solo pueden sobrevivir en aguas

muy limpias, pero en cambio existen otros que crecen, abundan cuando hay contaminación como sucede con algunas larvas de dípteros. (Carrera y Fierro, 2001).

El medio acuático ofrece para estos organismos una gran variedad de herramientas para poner sus posturas y para sobrevivir en este medio entre estas posturas encontramos:

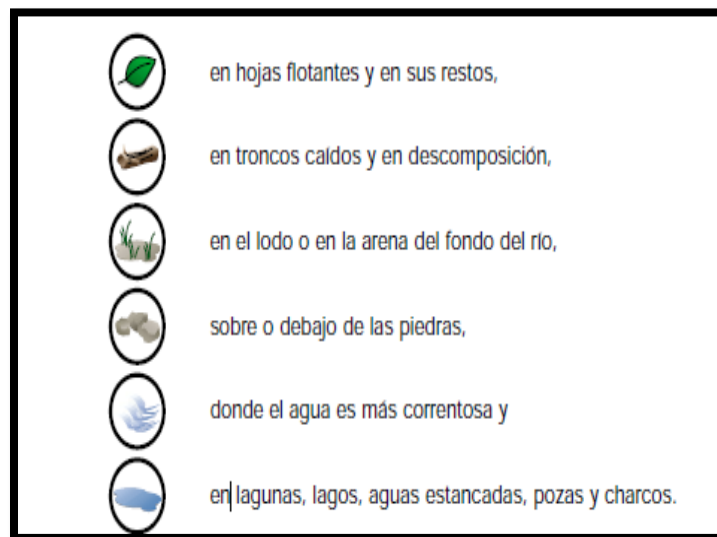


Figura 1. Posturas Tomado: (Carrera y Fierro, 2001)

Los macroinvertebrados pueden llegar a abundar en gran cantidad cuando el ecosistema acuático tiene las condiciones necesarias para su crecimiento. Estos organismos son parte importante en la alimentación de peces. Se alimentan de plantas acuáticas, otros invertebrados y peces, pequeños restos de comida en descomposición y elementos nutritivos del suelo, animales en descomposición, elementos nutritivos del agua y de sangre de otros animales (Carrera y Fierro, 2001).



En cuanto a la calidad del agua los científicos han clasificado a los macroinvertebrados con un número que indica su sensibilidad a los contaminantes. Estos números van del 1 a 10, en esta clasificación el 1 indica menos sensibilidad y así sucesivamente hasta llegar al número 10 que indica que hay una mayor sensibilidad. (Carrera y Fierro, 2001).

**Tabla No. 1 Sensibilidad de los Macroinvertebrados**

<b>SENSIBILIDAD</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>CALIFICACION</b>
No aceptan contaminantes	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

Tomado:(Carrera y Fierro, 2001).

Los macroinvertebrados acuáticos son organismo que se pueden ver a simple vista. Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas, que presentan sustratos característicos (sedimentos, rocas, troncos, hojarasca).

Estos son organismos que se pueden encontrar en diferentes ecosistemas acuáticos, que pueden afectarse por las perturbaciones ambientales de las diferentes fuentes hídricas las cuales son de tipo físico como químico.

Estos macroinvertebrados son fácilmente recolectados por medio de diferentes técnicas como pincel los cuales se buscaron en piedras y hojas que se encontraban en el fondo, superficie y en la orilla de la fuente hídrica, esta técnica es adecuada debido a que las piedras son grandes.

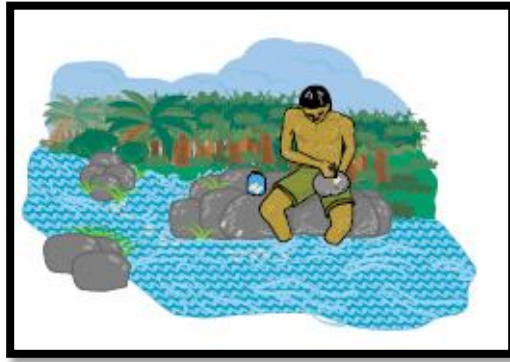


Figura 2. Técnica pincel Tomado: (Reyes, Fierro, 2001)

La red surber recolecta los macro invertebrados por medio de la red sujeta a un marco metálico, el cual es removido en el fondo de la fuente hídrica.



Figura 3. Técnica Surber Tomado: (Reyes, y Fierro, 2001)

Se empleó un tamiza con micrajes diferentes en el cual pasa una cantidad determinada de tierra del fondo de la fuente hídrica, la tierra de esta técnica es separada de acuerdo al tamaño de los tamices para así atrapar los diferentes macroinvertebrados que existen en la zona.

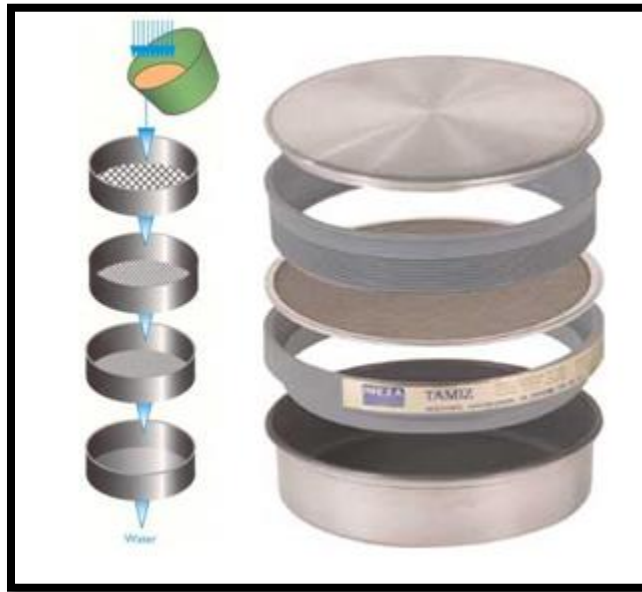


Figura 4. Técnica Tamiz Tomado:( Roldan 1999)

Los órdenes de macro invertebrados encontrados en los muestreos realizados se encuentran los siguientes:

**Orden *Ephemeroptera***

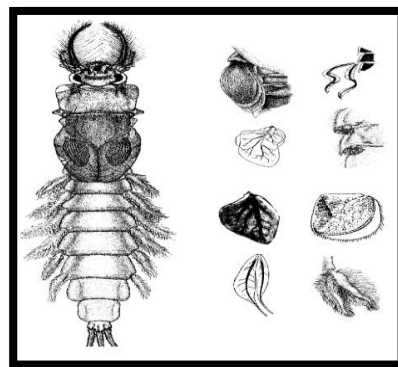


Figura 5. Orden Ephemeroptera Tomada: (Roldan 1988)

Las larvas de este orden son exclusivamente acuáticas y pueden vivir hasta 2 años, mientras que la vida del adulto es muy efímera, un gran número de familias de este

orden son buenos indicadores de la calidad del ecosistema y poseen generalmente gran sensibilidad a condiciones ácidas. (Rocha, 2003)

**Ecología:** Viven en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; se consideran indicadores de buena calidad del agua, sus ninfas se encuentran adheridas a rocas, troncos, hojas o vegetación sumergida; algunas pocas se encuentran enterradas en fondos lodosos o arenosos. (Ladrera, 2012)

**Distribución geográfica:** Son prácticamente cosmopolitas, estando ausentes en Nueva Zelanda y algunas pequeñas islas. (Roldan, 2006)

**Taxonomía:** su respiración se realiza por branquias abdominales relativamente bien desarrolladas, (Ladrera, 2012)

### Orden *Trichoptera*

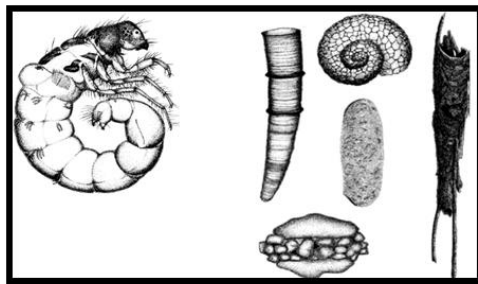


Figura 6. Orden Trichoptera Tomada: (Roldan ,1988)

Constituyen uno de los grupos de insectos más importantes de los ecosistemas acuáticos, con larvas exclusivamente acuáticas. Algunas especies fabrican estuches con materiales tan diversos como arena, grava o restos vegetales y en el interior del mismo desarrollan su ciclo larvario.

**Ecología:** Viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; algunas especies viven en aguas quietas y quebradas, siendo buenos indicadores de aguas oligotróficas. (Cortolima, 2006)

**Distribución geográfica:** Según Flint (1971, 1978a), citado por Roldán 1996, los Tricópteros son cosmopolitas, pero para el geotrópico se han descrito familias, géneros y especies propios de esta región.

**Taxonomía:** se tiene en cuenta la presencia o no de placas esclerotizadas en los segmentos torácicos; la presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen; si el labrum es membranoso o no y el número de setas a lo largo de la parte central; y longitud de la antena, entre otros. También la forma y el tipo de material de las casas o refugios es una característica de valor taxonómico a nivel de familia principalmente. (Cortolima, 2006).

### **Orden Coleoptera**

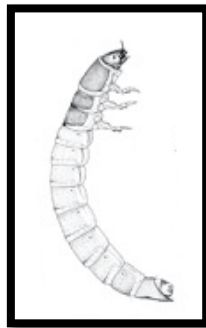


Figura 7. Orden Coleoptera Tomado: Roldan 1988

Es un grupo mega diverso, con representaciones acuáticas o semiacuáticas en la vegetación litoral (Roldan, 2016).

**Ecología:** La mayoría de los coleópteros acuáticos viven en aguas continentales lólicas y lénticas, representados en ríos, quebradas, riachuelos, charcas, lagunas, aguas temporales, embalses y represas. También se les ha encontrado en zonas ribereñas tanto de ecosistemas lólicos como lénticos. (Cortolima, 2006)

**Distribución geográfica:** La mayoría de las familias de los coleópteros acuáticos son cosmopolitas. Algunos se encuentran tanto en zonas templadas como en zonas tropicales. Sin embargo, algunas familias y especies son propias de zonas templadas (Roldan, 2016).

**Taxonomía:** Los coleópteros acuáticos adultos se caracterizan por poseer un cuerpo compacto. Las partes bucales se pueden observar fácilmente y según la forma de las mandíbulas se puede determinar su nicho ecológico. Las antenas son visibles y por lo general, varían en forma y número de segmentos. En la clasificación a nivel de familia, la fórmula tarsal juega un papel importante. Las alas están por lo general modificadas en élitros, los cuales cubren dorsalmente el tórax y el abdomen en la mayoría de los coleópteros. (Cortolima, 2006)

### **Orden Gordioidea**

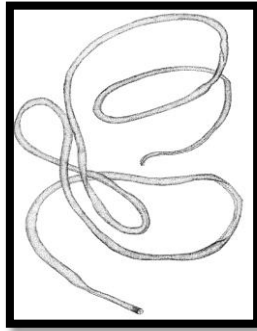


Figura 8. Orden Gordioidea, Tomado: Roldan 1988

Son un filo de gusanos parasitoides, ecológica y morfológicamente muy similares a nematodos, se caracterizan por presentar un pseudoceloma, que corresponde a una cavidad del cuerpo llena de líquido, la cual actúa como un hidroesqueleto. Posee simetría bilateral, son triblásticos y carecen de segmentación. (Ballesteros, 2009).

**Ecología:** Suelen aparecer en medios húmedos como arroyos o estanques. El adulto es un individuo de vida libre, pero la larva es siempre parásita de artrópodos o sanguijuelas. Se han descrito unas trescientas veinte especies. (Ballesteros, 2009).

**Taxonomía:** Con dos filas de sedas laterales natatorias. Con amplio pseudocele. Tienen un cordón nervioso dorsal además del ventral. Sus larvas son parásitas de crustáceos decápodos. (Ballesteros, 2009).

### **Orden Odonata**

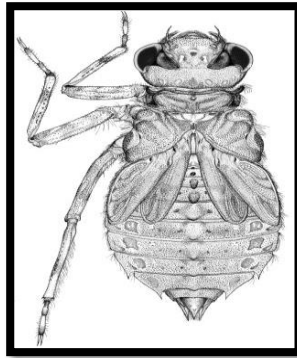


Figura 9. Orden Odonata Tomado: Aragón1983

También llamados caballitos del diablo o libélulas, son insectos hemimetábolos, con un periodo larva acuática, empleando de 2 meses a 3 años en su desarrollo hasta llegar a la adultez (Rengifo, S.F).

**Ecología:** se les encuentra en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas; generalmente rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas limpias o ligeramente eutroficadas. (Rengifo, S.F)

**Distribución geográfica:** Cerca de las 26 familias existentes, siete no ocurren en el Neotropico y cuatro son exclusivamente neotropicales. Los odonatos tienen una mayor capacidad de dispersión que otros artrópodos, lo que se traduce en mayores áreas de distribución que las que éstos suelen tener. En la actualidad el orden Odonata presenta 76 especies en la Península Ibérica, son 77 taxones agrupados en 35 géneros y 9 familias. (Roldan y Ramírez, 1992).



**Taxonomía:** Se caracterizan por poseer una estructura corporal que les ha dado una capacidad de vuelo única dentro del grupo de los insectos, siendo capaces de regular la velocidad, mantenerse fijos en un punto, volar hacia atrás o acelerar en muy pocos segundos. De igual forma son los únicos insectos que presentan una estructura genital secundaria, lo que les obliga a realizar un apareamiento muy peculiar si se tiene en cuenta la postura que adoptan durante la cópula. El desarrollo de estructuras mandibulares, tanto durante el periodo larvario como en el periodo de adulto, los convierte en uno de los más voraces y eficaces depredadores del reino animal. (Rengifo, S.F)

### **Orden Neuróptera**

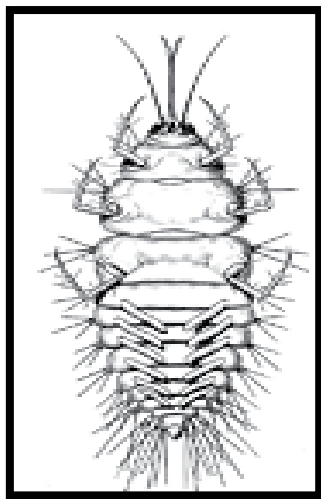


Figura 10. Orden Neuroptera, Tomado: Roldan 1988

El tamaño de los individuos de la familia Corydalidae varía entre los 10 y 70mm; son tal vez uno de los insectos más grandes y llamativos que se encuentran en el agua. Su coloración es por lo regular oscura. Se caracteriza por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes y por tener un par de propatas anales, la diferencia de la otra familia (Sialidae), la cual posee un solo filamento terminal, los huevos son puestos sobre la vegetación semiacuática. En

zonas templadas su desarrollo completo toma hasta dos o tres años, pero en el trópico aún no se conoce nada al respecto. (Roldan, 1988)

**Ecología:** Viven en aguas corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida; grandes depredadores., se pueden considerar indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas. (Cortolima, 2006)

**Distribución geográfica:** Los Neurópteros están ampliamente distribuidos en toda América, pero los reportes son aún tan escasos, que no se puede decir con certeza cuál es su real distribución. (Roldan, 1988)

**Taxonomía:** La familia Corydalidae se caracteriza por poseer ocho pares de apéndices abdominales laterales no segmentados o imperfectamente segmentados y un par de propatas anales. (Roldan, 1988).

## **5.1 Uso de los macroinvertebrados acuáticos**

Los macroinvertebrados acuáticos han sido utilizados para el análisis de la dinámica de los ecosistemas acuáticos es muy utilizado a nivel mundial. Esto se debe a su capacidad de colonizar diferentes ambientes, sus ciclos de vida son largos y su escaso poder de locomoción, ayudan a la hora de poder determinar cuáles han sido los cambios que ha sufrido el ecosistema en un periodo de tiempo prolongado, su diversidad taxonómica y el cambio de especies son de mucha utilidad para comprender la dinámica y estructura de los sistemas acuáticos, al ser

estas partes de un nivel trófico siendo la base de la alimentación de peces, anfibios y aves. (González y Fajardo, 2013).

La abundancia y asociación de macroinvertebrados acuáticos, a determinados sustratos permite reconocer rangos de importancia ecológica fundamental, pues estos ayudan a la caracterización como lo son: La estructura física, disponibilidad de recursos, contenido orgánico, estabilidad y condiciones de hábitat. (Velásquez y Mizerendino, 2003). Estos organismos son los encargados de la descomposición de la materia orgánica, actividad que genera cambios en las propiedades físicas y químicas del sistema.

“Los grupos de organismos que hacen parte de los macroinvertebrados se diferencian entre sí de acuerdo a su dieta, lo que conlleva a una clasificación en torno a gremios tróficos o grupos funcionales”. (González y Fajardo, 2013).

## **5.2 Métodos BMW / Colombia**

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue creado en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Los aspectos biológicos han ido adquiriendo mayor importancia en el estudio de los sistemas acuáticos, debido a que las variables fisicoquímicas no determinan con precisión la calidad de las aguas y solo brindan una idea puntual de estas; (Montoya, et al. 2011). La utilización de las comunidades de bioindicadores permite su implementación como testigos biológicos del nivel de deterioro ambiental que presentan las

corrientes superficiales, a su vez permiten evidenciar los cambios ecológicos presentes en los sistemas hídricos (Alba- Tercedero, 1996).

La National Water Council, en Gran Bretaña ordenaron las familias de macroinvertebrados acuáticos en 10 grupos siguiendo una gradiente de menor a mayor de la tolerancia de estos a la contaminación, la puntuación otorgada oscila de 10- 1, lo cual facilita la comparación de la situación relativa entre las estaciones de muestreo. (Alba- Tercedero, 1996).

La tendencia, en el marco de la Unión Europea es ir sustituyendo el empleo de los índices fisicoquímicos por los biológicos. El método BMWP fue ajustado por Alba- Tercedor y Sánchez Ortega en 1988 y fue adoptado en el VI Congreso Español de Limnología (Granada, 1.991), como BMWP', para su aplicación en la Península Ibérica, debido a su fiabilidad y fácil utilización. Posteriormente, a partir del acuerdo obtenido en el III Congreso Ibérico de Limnología, el BMWP' cambia de nombre debido a actualizaciones taxonómicas y modificación de algunas de las puntuaciones de las familias de macroinvertebrados y pasa a llamarse IBMWP (Alba -Tercedor *et al.*, 2002).

### **5.3 Análisis fisicoquímicos**

El análisis fisicoquímico del agua está establecido en la legislación nacional con el fin de poder determinar mediante unos parámetros establecidos por el gobierno nacional con los cuales se puede establecer si el agua de estudio es apta para consumo humano, mediante esta técnica se obtienen datos sobre la calidad del agua, es muy utilizada en las zonas rurales, en donde se evalúa la turbiedad, pH, Cloro residual, coliformes totales y Coliformes

termotolerantes (Aurazo, 2004).

Es útil para detectar vertederos rurales de contaminación, siendo muy efectiva para valorar pH, temperatura media, cloro residual y gases en disolución. Mediante este análisis se determina factores físicos como lo son el color, olor, sabor, turbiedad. En cuanto a los aspectos químicos se puede medir sólidos disueltos, sólidos totales, dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, hierro, manganeso, amonio, nitritos, nitratos, fluoruro, arsénico, plomo, vanadio entre otros. (León, 2012).

El color real del agua se da por las sustancias disueltas y sustancias en suspensión este es un indicador de calidad insuficiente, las aguas muy contaminadas e industriales pueden presentar cualquier color, pero los colores más frecuentes son: verde a causa de la presencia de algas, amarillo o pardo por presencia de Fe y Mn, amarillo debido a Cr y parduzco en aguas residuales. (León, 2012).

Si el agua presenta olor es un indicador de contaminación, o la presencia de materias orgánicas en descomposición, el pH y la temperatura influyen en la desinfección, la turbiedad es determinada por la cantidad de partículas. Se ha demostrado que, al menor incremento de la turbiedad en el agua tratada, aumenta el riesgo de transportar partículas de un tamaño semejante al de los quistes de protozoarios parásitos como la *Giardia* y el *Cryptosporidium*. Por otro lado, las partículas pueden enmascarar a los virus y bacterias y, por consiguiente, dificultar su inhibición por acción del desinfectante. Asimismo, el incremento de la turbiedad en el agua tratada aumenta la posibilidad de transmisión de enfermedades hídricas

(Aurazo, 2004).

Los afluentes de agua presentan cloruros, una gran cantidad de estos puede indicar que el agua está contaminada ya que las materias residuales de origen animal siempre tienen considerables cantidades de estas sales.

Evaporación es denominado el peso de las sustancias disueltas en litro de agua, no volátiles a 105°C, se consideran disueltas aquellas que no son retenidas por filtración, el agua es nombrada aguas duras o blandas para poder determinar la calidad del agua las aguas duras son aquellas que tienen alto contenido de sales de calcio y magnesio disueltos. La alcalinidad del agua está representada por sus contenidos en carbonatos y bicarbonatos (León, 2012).

Los análisis fisicoquímicos están relacionados en su mayoría con las bacterias presentes en las fuentes hídricas, ya que la temperatura es considerada uno de los factores más importantes en la proliferación y supervivencia de los microorganismos. Debido a que a medida que la temperatura aumenta, a su vez aumenta su reacción enzimática y las tasas de reproducción. (Hahn, Toro, Grajales, Duque y Serna, 2009).

#### **5.4 Parámetros microbiológicos**

“Los indicadores microbiológicos se encuentran las bacterias. Así, cuando ocurre una intensa proliferación de bacterias en materiales orgánicos, estas pueden consumir muchas partes de oxígeno del agua.” (Hahn *et al*, 2009).

De acuerdo con la clase de hábitat acuático, la composición de la flora bacteriana varia, dependiendo no solo de material orgánico e inorgánico en el agua, el pH, turbidez y temperatura, si no que a su vez dicha flora depende de fuentes que pueden introducir microorganismos al agua. (Hahn *et al*, 2009).

El grupo coliformes es de suma importancia en el análisis microbiológico, debido a que estos desde el punto de vista sanitario es considerado como indicador bacteriológico, ya que con su presencia demuestra que ocurrió contaminación y el origen de la misma, estos presentan una dosis infectiva aproximadamente de  $10^2$  (NMP) por 100 mililitros de agua. (Hahn *et al*, 2009)

## **5.5 Normatividad**

El decreto 1575 de 2007, del Ministerio de Protección Social, por medio del cual se establece como objetivo principal, el sistema de protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo.

Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.

La resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social, Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 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, la cual emplea la legislación para agua potable, en el cual se resuelven las características que debe presentar el agua para ser apta para el consumo humano, analizando según los valores asociados en la resolución, sus características físicas, químicas, microbiológicas y los valores mínimos aceptables que debe presentar, a su vez se relaciona el IRCA que es un instrumento que evalúa la calidad del agua en relación al cumplimiento de los valores generados en los análisis previamente realizados.

## **6. Metodología**

### **6.1 Área de estudio**

La vereda Charco Rico se localiza en el corregimiento del Totumo, en el municipio de Ibagué, con una altitud de 1.304 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas 4°21'21" N y 75°13'8" W en formato DMS (grados, minutos, segundos) o 4.35583 y -75.2189 (en grados decimales), siendo parte de las 93 veredas que pertenecen a la cuenca mayor del río Coello, con un área de 455.75ha de la cuenca mayor del río Coello, *“nace en el cono del nevado del Tolima en la cordillera central con el nombre de Río Toche y al llegar al corregimiento del mismo nombre recibe las aguas del Río Tohecito que sirve de límite entre los Municipios de Ibagué y Cajamarca, el Río Toche desciende desde los 3.600 m.s.n.m hasta 2.150 m.s.n.m recorriendo 9.8 Km aproximadamente con una pendiente media de 18%, donde empieza a ser denominado Río Coello*



*y continua su recorrido descendiendo hasta los 1.400 m.s.n.m con una longitud aproximada de 17.9 Km y una pendiente media del cauce de 5.4% Magdalena” (Cortolima , 2006).*

Dentro de la Cuenca Mayor del Río Coello se encuentra la cuenca del Río Combeima una de las más importantes de esta región, con su nacimiento en el flanco oriental del Nevado del Tolima enmarcada en las coordenadas planas Xmin: 1.007.200m Ymin: 860.000m Xmax: 969.700m Ymax: 881.209m y Geográficas 42°39′36″ - 42°53′9″ Latitud Norte Y 74°20′53″ - 75°14′46″ Latitud Oeste, con un área de 27.240 ha. La cual surte el 87% del casco urbano y rural del Municipio de Ibagué.”(Cortolima, 2006).

El estudio se realizó cerca de uno de los afluentes del río Coello, el cual presenta vegetación por árboles y arbustos que no sobrepasan los 16 metros de altura, en este se han depositado árboles caídos, debido a la intervención del hombre para la realización de actividades antrópicas como ubicación de mangueras para la construcción artesanal del acueducto, riegos de cultivo y algunas actividades de ganadería, de igual forma dentro de la zona en la cual se realizó el muestreo se empezó a realizar en los últimos meses, siembra de peces y se presenta algunos galpones de pollos, en la estructura realizada en estas últimas dos actividades se han ubicado mangueras que recolecta el agua de la fuente hídrica que se encuentra dentro de la zona de estudio, como se observa en la Figura 11, los cuales se encuentran ubicados en el camino por el cual se ingresa el afluente hídrico.



Figura 11: Manrique, K. (2016). Actividades Antrópicas.

## **6.2 Selección de las estaciones y duración del tiempo de muestreo**

Se realizaron dos muestreos, el primero durante el mes de mayo del 2016 en época de sequía y el segundo muestreo en el mes de julio del mismo año en época de lluvia, en donde se establecieron tres estaciones de muestreo en un gradiente altitudinal entre los 1300 y 1500 m.s.n.m, ubicado en la cuenca del Río Coello. La primera estación se usó como punto de referencia, ya que esta estación es la menos intervenida por las actividades antropogénicas (E1) (Figura 12), la segunda estación se ubicó a unos 200 metros de la primera estación (E2) (Figura 13); y la tercera estación se ubicó a aguas bajas del cauce del río (E3) (Figura 14).

Con lo cual se buscó obtener la mayor información sobre los macroinvertebrados encontrados en la cuenca, con base a la accesibilidad de la zona y las características del área de estudio, para lo cual se implementó métodos de recolección de acuerdo al tipo de sustrato (arena, piedras y vegetación) y el tipo de investigación que se está realizando, según la metodología citada por Roldan (1996).



Manrique, K. (2016) Parte Alta del afluente (E1) (A) mes de Mayo; (B) mes de Julio [Figura 12]



Manrique, K. (2016) Muestreos realizados en mayo (A) y julio (B) parte Media de la afluente (E2) [Figura 13].



Manrique, K. (2016) Muestreos realizados en mayo (A) y julio (B) parte baja de la afluente (E3) [Figura 14].

### **6.3 Colecta de macroinvertebrados acuáticos y determinación taxonómica**

#### **6.3.1 Métodos de recolección.**

Para la colecta de los macroinvertebrados acuáticos se tomó un tramo aproximado de 100 metros longitudinales, con el objetivo de recolectar la mayor diversidad de macroinvertebrados, acorde al tipo de sustrato (arena, piedras y vegetación) se ha tomado el de aguas poco profundas (Roldan 2003), empleando los métodos de cuantitativo debido al uso de la red surber y el tamiz y cualitativo por medio de la técnica manual (pincel).

##### **6.3.1.1 Método Cuantitativo**

En este método se utilizó la red surber (Figura 15, Anexo 5), el cual consiste en dos marcos de metal, los cuales abiertos de manera horizontal quedan en forma de L y determina los límites del área de muestreo, la red de nylon que se encuentra sujeta al marco toma la muestra del sustrato, debido a la estructura de este colector penetra con facilidad el sustrato para evitar que los individuos a recolectar puedan migrar y se adapta fácilmente las aguas con corrientes poco profundas. La red surber empleada tiene un marco 30.5 x 30.5 x 8 cm, con un ojo de malla de 560  $\mu\text{m}$ , abarcando 1m<sup>2</sup>, la cual se ubica contracorriente para recibir los desechos que se encuentra alrededor de la zona delimitada para el muestreo, el marco se colocó contra la corriente del afluente en la parte media del mismo, con ayuda de las manos se removió el material del fondo (Figura 16, Anexo 5), quedando atrapados en la red los individuos recolectados, esta técnica se repitió tres veces en cada estación de muestro, según el protocolo propuesto por PINHEIRO et al., (2004). El material extraído de la red fue almacenado en frascos de plástico con

formol al 70% y debidamente rotulados con la estación de recolecta, para la preservación de los organismos (Roldan 2003).

Se realizó colecta con tamiz (Figura 17, Anexo 5), el cual se compone por un cilindro de metal de 50, 35 y 18 cm de diámetro, ubicándose en la parte media del afluente con una profundidad de 12 cm, en cada una de las estaciones, removiendo el sedimento del fondo de la afluente, este se remueve al interior del cilindro con las manos y se deposita en un tamiz de 1 mm de malla (Figura 18, Anexo 5), esta técnica se realizó tres veces en cada estación. El material extraído del tamiz fue almacenado en frascos de plástico con formol al 70% y debidamente rotulados con la estación de recolecta, para la preservación de los organismos (Roldan 2003).

### **6.3.1.2 Método cualitativo**

En este método se utilizó la técnica de recolecta manual la cual consistió en realizar el muestro en las zonas periféricas de las estaciones seleccionados donde se levantaron rocas y hojarasca, que se encuentra en el fondo, en la superficie y en la orilla de la afluente, con la ayuda de un pincel para no dañar las estructuras externas de los organismos recolectados. El material extraído fue almacenado en frascos de plástico con formol al 70% y debidamente rotulados con la estación de recolecta, para la preservación de los organismos (Roldan 2003). Esta técnica se repitió varias veces en los bordes de las tres estaciones con el fin de poder recolectar la mayor cantidad de macroinvertebrados posibles (Figura 19, Anexo 5).

En la segunda estación se realizaron los muestreos de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, se tomaron en frasco plástico con capacidad de 2000 ml a 20 cm de profundidad, para el análisis de los parámetros fisicoquímicos de: dureza, alcalinidad, conductividad eléctrica, turbidez, nitritos, fosfatos, sólidos totales, sulfatos, cloro residual, COT. Igualmente se tomó una cantidad de 250 ml de agua, en envases de vidrio estéril a 20 cm de profundidad, debidamente rotulados y refrigerados para los análisis de coliformes fecales, hasta su análisis en el laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima donde se realizaron dichos estudios. En cada punto se midió el pH y la Temperatura.

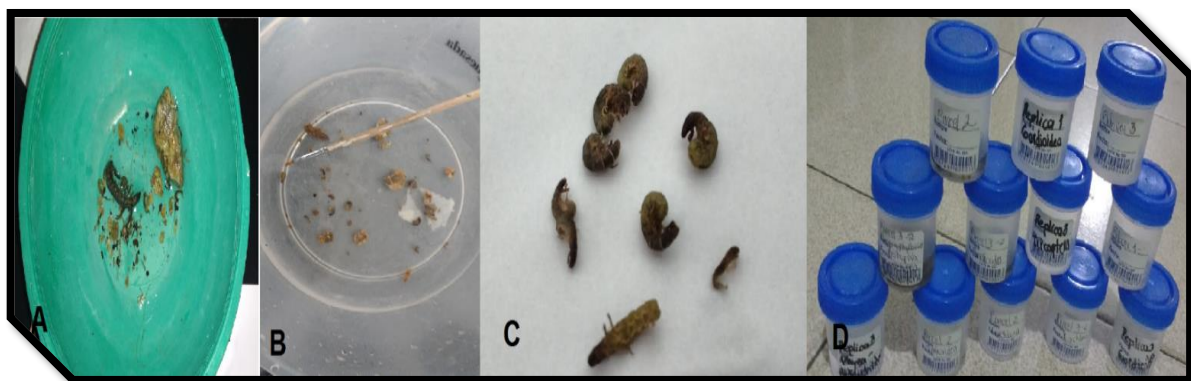
### **6.3.2 Medición de la Temperatura y el pH**

Para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos se registró la temperatura del agua con un termómetro de mercurio en base de madera con precisión de  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  y el pH se realizó con papel indicador universal.

## **6.4 Identificación de los macroinvertebrados acuáticos**

Las muestras fueron determinadas con la ayuda de una lupa debido a que no fue posible utilizar las instalaciones de la universidad, por medio de la asesoría de la Bióloga Bilma Florido Cuellar, docente ocasional Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA zona sur CEAD Ibagué. Las muestras se determinaron hasta el nivel de familia a través del uso de las claves de Roldan (1996), en el muestreo se empleó los parámetros biológicos de riqueza de especies, aplicando los índices ecológicos de riqueza y diversidad

biológica de Shannon – Wiener ( $H'$ ) y dominancia de Simpson ( $D$ ). Con el objetivo de comparar el grado de similitud entre las estaciones; se empleó el coeficiente de Jaccard ( $J$ ), el cálculo de estos atributos se hizo por medio del software estadístico PAST. Las muestras se ubicaron en diferentes recipientes, teniendo cuidado de no maltratarlos, el sustrato se remueve con cuidado buscando los diferentes macroinvertebrados y asegurando sacar de cada una de las muestras el total de los organismos recolectados. Las muestras se conservan en alcohol al 70% en frascos rotulados (Figura 20).



Cardona, M. (2016) Identificación de macroinvertebrados (A) Ubicación de los macroinvertebrados en recipiente; (B) Limpieza del sustrato; (C) Determinación de los macroinvertebrados; (D) Frascos rotulados. [Figura 20].

## 6.5 Calidad biológica del agua

La evaluación de la calidad del agua se realizó por medio del cálculo de los índices de BMWP determinados para Colombia, la asignación de los valores para cada familia se hizo teniendo en cuenta los valores obtenidos en la (Tabla No. 5) para la vereda Charco Rico. Para la aplicación de esta metodología se designó un valor establecido a cada familia, posteriormente se realiza la sumatoria de todas las familias encontradas por cada una de las estaciones de muestreo, obteniendo un puntaje total del índice de BMWP/Col para determinar la



calidad del agua de la vereda. Este procedimiento se realizó por cada estación, con los valores obtenidos de la sumatoria se determinó la calidad biológica de las estaciones de muestreo.

En las estaciones se estimaron la riqueza familiar de los macroinvertebrados acuáticos encontrados a los cuales se le aplico el índice biótico BMWP/Col (Roldan, 2003), el cual apporto en la asignación de una categoría de la calidad del agua de las tres estaciones de muestreo, ya que los indices biológicos permiten identificar el impacto de la contaminación durante periodos largos y no solo al momento de tomar la muestra.

Este índice permitió estimar la calidad del ecosistema acuático a partir de la asignación de valores de acuerdo a la tolerancia de la contaminación que va de 1 a 10 de los macroinvertebrados acuáticos encontrados (Tabla No. 4), siendo que las familias más tolerantes obtienen una menor puntuación que las que requieren una mejor calidad de las aguas en las que viven, la sumatoria de estos datos obtenidos en cada una de las familias dará el grado de contaminación del mismo, por lo cual a mayor sumatoria menor es la contaminación de la estación.

## 6.5 Aplicación de la encuesta



Manrique, K (2016) Aplicación encuesta [Figura 21]

Se llevó a cabo la aplicación de una encuesta (Anexo 1 y 2) dirigida a los habitantes de la vereda Charco Rico corregimiento del Totumo, cuyo fin es recolectar información del consumo de agua directamente de las corrientes hídricas, se procedió a aplicar un instrumento, cuyo desarrollo se hizo a la par de las necesidades detectadas durante el inicio de la etapa diagnóstica para evaluar la presencia de brotes y enfermedades gastrointestinales, principalmente en zonas en las cuales se presenta un inadecuado tratamiento por la falta de acueducto, mientras se evaluaba también otros aspectos relativos a la determinación de la calidad del agua en el vereda Charco Rico, corregimiento del Totumo, por la ejecución de actividades de tipo antrópico, relacionadas con la siembra de peces y se presencia de algunos galpones de pollos (Figura 11).

## **6.7 Análisis fisicoquímico**

Parámetros fisicoquímicos, simultáneamente en la primera y última estación de colecta se tomaron muestras de agua en tarros plásticos de 2000 ml para la evaluación de las variables fisicoquímicas, y para las bacteriológicas se utilizaron frascos estériles de vidrio de 250 ml. Se tomarán in situ parámetros como: oxígeno disuelto, % saturación de oxígeno, conductividad, temperatura del agua y determinar solidos totales. Las muestras tomadas se refrigeraron y se enviaron al laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima para el análisis de parámetros como el pH, turbiedad, ente otros.

## **6.8 Trabajo con la comunidad**

Antes de empezar el muestreo se realizaron encuestas a los habitantes para poder determinar si han sufrido algún brote o enfermedad gastrointestinal, para posteriormente poder identificar si el consumo de agua del afluente es la causante de estos brotes o enfermedades si se han presentado en la comunidad.

Al terminar todo el muestreo se realizó una charla Pedagógica donde se les informo a los habitantes de la vereda Charco Rico sobre el estado del cuerpo de agua, explicando cada uno de los taxones encontrados y cuál es la importancia de cada uno de ellos a la hora de determinar la calidad de una fuente hídrica y como algunos taxones ayudan a determinar si el agua es apta para consumo humano o no, explicando la importancia de conservar las fuentes hídricas lo más limpias posibles y como ellos podrán realizar actividades para poder mantener el afluente del rio Coello limpio.

### 7. Resultados

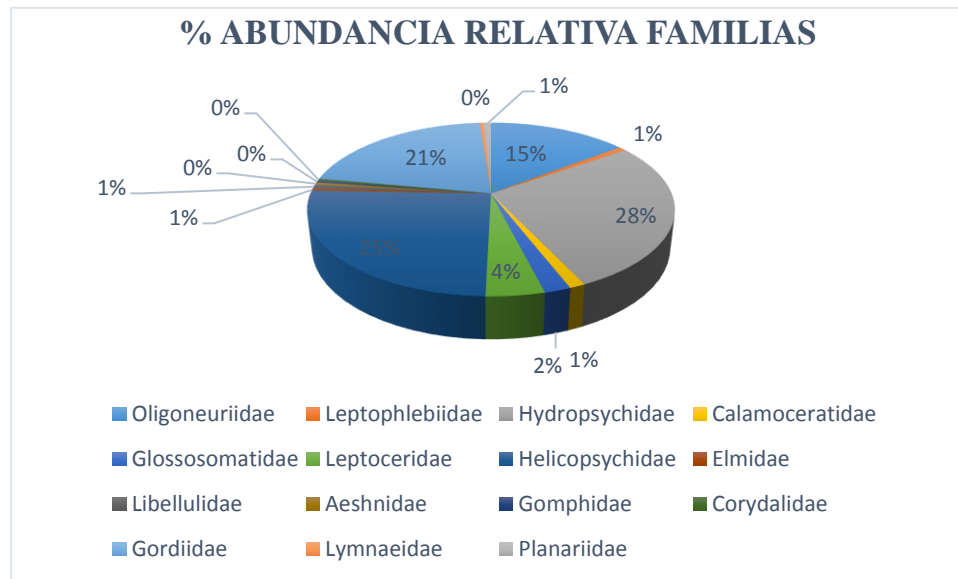
**Tabla No. 2 Presencia o ausencia de macroinvertebrados acuáticos en los tres puntos de muestreo de la Vereda Charco Rico, Corregimiento del Totumo, en los meses de mayo y julio 2016**

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Muestreo Mayo			Muestreo Julio		
				E1	E2	E3	E1	E2	E3
Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>	10	9	3	7	4	4
		Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	2					
	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	14	6	6	26	5	13
		Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>					1	2
		Glossosomatidae	<i>Protoptila</i>					2	3
		Leptoceridae	<i>Grumichella</i>	1		3		1	1
			<i>Atanatolica</i>	5					
		Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	12	7				45
	Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i>		1				
	Odonata	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>					2	
		Aeshnidae	<i>Aeshna</i>						1
		Gomphidae	<i>Agriogomphus</i>	1					
	Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>		1				
	Nematomorpha	Gordioidea	Gordiidae	<i>Gordius</i>	22		9		22
Gastropoda	Basomatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>					1	
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia</i>		2				

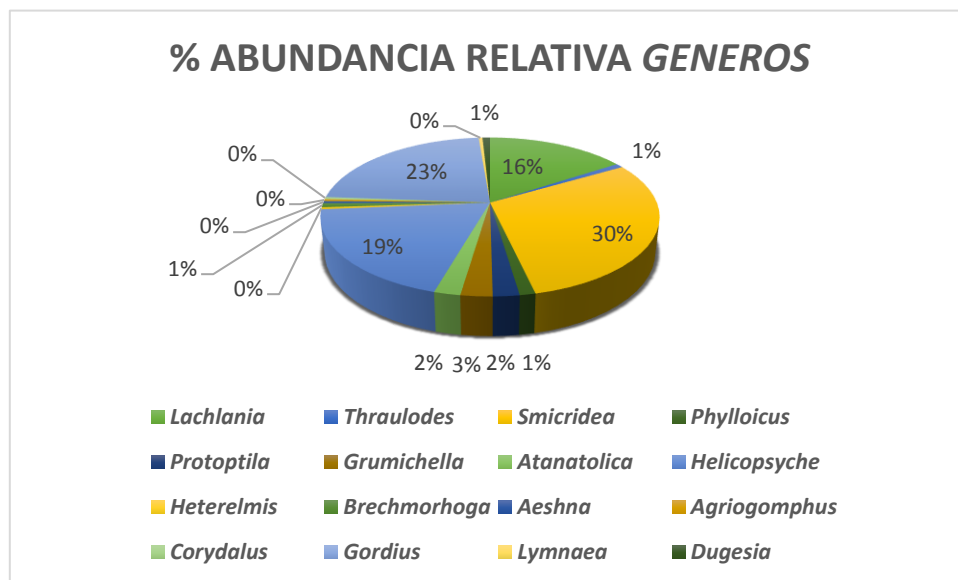
## 7.1 Análisis de la diversidad de macroinvertebrados

La afluente de río Coello de la vereda Charco Rico posee una diversidad de macroinvertebrados en menor proporción con respecto a otras áreas estudiadas (Cortolima, 2007). Se registró un total de 114 taxones en el mes de mayo en época de sequía y 140 taxones en julio en la época de lluvia, El número de individuos y especies es significativamente más alto en época lluviosa (Jacobsen & Encalada 1998), ya que las lluvias favorecen la recolecta de macroinvertebrados por que el hábitat presenta un sustrato favorable para estos organismos.

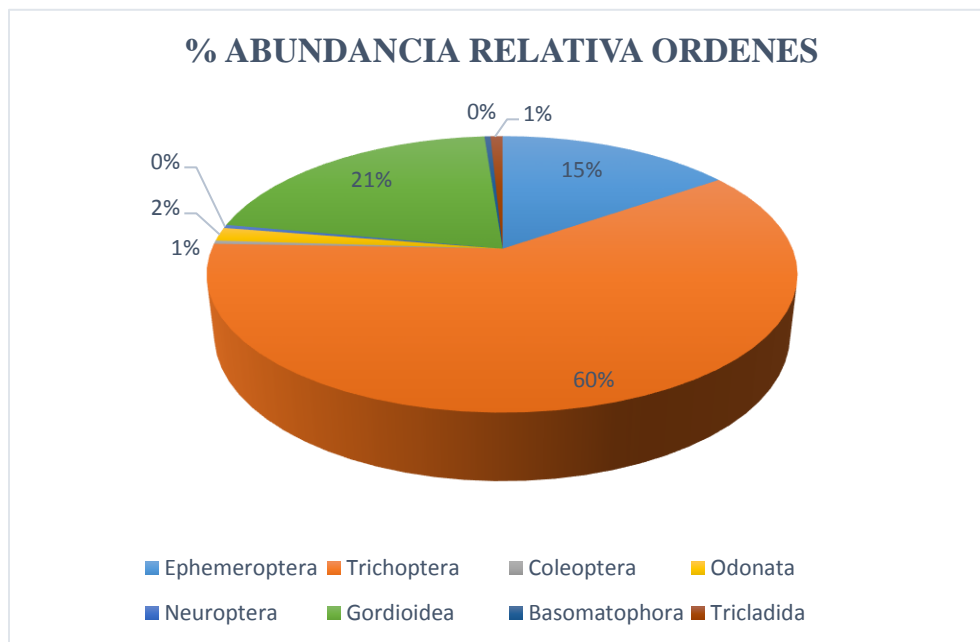
Se recolecto un total de 254 organismos acuáticos distribuidos en 4 phylum (Arthropoda, Platyhelminthes, Mollusca y Nematomorpha), 4 clases, 8 órdenes, 15 familias y 16 géneros. (Tabla 2), sobresaliendo las familias Hydropsychidae, Helicopsychidae, Gordiidae y Oligoneuriidae, con 70, 64, 53 y 37 individuos respectivamente, mientras que las demás familias registraron una abundancia >1%. (Figura 22). En cuanto a los taxones encontrados los más abundantes fueron *Lachalania*, *Smicridea*, *Helicopshyche*, *Gordius* y *Grumichella* 37,70,64,53 y 6 individuos respectivamente, los demás presentaron una abundancia inferior al 5% (Figura 23). Los órdenes más abundantes son Ephemeroptera, Trichoptera y Gordioidea con 39, 153 y 53 individuos respectivamente (Figura 24).



**Figura 22.** Porcentaje de abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la Vereda Charco Rico, Corregimiento del Totumo, en los meses de mayo y julio del 2016.



**Figura 23.** Porcentaje de abundancia relativa de los *géneros* de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la Vereda Charco Rico, Corregimiento del Totumo, en los meses de mayo y julio del 2016.



**Figura 24.** Porcentaje de abundancia relativa de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la Vereda Charco Rico, Corregimiento del Totumo, en los meses de mayo y julio del 2016.

En la estación uno se colectaron 100 individuos en 8 géneros, en la estación dos 63 individuos en 11 géneros y en la estación tres 91 individuos en 8 géneros, los cuales se recolectaron por las metodologías de pincel y surber, encontrándose dominio de sustratos en presencia hojarasca, roca y en sedimento, debido a que la metodología del tamiz no generó ningún individuo.

En cuanto a la composición, se obtuvo que 5 géneros de macroinvertebrados son compartidos por las tres estaciones, entre ellos *Lachlania*, *Smicridea*, *Grumichella*, *Helicopsyche*, *Gordius*. En la determinación de los macroinvertebrados se encontró 3 géneros exclusivos en la estación uno los cuales incluye *Thraulodes*, *Atanatolica* y

*Agriogomphus*, para la estación dos también se identificaron 4 géneros en los cuales sobre salen *Heterelmis*, *Corydalis*, *Dugesia* y *Brechmorhoga*. La estación tres presenta 2 géneros propios siendo estos *Aeshna* y *Lymnaea*. (Tabla No.2).

## **7.2 Análisis de la calidad biológica por grupos de macroinvertebrados.**

Los macroinvertebrados correspondientes a indicadores de aguas limpias fueron en un total de 120 individuos, capturados durante los muestreos, los cuales pertenecen a siete familias y cuatro órdenes. Las familias con mayor número de individuos para este grupo son Oligoneuriidae con 37, Leptoceridae con 10, Helicopsychidae con 64 individuos. El orden con mayor número de individuos capturados corresponde al Trichoptera (Tablas No.5). Oligoneuriidae, Leptoceridae son indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas (Roldan 1980-1985), y Helicopsychidae aguas de poca corriente indicadores de aguas oligotróficas (Correa et al 1988), la mayoría de estos individuos fueron capturados en la parte alta del afluente hídrica.

Los macroinvertebrados correspondientes a aguas ligeramente contaminadas, se capturo un total de 79 individuos, con seis familias y cinco órdenes. Las familias con mayor número de individuos son Hydropsychidae con 70, Glossosomatidae con 5 individuos, aquí el orden Trichoptera fue el más abundante (Tablas No. 5). Hydropsychidae toleran aguas con un poco de contaminación, indicadores de aguas oligo o eutróficas (Correa et al 1988),



Glossosomatidae casas fuertemente adheridas a rocas, indicadores de aguas oligotróficas (Correa et al 1988).

Los macroinvertebrados correspondientes a aguas ligeramente contaminadas, se capturo un total de 53 individuos, representados por una familia Gordiidae y orden Gordioidea (Tablas No. 5), viven adheridos a la vegetación y las piedras en las orillas de los ríos (Roldan 1996).

De acuerdo a la clasificación realizada de los taxones encontrados en los muestreos, se analiza la calidad del agua, por medio de la puntuación del BMWP (Biological Monitoring Working Party Modificado), siendo un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores (Tabla No.4), partiendo que para la implementación de este método se realiza a partir de la identificación del nivel familiar de los órdenes encontrados, asignado un puntaje que va en relación a la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica (Tabla No.3).

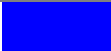




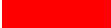
**Tabla No. 3 Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP / Col.**

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Naucoridae, Palaemonidae, Pseudothelphusidae, Trichodactylidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8

Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Crambidae, Dicteriadidae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Ochteridae, Pyralidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesiidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Lymnaeidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae, Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae.	3
Chironomidae (cuando no es la familia dominante), Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae	2
Haplotaxida, Tubificidae	1

Recuperado de metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Bogotá, D.C., 2005.

**Tabla 4. Clases de calidad de agua, valores BMWP / Col. Significados y colores para representaciones cartográficas.**

Clase	Calidad	Valor del BMWP/Col	Significado	Color
<b>I</b>	Buena	≥ 150	Aguas muy limpias	
		123-149	Aguas no contaminadas	
<b>II</b>	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación.	
<b>III</b>	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	
<b>IV</b>	Critica	21-45	Aguas muy contaminadas	
<b>V</b>	Muy critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Recuperado de metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Bogotá, D.C., 2005.

De acuerdo a la información presentada en las tablas 4 y 5, se procede a estructurar el método Biological Monitoring Working Party/Colombia (BMWP/Col) modificado por Roldán (2003). En el cual una vez determinada las familias de los taxones identificados se

procede a asignar el puntaje que va de 1 a 10 (Tabla No. 3) según la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica (Roldán & Ramírez, 2008).

**Tablas No.5. Puntajes asignados a las familias de macroinvertebrados encontrados en la vereda Charco Rico, en los meses de mayo y julio de 2016, según el BMWP/Col.**

FAMILIAS	PUNTAJE	INDIVIDUOS ESTACION 1
<b>Oligoneuriidae</b>	9	17
<b>Leptophlebiidae</b>	9	2
<b>Hydropsychidae</b>	7	40
<b>Leptoceridae</b>	8	6
<b>Helicopsychidae</b>	8	12
<b>Gomphidae</b>	9	1
<b>Gordiidae</b>	2	22
<b>TOTAL</b>	52	100

FAMILIAS	PUNTAJE	INDIVIDUOS ESTACION 2
<b>Oligoneuriidae</b>	9	13
<b>Hydropsychidae</b>	7	11
<b>Calamoceratidae</b>	8	1
<b>Glossosomatidae</b>	7	2
<b>Leptoceridae</b>	8	1
<b>Helicopsychidae</b>	8	7
<b>Elmidae</b>	7	1
<b>Libellulidae</b>	5	2
<b>Corydalidae</b>	6	1
<b>Gordiidae</b>	2	22
<b>Planariidae</b>	10	2
<b>TOTAL</b>	77	63

FAMILIAS	PUNTAJE	INDIVIDUOS ESTACION 3
<b>Oligoneuriidae</b>	9	7
<b>Hydropsychidae</b>	7	19
<b>Calamoceratidae</b>	8	2
<b>Glossosomatidae</b>	7	3
<b>Leptoceridae</b>	8	4
<b>Helicopsychidae</b>	8	45
<b>Aeshnidae</b>	6	1
<b>Gordiidae</b>	2	9
<b>Lymnaeidae</b>	6	1
<b>TOTAL</b>	61	91

Para evaluar la calidad del agua de las tres estaciones, se calculó el índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party), al sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en el ecosistema acuático analizado (Tabla No. 3) y el total de los puntos designados por los valores del BMWP/Col (Tabla No. 4), donde se encontró que la estación uno y tres presenta aguas moderadamente contaminadas con un puntaje de 52 y 61 respectivamente, en la estación dos presenta aguas ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación, con un puntaje de 77. (Tablas No. 5), categorizándose de la siguiente forma:

- Aguas moderadamente contaminadas: de calidad dudosa (Estación 1 y 3) presenta organismos más tolerantes ante la baja productividad de nutrientes, en comparación con los encontrados en la estación dos, siendo aguas con un poco de contaminación.

- Aguas ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación: de calidad aceptable (Estación 2), en donde las condiciones ecológicas son de aguas rápidas, encontrándose corrientes limpias o ligeramente contaminadas, presentando abundante vegetación y piedras. (Tabla No. 6).

**Tabla No. 6 Valores de BMWP calculados para el cuerpo de agua de la vereda Charco Rico, en los meses de mayo y julio de 2016.**

ESTACION	BMWP	CLASE	CALIDAD	SIGNIFICADO	COLOR
<b>E1</b>	52	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
<b>E2</b>	77	II	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
<b>E3</b>	61	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	

Se establece que para los sitios muestreados, se obtuvieron valores que se encuentra entre dos y tres según el BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party) (Tabla No. 6), lo que indica aguas moderadamente contaminadas o ligeramente contaminadas.

### 7.3 Índices de biodiversidad

Los cálculos realizados en software estadístico PAST, para la diversidad alfa del índice de biodiversidad biológica de Shannon-Wiener ( $H'$ ) se mantuvo entre 1.53 y 1.83 presento una mayor diversidad en la estación dos ( $H'= 1,834$ ), seguida de la uno ( $H'=1,575$ ) y mostrando un menor valor para la tres ( $H'=1,534$ ), nos indica que los

macroinvertebrados encontrados en las diferentes estaciones están representadas casi por un mismo número de individuos.

La dominancia de Simpson muestra que la estación dos también presenta la mayor dominancia, seguida de la uno y por último la tres ya que los valores estuvieron en los rangos en los rangos de 0.69 y 0.78, (Tabla No. 7). La familia más dominante que estaría influyendo en el alto valor de la estación dos son: Gordiidae, Oligoneuriidae y Hydropsychidae.

**Tabla No. 7 Índices de diversidad**

	Dominancia de Simpson (D)	Diversidad de Shannon-Wiener (H')
<b>Estación 1</b>	0,7452	1,575
<b>Estación 2</b>	0,7886	1,834
<b>Estación 3</b>	0,6924	1,534

El índice de diversidad beta Coeficiente de Jaccard indica el número de familias de macroinvertebrados compartidos en las tres estaciones, el cual indico que hay estaciones con cero de similitud, siendo que las estaciones uno, dos y tres no comparten al menos una familia de macroinvertebrados, al igual hay estaciones que presentan similitud de 1 lo que indica similitud en más de una de las familias.

La similitud total del Incide de Jaccard con valor igual a 1, entre las estaciones se explica por la presencia de las familias Oligoneuriidae y Hydropsychidae la cual se encuentra distribuida en toda el área de estudio y en algunas estaciones solo se encontraron un tipo

de familia entre las cuales se relaciona Leptophlebiidae, Elmidae, Libellulidae, Aeshnidae, Gomphidae, Corydalidae, Lymnaeidae, Planariidae siendo estas exclusivas en el área de muestreo por lo cual se presentaron índices de Jaccard con valores igual a 0,0. (Tabla No. 8)

**Tabla No. 8 Diversidad Beta de Jaccard**

	<b>Estación 1</b>	<b>Estación 2</b>	<b>Estación 3</b>
<b>Estación 1</b>	1	0,35714	0,41667
<b>Estación 2</b>	0,35714	1	0,533846
<b>Estación 3</b>	0,41667	0,53846	1

#### **7.4 Análisis de parámetros fisicoquímicos**

Las muestras fueron analizadas en relación a los métodos y parámetros fisicoquímicos (Tabla No. 9), las estaciones presentaron variaciones en el pH con un promedio de 7,97 y 7,31, nunca supero los 8.0 y tampoco fue inferior a 14, en cuanto a las variables de conductividad y solidos totales, en el mes de julio se presentaron los valores más altos con 418  $\mu\text{s/cm}$  y 620 mg/L, respectivamente (Anexo 6,7 y 8).

El agua debe cumplir con ciertos requisitos, físicos, químicos y microbiológicos según las normas técnicas de calidad, que la hacen apta para el consumo humano sin producir efectos adversos a la salud (Resolución 2115 Ministerio de la Protección Social 22 de Junio 2007). Sin embargo en casos de emergencia existen parámetro de cumplimiento mínimos que garantizan un suministro adecuado de agua consumible a la población.

Este estudio determina si el agua para consumo humano del área rural de la Vereda Charco Rico del Corregimiento del Totumo, cumple con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Para ello, se realizaron dos muestreos de diferentes puntos de la fuente hídrica por la cual pasa una manguera que han estructurado para el transporte del líquido preciado a las casas aledañas a la zona, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliario. Se emplearon métodos espectrofotométricos – espectroscopia infrarroja basada en la interacción de la muestra con diferentes longitudes de ondas y gravimétricos implica la composición conocida y químicamente relacionada con el analito, en los respectivos análisis físicos y químicos, para los parámetros microbiológicos se empleó la técnica de filtración por membrana.

**Tabla No. 9 Métodos y parámetros utilizados para los análisis de muestras fisicoquímicos, en el laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
Conductividad eléctrica	µs/cm	Ponciometrico/Conductimetro
Turbiedad	UNT	Espectrofotométrico/UV-vis
Alcalinidad Total	CaCO <sub>3</sub> /L	Electrodo selectivo/Neutralización
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> /L	Electrodo selectivo/Complexiometrico
Solidos totales	mg/L	Gravimétrico/Evaporación
Fosfatos	mg PO <sub>4</sub> /L	Espectrofotométrico/UV
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	Espectrofotométrico/UV

#### **7.5 Análisis normatividad resolución 2115 del 2007**

**Tabla 10. Parámetros de la calidad del agua en las muestras tomadas en la Vereda Charco Rico- corregimiento del Totumo.**

<b>Parámetros</b>	<b>Muestra</b>
-------------------	----------------



	1	2	Valor máximo aceptable (mg/L)
pH 0-14	7,97	7,31	6.5 -9.0
Dureza mgCaCO <sub>3</sub> /L	19	83	
Turbiedad UNF	18,6	31,6	2
Color mg/L Pt/Cc	133	73	15
Conductividad Eléctrica μS/cm	107	418	
Alcalinidad mg CaCO <sub>3</sub> /L	53	54	200 mg/L
Hierro mg/L	0.24	<0.5	<0,5 mg/L
Sulfatos mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L	21	29	250 mg/L
Calcio mg/L	28,5	0.026	60
Solidos Totales mg/L	40	0.026	
Cloro Residual mg/L	0.1	0.1	0.3 a 2.0
Nitritos mg/L	<0.5	0.6	0,1
Cloruros mg Cl <sup>-</sup> /L	1.6	3	250
Fosfatos mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> /L	0.8	<0.2	0,5
COT mg/L	22	17.1	5,0
Coliformes Totales	1,7x10 <sup>4</sup> ml	1,7x10 <sup>4</sup> ml	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
Escherichia Coli	6,3x10 <sup>3</sup> ml	7,8x10 <sup>3</sup> ml	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>

### 7.5.1 pH

Los valores reportados de pH fueron similares en ambas épocas (Anexo 6 y 7), presentaron un valor más alto en la época de sequía 7,97 y en época de lluvia 7,31 conservándose en el rango establecido por la normatividad entre 6.5 - 9.0, muy cercanos a la neutralidad, acidez y alcalinidad débil, por lo tanto, no representa riesgos para la salud.

### **7.5.2 Conductividad Eléctrica**

Este parámetro reporta valores altos, lo que implica que el agua de las dos muestras analizadas posee iones disueltos que proporcionan la capacidad para conducir electricidad, indicando que presenta alta contaminación de iones metálicos que pueden alterar la calidad del agua, indicando que esta no presenta alta pureza debido a que puede presentar presencia de sales o minerales (Anexo 6 y 7).

### **7.5.3 Sólidos Totales**

Presenta una gran variación entre las muestras tomadas, observándose aumento en la época de lluvia presentado una zona de material de arrastre y sedimento que influye en la calidad del agua con un valor 620 mg/L, en comparación al periodo de sequía que maneja 40 mg/L lo cual indica que en esta zona no se presenta material de arrastre, que pueda inferir en la calidad del agua. (Anexo 6 y 7).

### **7.5.4 Turbiedad**

Se presenta deterioro en los diferentes puntos de muestreos, correspondiente al agua de la fuente hídrica que emplea la comunidad del sector, debido a que sus niveles están por encima del rango establecido por la Resolución 2115 de 2007 (2 UNT). (Anexo 6 y 7).

### **7.5.5 Nitritos**

Los nitritos (Anexo 6 y 7) presentan valores significativos en la época de lluvia con 0,06 mg/L y en sequía < 0,5 mg/L, siendo esta estación influenciada por actividades avícolas, que en épocas de lluvia genera material de arrastre rico en materia orgánica, incumpliendo con los límites establecidos en la resolución.

### **7.5.6 Fosfatos**

Los valores más altos se presentaron en el periodo de sequía con un valor 0,8 mg  $\text{PO}_4^{3-}$ / L, lo cual supera el límite permitido por la resolución, este aumento se relaciona debido al desarrollo de la actividad avícola que se encuentra dentro de la zona de estudio en comparación a la época de lluvia que presento un valor menor al establecido en resolución con <0,2 mg  $\text{PO}_4^{3-}$ / L que está dentro del límite 0,5 mg  $\text{PO}_4^{3-}$ / L. (Anexo 6 y 7).

### **7.5.7 Color**

El valor máximo aceptable es de 15 Unidades Platino Cobalto (UPC), Para este parámetro se evidencia valores altos con respecto a la norma, presentando valores significativos, según el muestreo 1 presentó un valor 133 UPC y muestreo 2 su valor redujo siendo este de 73 UPC. (Anexo 6 y 7).

### **7.5.8 Alcalinidad**

Se presenta valores bajos de este parámetro que no perjudica la calidad del agua, obteniendo en las muestras realizadas sus valores de encontraron entre 53 a 54 mg/L, manteniéndose por debajo del valor máximo permitido, que se encuentra en 200 mg/L.

(Anexo 6 y 7)

### **7.5.9 Hierro**

Dentro de las muestra analizadas los valores cumplen con la normatividad de agua para consumo en los dos puntos de muestreo por debajo  $<0,5$  mg/L. (Anexo 6 y 7).

### **7.5.10 Sulfatos**

No se presenta niveles significativos de sulfatos en la muestras analizadas, encontrando que en la muestra dos disminuyo 8 mg/L, siendo este valor inferior a lo establecido en la normativa de consumo humano. (Anexo 6 y 7).

## **7.6 Parámetros microbiológicos**

Se realizó el análisis de parámetros microbiológicos, con lo cual se busca identificar la contaminación con microorganismos en el agua, que puede generar problemas

de salud. Coliformes Totales se evidencia un resultado de 1,7 ml<sup>4</sup> en los dos muestreos realizados (Anexo 7 y 8) y para Coliformes fecales 6,3 ml<sup>3</sup> y 7,8 ml<sup>3</sup> (Anexo 7 y 8) siendo estos valores fuera del rango establecido en la normativa.

En cuanto a *E.coli*, todas las estaciones presentan concentraciones considerables, que indican la presencia de vertimientos de aguas residuales durante todo el recorrido convirtiendo el agua de la cuenca en agua no apta para el consumo humano

El análisis de los parámetros explicados está relacionado con la información propiciada en la Tabla 10, siendo estos los resultados obtenidos en los laboratorios fisicoquímicos de las dos muestras de agua tomadas, en la Vereda Charco Rico, en el corregimiento el Totumo. (Anexo 6 y 7).

El análisis de las características microbiológicas indico que las muestras no se ajustan a los valores máximos permitidos (Tabla 10) para *E.coli* y coliformes totales, siendo la presencia de estos indicativo de contaminación fecal, que pone en riesgo a la población de la vereda, ya que la contaminación del agua es causada por fallas en el acueducto y el sistema de distribución que de manera empírica construyeron, así como las actividades antrópicas que se encuentra cerca a la fuente hídrica siendo esta la siembra de peces y los galpones de pollo los cuales dejan residuos que van directamente al cuerpo de agua.

Para identificar el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado (Tabla No.11), en el cual a cada característica física, química y microbiológica, se le asigna un valor por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente Resolución (Tabla No. 11, 12,13):

**Tabla No. 11 Características físicas**

<b>Características físicas</b>	<b>Expresadas como</b>	<b>Valor máximo aceptable</b>
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Resolución 2115 del 22 de junio 2007

**Tabla No. 12 Características Químicas que tiene reconocido efecto adverso en la salud humana.**

<b>Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias</b>	<b>Expresadas como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y dissociable	CN <sup>-</sup>	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01

Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Resolución 2115 del 22 de junio 2007

**Tabla No. 13 Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.**

<b>Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana</b>	<b>Expresados como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
Carbono orgánico Total	COT	<b>5,0</b>
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<b>0,1</b>
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>10</b>
Fluoruros	F <sup>-</sup>	<b>1,0</b>

Resolución 2115 del 22 de junio 2007

**Tabla No. 14 Puntaje de riesgo**

<b>Característica</b>	<b>Puntaje de riesgo</b>
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfato	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3

Aluminio (Al <sup>3+</sup> )	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
EscherichiaColi	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Resolución 2115 del 22 de junio 2007

**Tabla No. 15 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.**

<b>Clasificación IRCA (%)</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>IRCA por muestra (Notificaciones que adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)</b>	<b>IRCA mensual (Acciones)</b>
<b>80.1 – 100</b>	<b>INVIABLE SANIATRAIAMENTE</b>	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
<b>35.1 - 80</b>	<b>ALTO</b>	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
<b>14.1 - 35</b>	<b>MEDIO</b>	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
<b>5.1 – 14</b>	<b>BAJO</b>	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
<b>0 - 5</b>	<b>SIN RIESGO</b>	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Resolución 2115 del 22 de junio 2007



De acuerdo a los resultados obtenidos en ambos muestreos se realizó el cálculo de riesgo del agua para consumo humano (IRCA), los cuales están establecidos en la Resolución 2115 de 2007 (Tabla No 14).

**Tabla No. 16** Calculo del IRCA agua de consumo vereda Charco Rico

Parámetros	Puntaje de Riesgo	Muestra	
		1	2
<b>pH 0-14</b>	1,5	0	0
<b>DurezamgCaCO3/L</b>	1	0	0
<b>Turbiedad UNF</b>	15	15	15
<b>Color mg/L Pt/Cc</b>	6	6	6
<b>Alcalinidad mg CaCO<sub>3</sub>/L</b>	1	0	0
<b>Hierro mg/L</b>	1,5	0	0
<b>Sulfatos mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>/L</b>	1	0	0
<b>Calcio mg/L</b>	1	0	0
<b>Cloro Residual mg/L</b>	15	0	0
<b>Nitritos mg/L</b>	3	0	0
<b>Cloruros mg Cl -/L</b>	1	0	0
<b>Fosfatos mg PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/L</b>	1	1	0
<b>COT mg/L</b>	3	3	3
<b>Coliformes Totales</b>	15	15	15
<b>Escherichia Coli</b>	25	25	25
<b>Sumatoria</b>	<b>91</b>	<b>65</b>	<b>64</b>
<b>Porcentaje de Riesgo</b>		<b>71,42</b>	<b>70,32</b>

Como se evidencia en los cálculos (Tabla No. 16), se presenta un porcentaje de riesgo del 71,42%, y 70,32% este valor es comparado con la Resolución 2115 de

2007 (Tabla No. 15), encontrándose en la clasificación de 35.1-80%, nivel de riesgo alto, siendo agua no apta para consumo humano, por lo cual la comunidad aledaña presenta riesgo por estar expuesta a consumir agua no potable.

## **7.7 Trabajo con la comunidad**

Pese a que en el porcentaje del IRCA y el cálculo de BMWP / Colombia, determinó que la calidad de agua no es buena para consumo humano, en el proceso de tabulación de las encuestas realizadas se identificó que el 100% de los habitantes entrevistados no han presentado en los últimos seis meses alguna enfermedad relacionada por el consumo de agua, ya que antes de consumir el agua que llega a las fincas los habitantes la observan y presentan el hábito de hervir el agua que consumen en la casa, de igual forma identifican que las actividades que realizan pueden generar algún daño, pero en vista a que no se presenta capacitaciones por parte de las autoridades ambientales y el desconocimiento de la normatividad, no aplican de manera correcta el proceso de abastecimiento de agua (Anexo 3), en el cual realizan un tratamiento convencional de potabilización por medio de la desinfección con cloro para así garantizar el consumo dentro de las fincas que se abastecen por medio del acueducto artesanal que han diseñado.

A través de la vinculación de la comunidad en el trabajo de campo se pudo generar en estos mayor reconocimiento de algunos de los impactos que generan en la implementación de sus actividades antrópicas y como estas han afectado no solo la calidad del agua, a su vez se capacito en el reconocimiento de estos taxones por medio del manejo de métodos cualitativos y cuantitativos [Figura 35 y 36].

## **8. DISCUSIÓN**

El desarrollo de los resultados biológicos permitió identificar la calidad del agua por medio de la familia de macroinvertebrados recolectados los cuales son sensibles a la contaminación orgánica, así como tolerantes dentro de la fuente hídrica lo cual genero indicaciones sobre las condiciones que prevalecen y las fluctuaciones que puedan presentar en un sitio determinado.

Dentro del tiempo de muestreo se logró identificar la riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la vereda Charcorico, corregimiento del Totumo cerca de una de las afluentes del río Coello, en el cual el número de individuos recolectados en la zona, se han reportado en otros estudios (Torres, 2004). Si se toma como parámetro de comparación el estudio de la biodiversidad faunística de la cuenca del río Coello en el departamento del Tolima se reportaron seis familias Baetidae, Leptoheptageniidae, Leptophlebiidae, Polymitarcidae, Oligoneuriidae y Caenidae (Torres, 2004).

Se observa que existen dos familias en las cuales una de esta predomino en el afluente del río puesto que se recolectaron 36 individuos de la familia Oligoneuriidae, perteneciente al orden Ephemeroptera, se genera debido a la variedad de sustratos presentes (hojarasca, piedras, arena entre otros), (Villa et al., 2003). El orden Trichoptera también presento variedades en las familias de macroinvertebrados, siendo la familia Helicopsychidae, con

la mayor representación de individuos 57 respectivamente siendo estos de aguas con pocas corrientes.

Con respecto a los órdenes, la presencia de Ephemeroptera y Trichoptera en los sitios de muestreo, se ajusta a las características descritas por ROLDÁN (1988) para ríos de montaña de aguas frías, transparentes, oligotróficas y muy bien oxigenadas. De estos tres grupos, sobresalen los tricópteros que se encuentran en ambientes poco perturbados y son considerados indicadores de buena calidad de agua (CÁRDENAS et al., 2007), algo relevante, si se tiene en cuenta que en el desarrollo del proyecto aplicado presentaron el mayor número de individuos.

De manera general se pudo observar que la variedad de hábitats y la combinación de sustratos inorgánicos, favorecen la colonización y establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, de acuerdo con ARANGO et al. (2008), inciden en la alta biodiversidad de taxones.

Al delimitar el afluente se puede determinar con mayor claridad la cantidad de individuos presentes y las familias en cada estación lo cual permitió determinar el nivel de contaminación en cada estación con la ayuda de los macroinvertebrados acuáticos, siendo esta ligeramente contaminada indicando que se evidencia efectos de contaminación, a partir de la

implementación de las actividades antrópicas mencionadas anteriormente por parte de la población de la vereda.

Con respecto al comportamiento de los índices ecológicos, la dominancia de Simpson mostro un mayor valor para la estación dos, en relación a la estación tres, posiblemente por la abundancia de la familia Hydropsychidae y Helicopsychidae, la cual en ambas estaciones presento el género *Smicridea* y *Helicopsyche* (Tabla No.2), estableciendo dentro del hábitat la probabilidad de pertenecer a la misma especie, siendo estos muy abundante en el afluente del rio Coello. Cortolima (2006).

En la diversidad de Shannon-Wiener continúa predominando la estación dos, debido a la diversidad de los taxones encontrados, aunque dentro de los valores establecidos por el índice al ser inferior a dos se considera que las tres estaciones presentan baja diversidad de macroinvertebrados.

Desde la aplicación de la normativa según estudios realizados en calidad del agua para consumo humano IRCA en el Departamento del Tolima, se encontró que un 63,83% utilizo agua no apta para el consumo humano (Briñez K, Guarnizo J, Arias S 2012), encontrándose dentro de los indicadores presencia de coliformes y *Escherichia coli*, lo cual género que estos municipios presentaran un IRCA inviablemente sanitario, de acuerdo a esta información se corroboró los datos obtenidos en los muestreos para así mismo relacionar estos con los valores presentados.

En relación al análisis del IRCA de la vereda Charco Rico corregimiento del Totumo es un agua de nivel de riesgo alto siendo esta no apta para consumo humano, presenta una alcalinidad de valores permitidos dentro de la resolución posiblemente por las características de la zona ya que es un suelo arenoso, con piedras y hojarasca. El valor del pH 7.97 obtenido en el primer muestreo afecta el proceso de desinfección, ya que según se establece en el Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico RAS, en el cual se indica que el agua se debe desinfectar a un pH inferior a 7.5, ya que los valores superiores generar retardos en las reacciones entre el cloro y el amonio por lo cual el pH siempre debe oscilar entre 6 y 7, para lograr la debida desinfección (Resolución por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS).

En las muestras de agua analizadas los parámetros de pH, alcalinidad y dureza se encontraron que los valores son aceptables según se establece en la Resolución 2115 de 2007, pero en los parámetros de turbidez y hierro no son aceptables ya que exceden los valores máximos aceptables, por lo cual se evidencia que la mayoría de los procesos de tratamiento, no se realizan de forma adecuada. En los muestreos se presentó una elevación en los parámetro del color, ya que no se presenta ningún tipo de procesos para la remoción del color dentro del acueducto empírico que la comunidad ha construido y esta a su vez se altera por la descomposición de la metería orgánica, el aumento del pH y la temperatura. El valor del cloro residual estuvo por debajo del valor mínimo permisible, esto se puede afectar acorde a la dosificación del cloro aplicado en las redes, la existencia de tuberías muy antiguas o averiadas que traen como consecuencia que

el valor de cloro residual tienda a cero y exista la posibilidad de proliferación de microorganismos que puedan poner en riesgo la salud de los usuarios.

El índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano IRCA, calculado para los dos muestreos las clasifiqué en un nivel de riesgo alto como aguas no apta para consumo humano, debido a que el cloro residual se encontró por debajo del valor mínimo permitido, así mismo la turbiedad presenta valores por encima de los valores máximos permitidos, e incumplimiento de los parámetros de color ya que estos son de 15 Unidades Platino Cobalto (UPC) y se obtuvieron valores de 133 mg/L Pt/Co y 73 mg/L Pt/Co, los demás parámetros de las muestras analizadas presentaron valores establecidos dentro de la Resolución 2115 de 2007.

Las características que presentan el abastecimiento del agua en las zonas rurales en el departamento del Tolima son de fuentes superficiales, corrientes, quebradas y ríos. (SIVICAP, Grupo Calidad de Agua – DRSP, Instituto Nacional de Salud), por lo cual la calidad del agua que se toma no es muy buena para el consumo humano y los tratamientos dados no cumplen en su totalidad con los parámetros e índices de calidad que se establece en la Resolución 215 de 2007, para así dar cumplimiento al Decreto 1775 de 2007 en el cual se evalúa el grado de riesgo de enfermedades relacionadas al no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, que de acuerdo con los parámetros analizados se dio un total incumplimiento a las características microbiológicas por la presencia de coliformes y *Escherichia coli*, así mismo cumplimiento parcial de los parámetros fisicoquímicos,

ya que dentro de estos por medio del método analítico realizado en el laboratorio se identificó valores máximos aceptables.



## **9. CONCLUSIONES**

Como resultado de los cálculos realizados, se verifica que esta agua no es apta para el consumo humano, ya que presenta índices de riesgo que son significativos frente a los valores determinados en la Resolución 2115 de 2007, en torno a la calidad de los valores de los parámetros que debe presentar en los resultados obtenidos.

En el análisis de las muestras de agua, se evidencia que los valores del cloro residual se encontraron por debajo del valor mínimo establecido, esto genera evidencia que existen factores que están afectando los niveles del cloro residual libre, lo cual se genera a partir de la dosificación del cloro aplicado en las redes de conexiones artesanal y el aumento del pH por encima de 7.5, hace que la reacción del cloro sea retardada y el valor de este se disminuya.

Los macroinvertebrados identificados en los diferentes muestreos presentan características ecológicas y ambientales que determinaron, que la calidad del agua es ligeramente contaminada se evidencian efectos de contaminación.

Según los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta la población no ha presentado daños en su organismo, por el consumo del agua que toman directamente de las mangueras que han estructurado como el acueducto, debido a que esta le

realizan procesos empíricos para poder usarla, por medio de tratamientos convencionales a través de la desinfección con cloro para así garantizar la calidad del consumo.

Los índices de biodiversidad calculados corresponden a la tipificación de color amarillo aguas moderadamente contaminadas y verde aguas con efectos de contaminación.

En el desarrollo de la jornada pedagógica se capacito a los habitantes de la vereda en el reconocimiento de los macroinvertebrados, a través de la participación de estos en la colecta de las muestras reconociendo los sustratos característicos de la afluente del rio Coello y como estos son bioindicadores de la calidad del agua, a través de la identificación de sus características morfológicas.

## **10. RECOMENDACIONES**

Se recomienda diseñar un acueducto convencional por medio de la construcción y adecuación de elementos que ya se presenta en la vereda Charco Rico, en el cual por medio de un sistema de captación del agua por gravedad el agua baje hacia el tanque de almacenamiento la cual se controla por medio de válvulas que permiten el control del agua que llega a cada una de las fincas de la vereda, la captación de se realiza es abierta ya que es por medio de aguas superficiales como la afluente del río Coello y da la posibilidad de captar la mayor cantidad de agua que se requiere para el funcionamiento del acueducto.

Mediante la Junta de Acción Comunal de la vereda Charco Rico se gestiones algún recurso para el desarrollo de proyectos comunales como la construcción de un acueducto acorde con las normas ambientales establecidas para mejorar la calidad de agua que consumen los habitantes de la vereda.

Gestionar por medio Cortolima capacitaciones a los habitantes de la vereda Charco Rico para que realicen de manera adecuada el proceso de desinfección y no continuar con el desarrollo de los tratamientos empíricos que han estado aplicando en los últimos años.

## **11. REFERENCIAS**

Alba- Tercedero, J., (1996). Macroinvertebrados Acuáticos y la Calidad de las Aguas de los Ríos, IV SIGA, Almería (II), 203-213.

Alba- Tercedero, J et al. (2002). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'), *Limetica*. 21(3-4). 175-185.

Arango, M.C.; Álvarez, L.F.; Arango, G.A.; Torres, O.E. & Monsalve, A., 2008.- Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquía. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquía*, 9: 181-186.

Aurazo, M., (2004), *Manual para Análisis Básico de Calidad del Agua de Bebida*, Organización Panamericana de la Salud, CEPIS, 5.-30

Ballesteros, G.K Guevara Y.J (2009) *Superphillum Asquelmintha* (Pseudocelomados), 3-21.

Barata, C.; I. Lekumberri; M. Vila-Escalé; N. Prat & C. Porte. (2005). Trace metal concentration, antioxidant enzyme activities and susceptibility to oxidative stress in the tricoptera larvae *Hydropsycheexocellata* from the Llobregat river basin (NE Spain). *Aquat.*

Toxicol. 74: 3–19.

Biodiversidad la ubicación geográfica del departamento del Tolima, Cortolima [En línea] [Revisado el 31 de Agosto 2017] Disponible en: [www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/pom\\_prado/diagnostico/k210.pdf](http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_prado/diagnostico/k210.pdf).

Briñez K, Guarnizo J, Arias S. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2012; 30(2): 175-182.

Cárdenas, A.Y.; Bismark, R.; López, M.; Woo, A.; Ramírez, E. & Ibrahim, M., 2007.- Biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en la subcuenca de los ríos Bul Bul y Paiwas, Matiguás, Nicaragua. Encuentro, 77: 83-93.

Carrera, C. y Fierro, K., (2001). Los macroinvertebrados acuáticos. Manual de monitoreo. ECOCIENCIA, Editorial Rimana, Quito, Ecuador

Castellanos, P.M y Serrato, C., (2008).Diversidad de macroinvertebrados Acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de santurbán, norte de Santander, Rev. ACAD. Colomb.Cienc. XXXII (122), 79-86.

CORTOLIMA, (S.F). Fase ii. Diagnostico Características del área de estudio cuenca mayor del río Coello.

Cortolima (2006) Macroinvertebrados acuáticos, [En línea]  
[Revisado el 31 de Agosto 2017] Disponible en:  
[https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/estudios/a06.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/a06.pdf).

Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos (primera edición) San Miguel de Tucumán – Argentina: Fundación Miguel Lillo. Guías principales de macroinvertebrados Adaptación Mg.Sc. Esp. Carlos Gerardo Rengifo S.

Estado de la vigilancia de la calidad del agua para consumo Humano en Colombia 2013. [En línea] [Revisado el 31 de Agosto 2017] Disponible en:  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/Informe%20Vigilancia%20Calidad%20Agua%20a%20C3%B1o%202012%5B1%5D.pdf>

Forero, A. M. y Reinoso, G. (2013). Evaluación de la Calidad del Agua del Río Opía (Tolima-Colombia), Mediante Macroinvertebrados Acuáticos y Parámetros Fisicoquímicos. *Caldasias*, 35 (2). 371-387.

González, M. y García, D. (1995). Restauración de ríos y riberas. Fundación del Conde del Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid.

González, M. y Fajardo, L. C., (2013). Asociación de grupos funcionales de macroinvertebrados acuáticos a *Juncuseffusus* - *Typha latifolia* y *Eichorniacrassipes* - *Limnobiumlaevigatum*, en el tercio alto del humedal Juan Amarillo, Bogotá – Colombia, *Macroinvertebrados del ultimo gigante*, 8-20.

González, N., Sánchez, S. y Mairena A. (S.F). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields, RAAS, Bluefields Indian & Caribbean University ( BICU).53 -63.

Hahn -vonHessberg, C.M., Toro, D., Grajales, A., Duque, G. M., Serna , L., ( 2009).Determinación de la Calidad del Agua Mediante Indicadores Biológicos y Físicoquímicos , en la Estación Piscícola Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 13 (2), 89- 105.

Institución Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (2009). Ley 09 de 1979, [En línea] [Revisado el 13 de Septiembre 2016] Disponible en:[https://www.invima.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=147:ley-9-enero-24-de-1979&catid=72:leyes-1979&Itemid=118](https://www.invima.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=147:ley-9-enero-24-de-1979&catid=72:leyes-1979&Itemid=118).

Ladera, R., (2012). Los Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores del Estado Ecológicos de los Ríos, *Páginas de Información Ambiental* (39), 24-29

León, W., (2012), Análisis Físicoquímico y Bacteriológico de aguas. [En línea] [Revisado el 13 de Septiembre 2016] Disponible en: <http://es.slideshare.net/welserle/analisis-fisicos-quimico-y-bacteologico-de-aguas>.

Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2007). Resolución 2115 de 2007. [En línea] [Revisado el 13 de Septiembre 2016] Disponible en: <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Documents/resolucion%202115%20de%202007,MPS-MAVDT.pdf>

Ministerio de Protección Social, (2007) Decreto Numero 1575 de 2007. [En línea] [Revisado el 13 septiembre 2016] Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>

Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000, Sección II, Título C, Sistemas de potabilización. Bogotá D.C., RAS; 2.000. [En línea] [Revisado el 31 de Agosto 2017] Disponible en: [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4.\\_Sistemas\\_de\\_acueducto.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4._Sistemas_de_acueducto.pdf).

Montoya, Y., Acosta, Y. y Zuluaga, E., (2011). Evaluación de la Calidad del agua en el Río Negro y sus principales Tributarios Empelando como Indicadores los Índices ICA, el BMWP/COL y El ASPT, *Caldasia*, 33 (1 ) 193-210.



Prat, Narcís, Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. (pp. 631-654). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. [En línea] [Revisado el 29 de Junio 2017] Disponible en: [http://artemisa.unicauca.edu.co/~gerardorengifo/RH2/Guia\\_Macroinvertebrados.pdf](http://artemisa.unicauca.edu.co/~gerardorengifo/RH2/Guia_Macroinvertebrados.pdf)

Reinoso, G., Guevara, G., Vejarano, M., García, J. y Villa, F. (2007). Evaluación del río Prado a partir de los macroinvertebrados y de la calidad del agua. *Revista de la asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 19, 141-154.

Rocha, Z., (2003). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *Fundación D Castellanos*. 35-40. [Revisado el 29 de Junio de 2017] Disponible en: <http://www.revistasjdc.com/main/index.php/ccient/article/view/124/119>

Roldan, G., (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN - Colombia. Editorial Presencia Ltda. 217..

Roldan, G., (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Rev. Acad. Colomb, Cienc*, 23 (88), 375-387

Roldán, G. 2003. Bioindicacion de la calidad del Agua en Colombia. *Uso del método BMWP/Col*. Universidad de Antioquia, Colombia. 125 - 170 pp

Roldan, G., (2016). Los Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica, *Revista académica colombiana, Cienc. Ex. Fis.Nat.* 40 (155), 254-274

Velásquez, S. y Miserendino, L. (2003). Análisis de la materia orgánica alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos de montaña de Patagonia. *Ecología Austral*, 13:67-82.

Villa, F., G. Reinoso, M. Bernal & S. Losada. 2003. Biodiversidad faunística de la Cuenca del río Coello Biodiversidad Regional fase I. Informe final. Universidad del Tolima. Ibagué. 960p.

## 12. ANEXO

### Anexo 1. Formato de encuesta de aplicada a la comunidad de la vereda Charcorico Corregimiento del Totumo.



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
DETERMINACION BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN UN  
AFLUENTE (VEREDA CHARCORICO) DEL RIO COELLO

Por favor, lea detenidamente cada ítem antes de seleccionar su respuesta.

Marcar con una X de acuerdo a la alternativa que considere

1. Departamento de residencia		3. Género Femenino <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/>		4. Edad 20 años o menos <input type="checkbox"/> De 21 a 29 <input type="checkbox"/> De 30 a 39 <input type="checkbox"/> De 40 a 49 <input type="checkbox"/> De 50 a 59 <input type="checkbox"/> 60 o más <input type="checkbox"/>		
2. Municipio de residencia						
5. Estado civil Casado <input type="checkbox"/> Soltero <input type="checkbox"/> Unión Libre <input type="checkbox"/> Viudo <input type="checkbox"/>		6. Nivel de Estudios Ninguno <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Técnico <input type="checkbox"/> Universitario <input type="checkbox"/>		7. Estrato 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/>		

No	ITEMS	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	¿Utiliza gran cantidad de agua en el desarrollo de sus actividades?					
2	¿Usted considera importante tener un acueducto dentro de la vereda?					
3	Esta de acuerdo con el tipo de estructura que presenta, para el consumo de agua.					
4	Observa como es la calidad del agua antes de consumirla.					
5	Considera que el tratamiento que le dan al agua es apropiado.					
6	Hierve el agua que es de consumo, en su casa.					
7	Considera que las actividades que realiza, contamina la fuente hídrica.					
8	Han sido capacitados en relación, al adecuado uso de la fuente hídrica.					
9	Ha escuchado hablar de macro invertebrados.					

Conoce los cuerpos de agua que se encuentra cerca de la vereda. Sí  No

Conoce decretos o leyes, sobre la calidad del agua Sí  No

En los últimos seis meses, ¿Ha presentado alguna enfermedad a causa del consumo del agua?  
Sí  No

¿Con que frecuencia ha presentado estos síntomas? \_\_\_\_\_

¿El IBAL ha realizado con la población de la vereda algún tipo de capacitación? Sí  No

¿Cortolima ha realizado acompañamiento frente a la intervención, realizada en el tratamiento de la fuente hídrica? Sí  No

**Anexo 2. Encuestas aplicadas a la comunidad de la vereda Charcorico Corregimiento del Totumo.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
DETERMINACION BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN UN  
AFLUENTE (VEREDA CHARCORICO) DEL RIO COELLO**

Por favor, lea detenidamente cada ítem antes de seleccionar su respuesta.

**Marcar con una X de acuerdo a la alternativa que considere**

1. Departamento de residencia <u>Sector Marantial</u>		3. Género Femenino <input checked="" type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/>		4. Edad 20 años o menos <input type="checkbox"/> De 21 a 29 <input checked="" type="checkbox"/> De 30 a 39 <input type="checkbox"/> De 40 a 49 <input type="checkbox"/> De 50 a 59 <input type="checkbox"/> 60 o más <input type="checkbox"/>		
2. Municipio de residencia		6. Nivel de Estudios Ninguno <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Técnico <input checked="" type="checkbox"/> Universitario <input type="checkbox"/>		7. Estrato 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/>		
5. Estado civil Casado <input checked="" type="checkbox"/> Soltero <input type="checkbox"/> Unión Libre <input type="checkbox"/> Viudo <input type="checkbox"/>						

No	ITEMS	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	¿Utiliza gran cantidad de agua en el desarrollo de sus actividades?	<input checked="" type="checkbox"/>				
2	¿Usted considera importante tener un acueducto dentro de la vereda?	<input checked="" type="checkbox"/>				
3	Esta de acuerdo con el tipo de estructura que presenta, para el consumo de agua.					<input checked="" type="checkbox"/>
4	Observa como es la calidad del agua antes de consumirla.					<input checked="" type="checkbox"/>
5	Considera que el tratamiento que le dan al agua es apropiado.					<input checked="" type="checkbox"/>
6	Hierve el agua que es de consumo, en su casa.	<input checked="" type="checkbox"/>				
7	Considera que las actividades que realiza, contamina la fuente hídrica.			<input checked="" type="checkbox"/>		
8	Han sido capacitados en relación, al adecuado uso de la fuente hídrica.					<input checked="" type="checkbox"/>
9	Ha escuchado hablar de macro invertebrados.					<input checked="" type="checkbox"/>

Conoce los cuerpos de agua que se encuentra cerca de la vereda. Sí  No

Conoce decretos o leyes, sobre la calidad del agua Sí  No

En los últimos seis meses, ¿Ha presentado alguna enfermedad a causa del consumo del agua?  
Sí  No

¿Con que frecuencia ha presentado estos síntomas? \_\_\_\_\_

¿El IBAL ha realizado con la población de la vereda algún tipo de capacitación? Sí  No

¿Cortolima ha realizado acompañamiento frente a la intervención, realizada en el tratamiento de la fuente hídrica? Sí  No



**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD**  
**DETERMINACION BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN UN**  
**AFLUENTE (VEREDA CHARCORICO) DEL RIO COELLO**

Por favor, lea detenidamente cada ítem antes de seleccionar su respuesta.

**Marcar con una X de acuerdo a la alternativa que considere**

1. Departamento de residencia <u>Sector municipal</u>	3. Género Femenino <input type="checkbox"/> Masculino <input checked="" type="checkbox"/>	4. Edad 20 años o menos <input type="checkbox"/> De 21 a 29 <input type="checkbox"/> De 30 a 39 <input checked="" type="checkbox"/> De 40 a 49 <input type="checkbox"/> De 50 a 59 <input type="checkbox"/> 60 o más <input type="checkbox"/>
2. Municipio de residencia	5. Estado civil Casado <input type="checkbox"/> Soltero <input type="checkbox"/> Unión Libre <input type="checkbox"/> Viudo <input type="checkbox"/> <u>Separado</u>	6. Nivel de Estudios Ninguno <input type="checkbox"/> Primaria <input checked="" type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Técnico <input type="checkbox"/> Universitario <input type="checkbox"/>
		7. Estrato 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/>

No	ITEMS	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	¿Utiliza gran cantidad de agua en el desarrollo de sus actividades?	X				
2	¿Usted considera importante tener un acueducto dentro de la vereda?	X				
3	Esta de acuerdo con el tipo de estructura que presenta, para el consumo de agua.					X
4	Observa como es la calidad del agua antes de consumirla.					X
5	Considera que el tratamiento que le dan al agua es apropiado.					X
6	Hierve el agua que es de consumo, en su casa.					X
7	Considera que las actividades que realiza, contamina la fuente hídrica.	X				
8	Han sido capacitados en relación, al adecuado uso de la fuente hídrica.					X
9	Ha escuchado hablar de macro invertebrados.					X

Conoce los cuerpos de agua que se encuentra cerca de la vereda. Sí  No

Conoce decretos o leyes, sobre la calidad del agua Sí  No

En los últimos seis meses, ¿Ha presentado alguna enfermedad a causa del consumo del agua?  
Sí  No

¿Con que frecuencia ha presentado estos síntomas? \_\_\_\_\_

¿El IBAL ha realizado con la población de la vereda algún tipo de capacitación? Sí  No

¿Cortolima ha realizado acompañamiento frente a la intervención, realizada en el tratamiento de la fuente hídrica? Sí  No



**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD**  
**DETERMINACION BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN UN**  
**AFLUENTE (VEREDA CHARCORICO) DEL RIO COELLO**

Por favor, lea detenidamente cada ítem antes de seleccionar su respuesta.

**Marcar con una X de acuerdo a la alternativa que considere**

1. Departamento de residencia <u>Sector Planantial</u>		3. Género Femenino <input type="checkbox"/> Masculino <input checked="" type="checkbox"/>		4. Edad 20 años o menos <input type="checkbox"/> De 21 a 29 <input checked="" type="checkbox"/> De 30 a 39 <input type="checkbox"/> De 40 a 49 <input type="checkbox"/> De 50 a 59 <input type="checkbox"/> 60 o más <input type="checkbox"/>		
2. Municipio de residencia		6. Nivel de Estudios Ninguno <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Técnico <input type="checkbox"/> Universitario <input checked="" type="checkbox"/>		7. Estrato 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/>		
5. Estado civil Casado <input checked="" type="checkbox"/> Soltero <input type="checkbox"/> Unión Libre <input type="checkbox"/> Viudo <input type="checkbox"/>						

No	ITEMS	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	¿Utiliza gran cantidad de agua en el desarrollo de sus actividades?	X				
2	¿Usted considera importante tener un acueducto dentro de la vereda?	X				
3	Esta de acuerdo con el tipo de estructura que presenta, para el consumo de agua.					X
4	Observa como es la calidad del agua antes de consumirla.	X				
5	Considera que el tratamiento que le dan al agua es apropiado.					X
6	Hierve el agua que es de consumo, en su casa.	X				
7	Considera que las actividades que realiza, contamina la fuente hídrica.			X		
8	Han sido capacitados en relación, al adecuado uso de la fuente hídrica.					X
9	Ha escuchado hablar de macro invertebrados.					X

Conoce los cuerpos de agua que se encuentra cerca de la vereda. Sí  No

Conoce decretos o leyes, sobre la calidad del agua Sí  No

En los últimos seis meses, ¿Ha presentado alguna enfermedad a causa del consumo del agua?  
Sí  No

¿Con que frecuencia ha presentado estos síntomas? \_\_\_\_\_

¿El IBAL ha realizado con la población de la vereda algún tipo de capacitación? Sí  No

¿Cortolima ha realizado acompañamiento frente a la intervención, realizada en el tratamiento de la fuente hídrica? Sí  No



**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD**  
**DETERMINACION BIOLOGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN UN**  
**AFLUENTE (VEREDA CHARCORICO) DEL RIO COELLO**

Por favor, lea detenidamente cada ítem antes de seleccionar su respuesta.

**Marcar con una X de acuerdo a la alternativa que considere**

1. Departamento de residencia <u>Sector municipal</u>		3. Género Femenino <input type="checkbox"/> Masculino <input checked="" type="checkbox"/>		4. Edad 20 años o menos <input type="checkbox"/> De 21 a 29 <input type="checkbox"/> De 30 a 39 <input checked="" type="checkbox"/> De 40 a 49 <input type="checkbox"/> De 50 a 59 <input type="checkbox"/> 60 o más <input type="checkbox"/>	
2. Municipio de residencia		5. Estado civil Casado <input type="checkbox"/> Soltero <input type="checkbox"/> Unión Libre <input checked="" type="checkbox"/> Viudo <input type="checkbox"/>		6. Nivel de Estudios Ninguno <input type="checkbox"/> Primaria <input checked="" type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Técnico <input type="checkbox"/> Universitario <input type="checkbox"/>	
7. Estrato 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/>					

No	ITEMS	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	¿Utiliza gran cantidad de agua en el desarrollo de sus actividades?	X				
2	¿Usted considera importante tener un acueducto dentro de la vereda?	X				
3	Esta de acuerdo con el tipo de estructura que presenta, para el consumo de agua.			X		
4	Observa como es la calidad del agua antes de consumirla.					X
5	Considera que el tratamiento que le dan al agua es apropiado.					X
6	Hierve el agua que es de consumo, en su casa.					X
7	Considera que las actividades que realiza, contamina la fuente hídrica.					X
8	Han sido capacitados en relación, al adecuado uso de la fuente hídrica.					X
9	Ha escuchado hablar de macro invertebrados.					Y

Conoce los cuerpos de agua que se encuentra cerca de la vereda. Sí  No

Conoce decretos o leyes, sobre la calidad del agua Sí  No

En los últimos seis meses, ¿Ha presentado alguna enfermedad a causa del consumo del agua?  
Sí  No

¿Con que frecuencia ha presentado estos síntomas? \_\_\_\_\_

¿El IBAL ha realizado con la población de la vereda algún tipo de capacitación? Sí  No

¿Cortolima ha realizado acompañamiento frente a la intervención, realizada en el tratamiento de la fuente hídrica? Sí  No



**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD**  
**DETERMINACION BIOLOGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN UN**  
**AFLUENTE (VEREDA CHARCORICO) DEL RIO COELLO**

Por favor, lea detenidamente cada ítem antes de seleccionar su respuesta.

**Marcar con una X de acuerdo a la alternativa que considere**

1. Departamento de residencia <u>Sector Manantial.</u>		3. Género Femenino <input checked="" type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/>		4. Edad 20 años o menos <input type="checkbox"/> De 21 a 29 <input type="checkbox"/> De 30 a 39 <input type="checkbox"/> De 40 a 49 <input checked="" type="checkbox"/> De 50 a 59 <input type="checkbox"/> 60 o más <input type="checkbox"/>	
2. Municipio de residencia		6. Nivel de Estudios Ninguno <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input checked="" type="checkbox"/> Técnico <input type="checkbox"/> Universitario <input type="checkbox"/>		7. Estrato 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/>	
5. Estado civil Casado <input checked="" type="checkbox"/> Soltero <input type="checkbox"/> Unión Libre <input type="checkbox"/> Viudo <input type="checkbox"/>					

No	ITEMS	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Casi nunca	Nunca
1	¿Utiliza gran cantidad de agua en el desarrollo de sus actividades?	<input checked="" type="checkbox"/>				
2	¿Usted considera importante tener un acueducto dentro de la vereda?	<input checked="" type="checkbox"/>				
3	Esta de acuerdo con el tipo de estructura que presenta, para el consumo de agua.			<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Observa como es la calidad del agua antes de consumirla.	<input checked="" type="checkbox"/>				
5	Considera que el tratamiento que le dan al agua es apropiado.					<input checked="" type="checkbox"/>
6	Hierve el agua que es de consumo, en su casa.	<input checked="" type="checkbox"/>				
7	Considera que las actividades que realiza, contamina la fuente hídrica.		<input checked="" type="checkbox"/>			
8	Han sido capacitados en relación, al adecuado uso de la fuente hídrica.					<input checked="" type="checkbox"/>
9	Ha escuchado hablar de macro invertebrados.					<input checked="" type="checkbox"/>

Conoce los cuerpos de agua que se encuentra cerca de la vereda. Sí  No

Conoce decretos o leyes, sobre la calidad del agua Sí  No

En los últimos seis meses, ¿Ha presentado alguna enfermedad a causa del consumo del agua?  
Sí  No

¿Con que frecuencia ha presentado estos síntomas? \_\_\_\_\_

¿El IBAL ha realizado con la población de la vereda algún tipo de capacitación? Sí  No

¿Cortolima ha realizado acompañamiento frente a la intervención, realizada en el tratamiento de la fuente hídrica? Sí  No



### Anexo 3. Tabulación de la encuesta aplicada

**Tabla No. 17 Ítems de reconocimiento de la fuente de agua de la vereda Charcorico corregimiento del Totumo.**

Número de personas que respondieron cada ítem en cada categoría					
ITEMS	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	ALGUNAS VECES	CASI NUNCA	NUNCA
¿Utiliza gran cantidad de agua en el desarrollo de sus actividades?	5				
¿Usted considera importante tener un acueducto dentro de la vereda?	5				
Está de acuerdo con el tipo de estructura que presenta, para el consumo de agua.			2		3
Observa como es la calidad del agua antes de consumirla.	2				3
Considera que el tratamiento que le dan al agua es apropiado.					5
Hierve el agua que es de consumo, en su casa.	3				2
Considera que las actividades que realiza, contamina la fuente hídrica.	1	1	2		1
Han sido capacitados en relación, al adecuado uso de la fuente hídrica.					5
Ha escuchado hablar de macro invertebrados.					5

**Tabla No. 18** Tabulación encuestas aplicada a la población de la vereda Charcorico, corregimiento del Totumo.

<b>Preguntas</b>	<b>SI</b>	<b>No</b>
Conoce los cuerpos de agua que se encuentra cerca de la vereda.	5	
Conoce decretos o leyes, sobre la calidad del agua		5
En los últimos seis meses, ¿Ha presentado alguna enfermedad a causa del consumo del agua		5
¿El IBAL ha realizado con la población de la vereda algún tipo de capacitación?		5
¿Cortolima ha realizado acompañamiento frente a la intervención, realizada en el tratamiento de la fuente hídrica?		5

**Anexo 4. Registro fotográfico de la zona de muestreo de la Verdad Charcorico corregimiento del Totumo**



Cardona, M. (2016) Estación tres [Figura 29]



Cardona, M (2016) Estación Uno [Figura 30]



Cardona, M (2016) Estación dos [Figura 31]



Cardona, M (2016) Técnica Pincel [Figura 32]



Manrique, K (2016) Técnica Tamiz [Figura33]

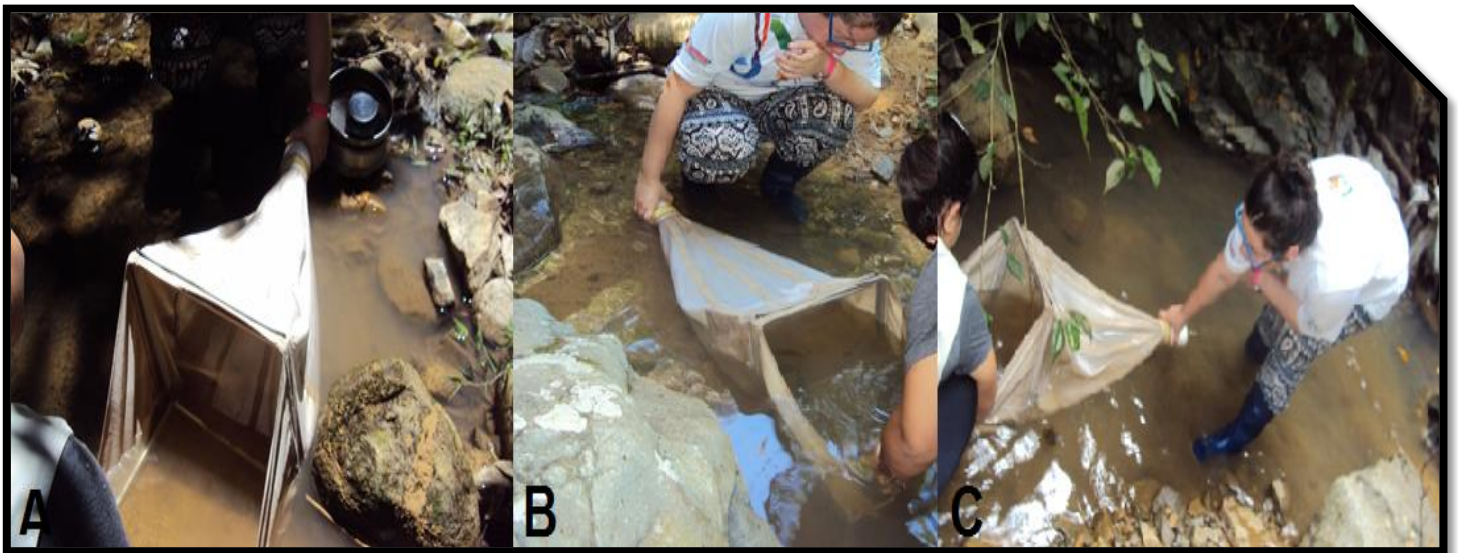


Manrique, K (2016) Técnica Red Surber [Figura 34]

**Anexo 5 Métodos de recolección de macroinvertebrados (cualitativo y cuantitativo).**



Cardona, M. (2016) Red Surber [Figura 15]



Manrique, K. (2016) Recolecta con Red surber(A) Estación 1; (B) Estación 2; (C) Estación 3 [Figura 16]



Cardona, M. (2016) Tamiz [Figura 17]



Manrique, K. (2016) Recolecta con Tamiz [Figura 18]





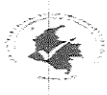



Cardona, M. (2016) Recolecta Manual [Figura 19]

**Anexo 6. Reporte de resultados de análisis químicos mes de mayo del 2016**

		<b>SITEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			Código: PS-P04-F05	
		<b>REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS - LASEREX</b>			Versión: 04	
USUARIO (persona o entidad)		Mónica Alejandra Cardona Páramo				
FECHA DE RECEPCIÓN		FECHA DE MUESTREO		FECHA DE ENTREGA		
16/05/2016		26/04/2016		02/06/2016		
TIPO DE ANALISIS		VEREDA (Finca)		MUNICIPIO		DEPARTAMENTO
Consumo Humano (PICCAP)		Charcorrico		Ibagué		Tolima
MUESTRA	209	---				OBSERVACIONES
IDENTIFICACION	Quebrada	---				---
PUNTO DE MUESTREO	---	---				---
PARÁMETROS	UNIDADES	209	---	---	---	MÉTODO ANALÍTICO
pH	0-14	7,97	---	---	---	Potenciométrico/pHMétrico
Temperatura (Lab.)	°C	---	---	---	---	Termométrico
Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> /L	19	---	---	---	Electrodo selectivo/Complexiométrico
Alcalinidad (Origen)	Expresado como mg CaCO <sub>3</sub> /L	53	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
OH <sup>-</sup>		---	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		---	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		---	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L	---	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
Conductividad Eléctrica	µS/cm	107	---	---	---	Potenciométrico/Conductimétrico
Turbidez	UNF	18,6	---	---	---	Espectrofotométrico/UV-Vis
Color	mg/L Pt/Co	133	---	---	---	Espectrofotométrico/UV-Vis
Hierro	mg/L	0,24	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Magnesio	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Calcio	mg/L	28,5	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Sólidos Totales	mg/L	40	---	---	---	Gravimétrico/Evaporación
Cloro Residual	mg/L	0,1	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Plomo	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Cadmio	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/UV
Nitritos	mg/L	<0,5	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /L	1,6	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	21	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Fosfatos	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L	0,8	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Fósforo Total	mg P/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Fenoles	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
COT	mg/L	22	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
*RESULTADO ANALISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS						
PARÁMETROS	---	---	---	---	---	MÉTODOS
Recuento Coli fecal UFC/100ml	---	---	---	---	---	Filtración por membrana
Recuento Coli total UFC/100ml	---	---	---	---	---	Filtración por membrana
UFC: Unidades Formadoras de Colonias						
Observaciones :						
1. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.						
2. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.						
Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2						
		FIRMA: NOMBRE: DIRECTOR LASEREX MAT. PROF: PQ-2316 TELEFAX: 2771212 EXT 9359				
Fecha Versión 04/ 01-Jul-2014						



Anexo 7. Reporte de resultados de análisis químicos mes de julio del 2016

		SITEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS - LASEREX				Código: PS-P04-F05
						Versión: 04
USUARIO (persona o entidad)		Mónica Alejandra Cardona Páramo				
FECHA DE RECEPCIÓN		FECHA DE MUESTREO		FECHA DE ENTREGA		
13/06/2016		13/06/2016		06/07/2016		
TIPO DE ANALISIS		VEREDA (Finca)		MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	
Consumo Humano (PICCAP)		Charcorrico- Totumo		Ibagué	Tolima	
MUESTRA		327		OBSERVACIONES		
IDENTIFICACION		Zona 2 charcorrico		---		
PUNTO DE MUESTREO		---		---		
PARÁMETROS	UNIDADES	327	---	---	---	MÉTODO ANALÍTICO
pH	0-14	7,31	---	---	---	Potenciométrico/pHmétrico
Temperatura (Lab.)	°C	---	---	---	---	Termométrico
Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> / L	83	---	---	---	Electrodo selectivo/Complejométrico
Alcalinidad (Origen)	Expresado como mg CaCO <sub>3</sub> / L	54	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
OH <sup>-</sup>		---	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		---	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		---	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L	---	---	---	---	Electrodo selectivo/Neutralización
Conductividad Eléctrica	µS/cm	418	---	---	---	Potenciométrico/Conductimétrico
Turbidez	UNF	31,6	---	---	---	Espectrofotométrico/UV-Vis
Color	mg/L Pt/Co	73	---	---	---	Espectrofotométrico/UV-Vis
Hierro	mg/L	<0,5	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Manganeso	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Magnesio	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Zinc	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Calcio	mg/L	0,026	---	---	---	Espectrofotométrico/AA
Sólidos Totales	mg/L	620	---	---	---	Gravimétrico/Evaporación
Cloro Residual	mg/L	0,1	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Plomo	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Cadmio	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/UV
Nitritos	mg/L	0,6	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /L	3	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	29	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Fosfatos	mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L	<0,2	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Fósforo Total	mg P/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
Fenoles	mg/L	---	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
COT	mg/L	17,1	---	---	---	Espectrofotométrico/Vis
*RESULTADO ANALISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS						
PARÁMETROS	327	---	---	---	---	MÉTODOS
Recuento Coli fecal UFC/100ml	6,3 <sup>3</sup>	---	---	---	---	Filtración por membrana
Recuento Coli total UFC/100ml	1,7 <sup>4</sup>	---	---	---	---	Filtración por membrana
UFC: Unidades Formadoras de Colonias						
Observaciones :						
1. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.						
2. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.						
Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2						
   		FIRMA:  DIRECTOR LASEREX NOMBRE: LUIS OVEIMAR BARBOSA MAT. PROF: PQ-2316 TELEFAX: 2771212 EXT 9359				

Anexo 8 Reportes de análisis microbiológicos

	<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>		Código: PS-P04-F08	
	<b>REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO - LASEREX</b>		Versión: 01	
USUARIO (persona o entidad)		KRIS JULY MANRIQUE		
FECHA DE RECEPCION 30/01/2017		FECHA DE MUESTREO 30/01/2017	FECHA DE ENTREGA 01/02/2017	
TIPO DE ANALISIS Microbiológico		VEREDA Charcorrico	MUNICIPIO Ibagué	
N° CONSECUTIVO		51	OBSERVACIONES	
IDENTIFICACION		---		
PUNTO DE MUESTREO		---		
<b>PARÁMETROS</b>		<b>UNIDADES</b>	<b>Número de colonias en 100 mL</b>	<b>MÉTODO ANALÍTICO</b>
Coliformes Totales		UFC	1,7 x 10 <sup>5</sup>	Filtración por membrana
Coliformes Fecales		UFC	7,8 x 10 <sup>3</sup>	Filtración por membrana
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
---		---	---	---
UFC: Unidades Formadoras de Colonias				
<b>Observaciones :</b>				
1. Los resultados encontrados son válidos únicamente para la muestra analizada. La misma fue tomada por personas ajenas al laboratorio.				
2. LASEREX no se hace responsable de la interpretación de los resultados ni de la forma como se proceda con ellos.				
<b>Certificados bajo las normas: ISO 9001:2008 SC 6996 - 2 Y GP1000: 2009 GP 168 - 2</b>				
		FIRMA: 		
		NOMBRE: DIRECTOR LASEREX		
		MAT. PROF: LUIS OVEIMAR BARBOSA JAIMES		
		TELEFAX: PQ-2316 2771212 EXT 9359		
				
GP 168-25C		6996-2CO-SC	6996-2	

### Anexo 9 Ubicación del acueducto empírico en las estaciones del muestreo



Cardona, M. (2016) Manguera del acueducto de una de la viviendas de la vereda [Figura 25]



Cardona, M. (2016)  
Manguera del acueducto  
Estación uno [Figura 26]



Cardona, M.  
(2016) Manguera  
del acueducto  
Estación dos  
[Figura 27]



Cardona, M.  
(2016) Manguera  
del acueducto  
Estación tres  
[Figura 28]

### Anexo 10 Trabajo con la comunidad



Manrique, K. (2016) Trabajo con la comunidad [Figura 35]



Manrique, K. (2016) Trabajo con la comunidad [Figura 36]