

ESTUDIO DE LOS COMPONENTES SOCIOECONÓMICOS Y LA CALIDAD DEL  
AGUA DE LA QUEBRADA LA LEJÍA (ARBELÁEZ, CUNDINAMARCA -2018)

LINA PAOLA PINZÓN RODRÍGUEZ

CÓDIGO: 363212236

CAROLINA REYES BAQUERO

CÓDIGO: 363212233

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GIRARDOT- CUNDINAMARCA

2018

ESTUDIO DE LOS COMPONENTES SOCIOECONÓMICOS Y LA CALIDAD DEL  
AGUA DE LA QUEBRADA LA LEJÍA (ARBELÁEZ, CUNDINAMARCA -2018)

LINA PAOLA PINZÓN RODRÍGUEZ

CÓDIGO: 363212236

CAROLINA REYES BAQUERO

CÓDIGO: 363212233

Trabajo de grado presentado para obtener el título de ingeniero ambiental

JACK FRAN ARMENGOT GARCÍA PÉREZ

Magister Ciencias Biológicas

Director Trabajo de grado

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GIRARDOT- CUNDINAMARCA

2018

Notas de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director del trabajo

---

Firma de jurado

---

Firma de jurado

## DEDICATORIAS

Este trabajo es dedicado a Dios porque puso en mi camino a muchas personas que siempre aportan algo para hacerme crecer cada vez más como persona, como lo es mi madre la cual me apoya en cada una de las metas que me propongo y es de esta manera que permite que escale un peldaño más en la vida.

Dedico este trabajo a Dios y a la madre naturaleza, por abrir un camino lleno de posibilidades, conocimientos, paz, amor, salud y amistad, posibilitando cumplir metas y retos, a mis padres que a diario luchan sin cesar, que con esfuerzo y dedicación me enseñaron a perseverar y cumplir los retos de este camino, a mis hermanos, amigos por ser confidentes y fortalecer este largo trayecto

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a dios y a la madre tierra por guiar y acompañar nuestros pasos, por darnos sabiduría y fuerza para avanzar y superar obstáculos.

Agradezco a mis padres por su paciencia, entrega, dedicación, comprensión, por brindarme compañía y motivación, por las enseñanzas, valores, y amor que profesan a diario, por ayudar a que este camino sea un poco más sencillo y liviano, son ellos el más grande orgullo y los benefactores de estos frutos. Lina Paola Pinzón Rodríguez

Primero quiero agradecer a Dios por poner en mi camino muchas personas que me brindaron conocimiento para culminar este peldaño en mi vida, mi hermano que me acompaña desde el cielo ya que es un motivo a salir adelante, mi madre pues es la que día a día me acompaña en la lucha apoyándome en los buenos y en los malos momentos inspirándome a ser cada vez mejor persona y a todas las personas que me aportaron algo. Carolina Reyes.

Agradecemos a la universidad por brindarnos el espacio, las herramientas, conocimientos, para desarrollarnos como personas y enfrentarnos al mundo profesional, a nuestro director y profesor Jack Fran García, quien con su conocimiento, entrega y mostrarnos una dirección nos ayudó a culminar esta meta, a todos aquellos profesores que con su ardua labor nos inspiran y motivan, al acueducto ASOCUEVER, por su tiempo y la credibilidad que depositaron en nosotras y a todos aquellos que nos acompañan a diario.

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen Ejecutivo .....	14
Introducción .....	15
Planteamiento Del Problema.....	17
Justificación .....	19
Objetivos .....	21
Objetivo General .....	21
Objetivos Específicos .....	21
Marco Referencial.....	22
Marco Teórico .....	22
Niveles Socioeconómicos.....	22
Huella Hídrica.....	22
Bioindicación.....	24
Indicadores biológicos acuáticos.....	24
Macroinvertebrados como Bioindicadores de Calidad del Agua.....	25
Método BMWP (2003).....	26
Tabla De La Calidad De Agua.....	27
Índices Ecológicos.....	28
Índice De Calidad De Agua ICA.....	30
Teorías Río Continuo.....	31
Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP).....	32
Árbol De Problemas.....	33
Marco Conceptual .....	33
Agua Residual.....	33
Calidad de agua.....	33
Biomonitoreo.....	33
Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.....	34
Nivel Socio Económico.....	37
Red Surber.....	38
Red De Patada.....	38
Síndrome De Corriente Urbana.....	38
Vertimientos.....	38

Marco Geográfico .....	38
Ubicación.....	38
Precipitación.....	40
Temperatura.....	40
Humedad Relativa.....	40
Cuencas hidrográficas.....	41
Marco Legal .....	41
Diseño Metodológico.....	48
Área De Estudio .....	48
Escala Espacial Del Estudio y Selección De Los Puntos De Muestreo.....	48
Universo, Población y Muestra .....	50
Universo.....	50
Población.....	50
Muestra.....	50
Técnicas O Instrumentos Para La Recolección De Datos .....	51
Método de análisis .....	52
Encuestas.....	52
Análisis Físicoquímico y Microbiológico.....	53
Análisis Bioindicación (Macroinvertebrados).....	54
Metodología .....	54
Resultados Y Discusión .....	59
Análisis parámetros Físicoquímicos y Microbiológico.....	59
Estadística Descriptiva De Dos Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos.....	63
Índice De Calidad De Agua (ICA).....	66
Análisis De Calidad De Agua Método BMWP/COL (Macroinvertebrados Acuáticos).....	66
Estadística Descriptiva Del Metodo BMWP/COL.....	72
Indices Ecológicos.....	75
Índice BMWP/COL para las 3 estaciones de muestreo .....	76
Relación y Análisis BMWP/Col – ICAs De Las Tres Estaciones De Muestreo En La Quebrada La Lejá.....	78
Encuesta a los habitantes de los barrios San Joaquín, Vergel, Rinconada (Arbeláez Cundinamarca) .....	80
Perfil Socioeconómico.....	80
Huella Hídrica.....	85

Relación Huella Hídrica Y Perfiles Socioeconómicos.....	86
Conclusión .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Bibliografía .....	94
Anexos .....	99



## Lista De Tablas

Tabla 1. Clase de calidad de agua, valores BMWP/Col.....	28
Tabla2. Puntaje calidad de agua .....	31
Tabla 3. Normativa.....	41
Tabla 4. Coordenadas de los barrios encuestados.....	49
Tabla 5. Coordenadas delas estaciones de muestreo en la Quebrada la Lejía.....	50
Tabla 6. Parámetros del ICA y técnica analítica.....	54
Tabla 7. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las tres estaciones de muestreo .....	63
Tabla 8. Estadística descriptiva test de Shapiro Wiils y test de Levene.....	65
Tabla 9. Análisis de clasificación de Bray Curtis.....	65
Tabla 10. Órdenes y familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la estaciones de muestreo.....	67
Tabla 11. Abundancia de familias de macroinvertebrados acuáticas presente en las estaciones de muestreo.....	72
Tabla 12. Estadística descriptiva, test de Shapiro Wills y test Levene.....	73
Tabla 13. Análisis clasificación Bray Curtis.....	74
Tabla 14. Índices ecológicos en las estaciones de muestreo de la quebrada la Lejía....	75
Tabla 15. Test Student para índices de diversidad en las tres estaciones de muestreo .....	76
Tabla 16. Puntajes y valores BMWP/Col de las tres estaciones analizadas.....	77
Tabla 17. Relación y análisis BMWP/COL e ICAs.....	79

## Lista De Figuras

Figuras 1. Representación esquemática de los componentes de la huella hídrica.....	23
Figura 2. Puntaje de la familia de macroinvertebrados acuáticos.....	27
Figura 3. Localización del municipio de Arbeláez.....	39
Figura 4. Localización quebrada la Lejía municipio de Arbeláez .....	40
Figura 5. Localización estaciones de muestreo en la Quebrada la Lejía en el Municipio de Arbeláez.....	51
Figura 6. Estaciones de muestreo en la quebrada la Lejía .....	60
Figura 7. Estaciones donde se realizaron las encuestas.....	80

## Lista De Graficas

Grafica 1.Dendograma de similaridad, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	66
Grafica 2. Dendograma de similaridad macroinvertebrados acuáticos.....	74
Grafica 3. ¿Cuál es el total de cuartos, piezas o habitaciones con que cuenta su hogar?.....	81
Grafica 4 ¿Cuántos baños completos con regadera, cisterna hay para uso exclusivo de los integrantes de su hogar?.....	82
Grafica 5. ¿En su hogar cuenta con regadera funcionando en alguno de los baños?.....	82
Grafica 6. Contando los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de techo, paredes y lámparas muro o piso, diga ¿Cuántos focos tienen en su vivienda?.....	83
Grafica 7 ¿El piso de su hogar es predominante de tierra o de cemento, o de algún otro tipo de material?.....	83
Grafica 8 ¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis tienen en su hogar?.....	84
Grafica 9 ¿La persona que aporta la mayor parte del ingreso en este hogar ¿cuál es su nivel educativo?.....	84
Grafica 10. Perfil socioeconómico del barrio Rinconada.....	85
Graficas 11 Perfil socioeconómico del barrio Vergel.....	85

Grafica 12. Huella hídrica.....	86
Grafica 13. Huella Hídrica del barrio la Rinconada.....	87
Grafica 14. Huella hídrica barrio Vergel.....	88
Grafica 15. Huella Hídrica del barrio San Joaquín.....	88

## Anexos

Anexo 1. Encuesta de perfiles socioeconómicos.....	97
Anexo 2. Encuesta huella hídrica.....	99
Anexo 3. Esquema árbol de problema.....	100
Anexo 4. Metodología BMWP/Col.....	101
Anexo 5. Protocolo de recolección de muestra parámetros ICA.....	102
Anexo 6. Metodología árbol de problemas.....	103
Anexo 7. Condiciones de las estaciones de muestreo.....	104
Anexo 8. Macroinvertebrados colectados en la quebrada la Lejía.....	108
Anexo 9. Graficas perfil socioeconómico.....	110

## Resumen Ejecutivo

El presente trabajo se desarrolló en la Quebrada la Lejía localizada en el municipio de Arbeláez departamento de Cundinamarca, con el fin de determinar los componentes socioeconómicos y la calidad del agua, a través de distintas metodologías; El primer componente se efectuó por medio de encuestas siguiendo la metodología de la regla AMAI, (2016), la cual permitió determinar los perfiles socioeconómicos, además se analizó de forma exploratoria la huella hídrica, en el nivel de viviendas urbanas (Barrio San Joaquín, la Rinconada, el Vergel) para un total de 105 personas encuestadas, donde se evidencia que el consumo de agua se liga a las condiciones socioeconómicas y por ende afectan negativamente al ecosistema, debido a la continua descarga de las aguas residuales domésticas. Para la segunda fase se establecieron tres estaciones de muestreo en la quebrada la Lejía (El Cerro Pan de Azúcar, E2. Sector Tenerife y E3. Puente Kirpalamar), estas abarcan el tramo alto, medio y bajo de la quebrada, en cada estación se tomaron 3 muestras de agua, para realizar el análisis fisicoquímico y microbiológico, con dichos resultados se determinó el ICA, por otro lado mediante la colecta de macroinvertebrados acuáticos presentes en cada estación se obtuvo el índice de calidad biológico, con los resultados obtenidos de la calidad del agua y los componentes socioeconómicos se realizó un Diagnóstico Ambiental Preliminar utilizando un árbol de problemas, priorizando las problemáticas con el fin de generar alternativas de solución.

**Palabras clave:** perfiles socioeconómicos, ICA, BMWP´COL, macroinvertebrados acuáticos.

## Introducción

Colombia dispone anualmente de 2.000 km<sup>3</sup> de agua como esorrentía y para infiltración profunda, de lo cual se consume cerca de 3.284 m<sup>3</sup>/s, ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, se presentan efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, tal es caso de la generación de aguas residuales que son vertidas a los cuerpos de agua ocasionando degradación de las mismas, cambio en el paisaje, incremento de descargas de contaminantes, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas. (Hahn et al, 2009)

El consumo básico de agua potable en Colombia es de 20 m<sup>3</sup> /vivienda-mes, equivalente a 133 litros/habitante –día y el consumo promedio de los hogares urbanos con servicio de agua potable es de 200 litros/habitante -día y de 120 litros/habitante– día para los rurales. Estas cifras superan el volumen de 80 litros mínimo necesario para la calidad de vida razonable. Dos problemas enfrenta el agua potable: a) Grandes pérdidas en su distribución y b) La deficiente calidad, de acuerdo con el informe la Contraloría, siendo el agua un recurso esencial para la vida y el desarrollo económico y social, motivo por el cual su protección resulta ser un factor de reducción de pobreza y mejora de la calidad de vida de las comunidades (Organización de las Naciones Unidas, 2003), es por ello que los municipios son los principales ejecutores de la política social del Estado y a ellos les corresponde asegurar la gestión eficiente (Ojeda y Arias, 2000).

La Microcuenca Quebrada la Lejía corresponde a la corriente más importante del municipio de Arbeláez, nace en el oriente y desemboca en el Rio Negro en la zona Occidental, cuenta con una longitud total de 20.100 m, cubre una superficie de 5.435,33

Hectáreas, con un caudal aportado de 15 L/s., según la CAR (2010) es una de las fuentes hídricas que presenta deficiencia en el cuidado del recurso

Este trabajo presenta un análisis de la calidad del agua utilizando el método BMWP/COL,(2003) y parámetros ICA en diferentes estaciones de muestreo en la Quebrada la Lejía del municipio de Arbeláez, además del análisis de encuestas para determinar los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica de forma exploratoria de los habitantes del área urbana (Barrios Vergel, Rinconada y San Joaquín) con influencia directa en el recurso hídrico, de este análisis se determinó las principales causas y efectos de la contaminación de la quebrada y así se plantearon soluciones a dichas problemáticas.



## **Planteamiento Del Problema**

La Quebrada la Lejía es el principal afluente del municipio de Arbeláez Cundinamarca, nace en la vereda Santa Bárbara y desemboca en la vereda San Roque, la cual se alimenta de 6 seis quebradas, uno de estos afluentes recibe los lixiviados de los residuos depositados en un botadero a cielo abierto ubicado en la finca el Tabor, además de presentar inestabilidad y deslizamientos lo que altera algunas características fisicoquímicas y microbiológicas del agua. (Alcaldía Municipal de Arbeláez, 2010)

Según el plan de saneamiento y manejo de vertimientos el municipio cuenta con 5 puntos de descarga, siendo la Quebrada la Lejía uno de estos, el cual se encuentra ubicado en la planta de tratamiento de agua residual, que abarca una cobertura del 50% la cual comprende la zona central del casco urbano del sistema de alcantarillado mixto (sanitario y pluvial) y actualmente el agua residual es vertida a la subcuenca sin ningún tratamiento ya que la planta no se encuentra en funcionamiento. (Alcaldía de Arbeláez, 2010)

Dentro de la delimitación de la subcuenca del río Negro se encuentran los centros urbanos y zonas rurales de los municipios de Arbeláez y San Bernardo, que en materia de saneamiento ambiental presentan deficiencia en el cuidado de los recursos hídricos por fuentes superficiales como la Quebrada la Lejía, quebrada La Honda y caño Chitato, dentro de estas la Quebrada la Lejía presenta un alto deterioro al recibir las aguas servidas a lo largo de su recorrido, sobre todo en el centro urbano de Arbeláez, sumado a las actividades agropecuarias que descargan sus vertimientos sin tratamiento y ningún control por parte de las autoridades ambientales. (CAR, 2014)

La comunidad de la vereda San Antonio sector Arenal Bajo, se abastecen de la Quebrada la Lejía la cual no es apta para consumo humano, a dicha quebrada le adjudican

enfermedades gastrointestinales por la presencia de materia fecal, por lo cual en el año 2010, se generó una acción de tutela contra la administración municipal de Arbeláez, por no brindar el servicio de agua potable. (C. Const., Sent. T-418/10)

Bajo el anterior panorama se planteó la siguiente pregunta de investigación  
¿Cómo afectan los vertimientos del agua residual de los asentamientos urbanos en la calidad del agua y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la Quebrada la Lejía?

Y las siguientes hipótesis de trabajo (H0 nula):

H0= No existe una influencia directa entre los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica (L/día) de los habitantes de los barrios objeto de estudio en la calidad del agua y en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos

## **Justificación**

Según el más reciente Estudio Nacional del Agua, ENA, revelado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), la oferta hídrica del país es seis veces superior a la oferta mundial y tres veces mayor que la de Latinoamérica. Esto quiere decir que Colombia es uno de los países del mundo con mayor cantidad de ecosistemas que producen agua (sin incluir los mares) que podría distribuirse a la población y a la industria, sin embargo la disponibilidad del recurso para los colombianos es escasa, pues cerca del 80% de la población y las actividades económicas del país están localizadas en cuencas con déficit natural de agua. (IDEAM, 2011)

Los ríos según la política nacional para la gestión de recursos hídricos son generadores de servicios que mejoran la calidad de vida de la población, juegan un valor estratégico dentro de la dinámica de país y su desarrollo económico (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2015). Así mismo el congreso de la republica busca implementar mediante la ley 373 del 1997 (la cual está en propuesta de reglamentación según convenio de asociación 487 de 2014) que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para uso eficiente y ahorro de agua, que debe elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y drenaje y demás usos del recurso hídrico.

El manejo integral de las cuencas y microcuencas son de vital importancia para la preservación de los recursos naturales presentes en estas, ya que un mal uso de estos conlleva a la generación de problemas ambientales y al agotamiento de los mismos (Londoño, Carlos, 2011).

La Quebrada la Lejía es una de las fuentes hídricas más importante por su extensión y servicios ecosistémicos que brinda al municipio de Arbeláez, pero la planeación de la gestión del recurso hídrico no es la adecuada, ya que presenta un alto deterioro en la calidad del agua

debido a las actividades antrópicas como la disposición de residuos, vertimiento de agua residual, ampliación de la frontera agrícola, actividades económicas que se desarrollan en la microcuenca, el uso inadecuado del recurso hídrico, inestabilidad del terreno, falta de conciencia y educación ambiental, sumado a esto los deficientes planes de saneamiento y manejo de vertimientos, además del no funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual municipal, es por ello que el monitoreo de la calidad del agua es fundamental para garantizar la seguridad de la misma para consumo humano y vigilar los ecosistemas evitando así, su contaminación, dichos monitoreos se realizan por medio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos y el empleo de macroinvertebrados acuáticos como indicadores los que permiten conocer la calidad y el estado del ecosistema acuático, así como el análisis de los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica de los asentamientos urbanos los que permiten relacionar como las actividades antrópicas tienen una influencia directa en el deterioro de los ecosistemas.

El desarrollo de este trabajo sirve de base diagnóstica de calidad de agua de la quebrada la Lejía y además contribuir a los objetivos del plan de saneamiento y manejo de vertimientos como lo es: establecer Programas, Proyectos y Actividades encaminadas al saneamiento de vertimientos y a lograr los objetivos de calidad establecidos por la CAR para la Cuenca del Río Sumapaz para el año 2020, también de representar una línea base en los componentes socioeconómicos e inventario de familias macroinvertebrados.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Realizar un estudio de los componentes socioeconómicos y la calidad del agua de la Quebrada la Lejía (Arbeláez, Cundinamarca)

### **Objetivos Específicos**

Definir los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica de forma exploratoria en los asentamientos urbanos (Barrios Vergel, Rinconada y San Joaquín)

Determinar la calidad del agua mediante el método BMWP/COL (2003) y la estructura comunitaria de los macroinvertebrados acuáticos por medio de índices ecológicos, en las estaciones Nacedero Cerro Pan de Azúcar, sector Tenerife y puente Kirpalamar

Analizar la calidad del agua mediante los nueve parámetros del índice de calidad de agua (ICA) en las estaciones de monitoreo (Nacedero Cerro Pan de Azúcar, sector Tenerife y puente Kirpalamar)

Realizar un Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP) de los componentes de calidad de agua y huella hídrica

Generar alternativas o estrategias de solución para pretender mitigar las problemáticas priorizadas mediante el árbol de problemas

## Marco Referencial

### Marco Teórico

**Niveles Socioeconómicos.** Creado por la Asociación Mexicana de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI, 2016), el índice de Niveles Socio Económicos (NSE) es la norma, basada en análisis estadístico, que permite agrupar y clasificar a los hogares mexicanos en siete niveles, de acuerdo a su capacidad para satisfacer las necesidades de sus integrantes en términos de: vivienda, salud, energía, tecnología, prevención y desarrollo intelectual. La satisfacción de estas dimensiones determina su calidad de vida y bienestar.

Actualmente la AMAI (2016) clasifica a los hogares utilizando la “Regla AMAI 8X7”. Esta Regla es un algoritmo desarrollado por el comité de Niveles Socio Económicos y mide el nivel de qué tan satisfechas están las necesidades más importantes del hogar. Esta Regla produce un índice que clasifica a los hogares en siete niveles, considerando ocho características o posesiones del hogar y la escolaridad de la persona que más aporta al gasto.

Las ocho variables son:

Escolaridad del jefe del hogar o persona que más aporta al gasto, Número de habitaciones  
Numero de baños completos, Número de focos, Número de autos, Posesión de regadera  
Posesión de estufa, Tipo de piso

En este documento se presentan las ocho variables que conforman el modelo para la estimación del nivel socioeconómico incluyendo la calificación que tiene cada una de ellas. (AMAI. NSE, 2016)

**Huella Hídrica.** Es un indicador del consumo y contaminación de agua dulce, que contempla las dimensiones directa e indirecta. Su concepto fue introducido por primera vez en año 2002 por el Dr. Rajen Hoekstra y desde entonces es difundido por la organización Water Footprint Network, Conceptualmente, la Huella Hídrica es un indicador

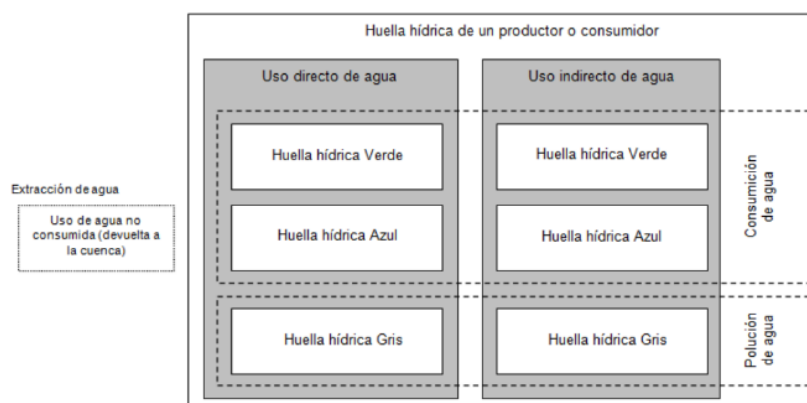
multidimensional compuesto por variables que, para su mejor entendimiento, se definen de la siguiente manera, como se muestra en la Figura 1.

**Huella Hídrica Azul.** Se refiere al consumo de los recursos hídricos azules (agua dulce), superficial o subterránea, en toda la cadena de producción de un producto. Consumo se refiere a la pérdida de agua en cuerpos de agua disponibles en la superficie o en acuíferos subterráneos en el área de la cuenca, la pérdida ocurre cuando el agua se evapora, no regresa a la misma cuenca, es dispuesta al mar o se incorpora a un producto (Hoekstra, Chapagain, Aldaya & Mekonnen, 2011).

**Huella Hídrica Gris.** Se refiere a la contaminación y está definida como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar una carga de contaminantes dados las concentraciones naturales y estándares ambientales de calidad de agua (Hoekstra, Chapagain, Aldaya & Mekonnen, 2011).

**Huella Hídrica Verde.** Se refiere al consumo de recursos de agua verdes (agua de lluvia que no se convierte en escorrentía sino que se incorpora en productos agrícolas, Satisface una demanda sin requerir la intervención humana) (Hoekstra, Chapagain, Aldaya & Mekonnen, 2011).

**Huella Hídrica Indirecta.** Se refiere al volumen de agua incorporada o contaminada en toda la cadena de producción de un producto. (Hoekstra, Chapagain, Aldaya & Mekonnen, 2011)



*Figura 1.* Representación esquemática de los componentes de la huella hídrica, denotando el uso directo e indirecto (Hoekstra, Chapagain, Aldaya & Mekonnen, 2011).

**Bioindicación.** La principal aplicación de la bioindicación está relacionada con la evaluación del impacto de la contaminación, especialmente, la referida al enriquecimiento de la carga orgánica residual y su consecuente déficit de oxígeno en corrientes superficiales de agua. Además de esto, existen tensores ambientales, como las alteraciones del régimen hidrológico, cuyo impacto también pueden ser medidos con base en bioindicadores. El principio se basa en que los factores de perturbación ambiental contribuyen a crear traumas y transformaciones de naturaleza física, química y biológica en los ambientes acuáticos ecológicamente balanceados. En consecuencia, los factores de perturbación ambiental son causa directa de pérdida total o parcial de las comunidades naturales y, por ende, de su biodiversidad. (Hernández, Y Ramírez, 2012)

**Indicadores biológicos acuáticos.** Autores como Hernández & Ramírez (2012) y Pinilla (2002), señalan que todo organismo es indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrollan, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momento determinado responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia, abundancia y ausencia, número de individuos o morfología, fisiología o comportamiento de esta taxa señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita, en especial si tales fenómenos constituyen un problema de manejo del recurso hídrico. Los indicadores biológicos se han asociado directamente a la calidad del agua.

Según Pinilla (2000) el principal uso que se le ha dado a los indicadores biológicos ha sido la detección de sustancias contaminantes, ya sean estos metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización) o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases, con miras a establecer la calidad del agua.



En adición a esta utilización primordial, existe otra serie de fenómenos que no son de origen cultural y que se pueden determinar mediante bioindicadores, como son por ejemplo: (Pinilla, 2000).

Saturación de oxígeno

Condiciones de anoxia

Condiciones de pH

Estratificación térmica y de oxígeno en la columna de agua.

Turbulencia del agua

Torrencialidad

Proceso de mezcla entre el epilimnio y el hipolimnio en cuerpos lénticos.

Eutrofización natural

Grado de mineralización del agua

Presencia de determinados elementos como hierro, sílice y calcio

Fenómenos de sedimentación

Transparencia del agua

Cambios climáticos estacionales

Cambios estructurales y sucesionales. (Pinilla, 2000)

**Macroinvertebrados como Bioindicadores de Calidad del Agua.** El grupo de macroinvertebrados acuáticos está constituido principalmente por formas bentónicas que se pueden observar a simple vista. Pertenecen a los siguientes taxones: Insecta, mollusca, oligochaeta, hirudinae y crustácea principalmente, algunas desarrollan toda su vida en el medio acuático (oligochaeta y mollusca). Otros, por el contrario, tienen una fase de su ciclo aéreo (Roldán, 2003)

Son llamados 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, estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua ya que son sensibles a las distintas alteraciones que puede sufrir el medio (alteraciones hidromorfológicas, físicas y químicas), y al usarlos en el monitoreo, se puede entender claramente el estado en que se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. (Roldan, 1999)

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados han recibido una gran atención, tanto por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores, como por el papel que desempeñan como transformadores e integradores de la materia orgánica autóctona (en hojas flotantes y en sus restos, en troncos caídos y en descomposición, en el lodo o en la arena del fondo del río, sobre o debajo de las piedras, donde el agua es más corrientosa y en lagunas, lagos, aguas estancadas, pozas y charcos). (Roldan, 1999)

Los invertebrados se encuentran entre los organismos que mejor se han adaptado a los ecosistemas fluviales, ya que viven en la mayoría de los arroyos y ríos de todo el mundo, con excepción de aquellos más efímeros o muy contaminados. Además, la densidad y diversidad de invertebrados suele ser muy elevada, habiéndose encontrado hasta un millar de especies en arroyos particularmente bien estudiados. (Gil, 2014)

**Método BMWP (2003).** Para Colombia (BMWP<sup>col</sup>). El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), desarrollado en Europa en el siglo XX, a partir de la década de los años setenta, es muy popular en Colombia y Latinoamérica, es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua a partir de macroinvertebrados, que son utilizados como indicadores biológicos, este método solo requiere llegar hasta la familia de los Macroinvertebrados colectados en el muestreo, los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la

contaminación orgánica, siendo 1 los más tolerantes y 10 los más sensibles a la contaminación. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per taxón), este es el puntaje total BMWP dividido entre el número de los taxones, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio, los valores ASPT van de 0 a 10, como se muestra en la figura 2; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicara condiciones graves de contaminación. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia. ( Roldán, 2003)

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

Figura 2. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP´COL. De acuerdo a los valores originales de BMWP (2003) y ajustados por Roldán (2003) para Colombia.

**Tabla De La Calidad De Agua.** La siguiente tabla muestra las cinco clases de calidad de agua resultantes al sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado, el total de los puntos se designa como valores BMWP´COL.

De acuerdo con el puntaje en cada situación, se califican las distintas clases de agua, asignándole a cada una de ellas un color determinado, este color es el que se usa luego para marcar los ríos y corrientes en el mapa de la región estudiada

Tabla 1. *Clases de calidad de agua, valores BMWP'COL, significado y colores para representaciones cartográficas (Roldán, 2016).*

CLASE	CALIDAD	BMWP'COL	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>150 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

La implementación y la eficacia de los programas encaminados a la evaluación de la calidad del agua a partir de organismos bioindicadores, depende en gran medida del soporte sólido de la taxonomía. Este aspecto es fundamental para garantizar la identificación correcta de los diferentes grupos que pueden suministrar la información ecológica, acerca de su respuesta con la calidad ambiental del recurso hídrico. En tal sentido, es importante aunar esfuerzos entre los diferentes grupos que estudian el tema, con el fin de elaborar una guía taxonómica adaptada a la fauna regional típica de las corrientes hídricas, con diferente nivel de deterioro ambiental (Roldán, 2016).

**Índices Ecológicos.** Han sido propuestos por ecólogos con el propósito de estimar la cantidad de especies existentes en una localidad a partir de información parcial, comparar

biológicamente diferentes localidades o evaluar el reparto de recursos entre las distintas especies de lo que suele denominarse una comunidad. Generalmente, estas herramientas metodológicas eran y son utilizadas para el estudio de conjuntos de organismos similares (taxocenosis) colectados en una serie de localidades que difieren en alguna característica ambiental. Son índices cuyos valores sirven para comparar agrupaciones biológicas de distintas localidades o fases temporales. (Moreno, 2000).

***Índice De Riqueza Margalef.*** Se define como el número de especies por número de individuos especificados o biomasa y densidad de especies, que es el número de especies por área de muestreo. Para esto se pueden utilizar ciertos índices, usando algunas combinaciones como el número de especies y el número total de individuos sumando todos los de las especies. (Orellana, 2009)

***Índice De Shannon – Weaver (1949).*** Se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). (Orellana, 2009)

***Índice De Dominancia de Simpson.*** Los índices de dominancia se basan en parámetros inversos a los conceptos de equidad puesto que toman en cuenta la dominancia de las especies con mayor representatividad, para lo cual el índice más común para utilizar es el índice de Simpson. El índice de dominancia de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat, toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa, a medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. (Orellana, 2009)

**Índice De Equidad (Pielou).** Si todas las especies en una muestra presentan la misma abundancia el índice usado para medir la de equitabilidad debería ser máximo y por lo tanto, debería decrecer tendiendo a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas. El índice de Pielou ( $J'$ ) Es una relación entre la diversidad observada y el máximo valor de diversidad esperado, varía entre cero (0) y 0.1, donde adquiere el valor de 0.1 cuando todas las especies presentan la misma abundancia. Es uno de los índices más utilizados. (Orellana, 2009)

**Índice De Calidad De Agua ICA.** El índice de calidad de agua define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este puede tener, estos índices se generan utilizando elementos básicos en función de los usos del agua, estos índices son llamados de “uso específico.” (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SNET, 2009)

Además el ICA puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad de agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua en diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo, los resultados determinan si un tramo en particular de dicho río es saludable o no. (SNET, 2009)

El ICA es un número único, el cual es una agregación de diferentes condiciones físicas, químicas y en algunos casos microbiológicas del cuerpo de agua, el cual expresa la calidad del recurso hídrico (Torres, Cruz, y Patiño, 2009), y da indicios de los problemas de contaminación, mediante la integración de determinados parámetros de calidad de agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014).

La NSF realizó un estudio un estudio para determinar el valor del ICA, en un punto deseado con base en nueve (9) parámetros que intervienen en la determinación del ICA, los cuales son:

Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)

pH (en unidades de pH)

Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)

Nitratos (NO3 en mg/L)

Fosfatos (PO4 en mg/L)

Temperatura (en °C)

Turbidez (en UNT)

Sólidos disueltos totales (en mg/ L)

Oxígeno disuelto (OD en % saturación) (SNET, 2009)

Consecuentemente, un índice de calidad de agua es una herramienta comunicativa para transmitir información. (Universidad de Pamplona, 2006)

Según Water Research Center, 2017, categoriza la calidad del agua por medio de rangos como se muestra a continuación

Tabla 2 *Puntajes calidad del agua ICA*

Característica	Puntaje
Excelente	90-100
Bueno	70-89
Medio	50-69
Malo	25-49
Muy malo	0-24

Fuente: (Water Research Center, 2017)

**Teorías Río Continuo.** Según Vannote et al. (1980) El concepto del río como un continuo propone que mediante el entendimiento de los gradientes físicos, formados en la red de drenaje, se reconozcan las estrategias biológicas de las especies para su establecimiento a lo largo del sistema y tiene en cuenta la entrada de energía, transporte de materia orgánica, reserva y uso por parte de grupos funcionales de alimentación que a su vez pueden ser

regulados por procesos fluviales y geomorfológicos. El cuerpo de los ríos, desde su cabecera hasta su desembocadura no se presenta como un sistema homogéneo, ya que su nacimiento y el desarrollo del mismo a través de un área es totalmente diferente entre sus partes. Esta observación es la base de la teoría del río como un continuo. (Vannote et al. 1980) en donde las variables fisicoquímicas dentro del río presentan un gradiente continuo de condiciones (Pérez, 2011).

De esta manera las implicaciones de este concepto incluyen que desde las cabeceras hasta las desembocaduras de los ríos se presenta un gradiente continuo de variables como la profundidad, la amplitud, la velocidad, la temperatura, el flujo de volumen y aumento de la entropía, en donde el desarrollo de la organización biológica se conforma funcional y estructuralmente como patrones de disipación de energía cinética de los sistemas físicos (Vannote, 1980, Citado en Pérez, 2011).

Según el concepto que describe principalmente comunidades de macroinvertebrados, en las cabeceras los de tipo colector y fragmentador se refleja la importancia de la materia orgánica proveniente de las zonas riparias; con el aumento de orden y reducción de detrito son los colectores los que se mantienen y se tornan dominantes. En cuanto a las comunidades de peces, existe un cambio en la composición de especies en función del orden de magnitud del río respecto a sus hábitos alimentarios, en los riachos predominan los invertívoros, mientras que en la parte media y desembocadura predominan los peces piscívoros y planctívoros, lo que refleja la naturaleza semi-léntica de las aguas. (Vannote, 1980 Citado en Pérez, 2011)

**Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP).** Está basado en los resultados del Programa de Monitoreo y otras fuentes de información disponibles, y debe incluir la identificación de los problemas y efectos del deterioro ambiental y sus posibles alternativas de solución, priorizando la aplicación de medidas de Prevención de la Contaminación (PC) para reducir



y/o eliminar la toxicidad/volumen de las fuentes de emisión de contaminantes. Se deben identificar los impactos ambientales y luego de la evaluación se otorgará a cada uno la calificación correspondiente, lo que dependerá de diversos factores como la naturaleza, localización y tamaño de la actividad en curso. (Carvajal, 2015)

**Árbol De Problemas.** Es un diagnostico que identifica las causas de un problema central, el problema central y los efectos generados por este problema. Un problema es un estado negativo existente, en cuanto el problema central es aquel que mayormente describe la situación, una causa es la condición actual en términos de niveles negativos y un efecto es una modificación relacionada con la problemática central. (Villamizar, R. 2016)

### **Marco Conceptual**

**Agua Residual.** Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2014).

**Calidad de agua.** Es entendida como la condición del agua con respecto a la presencia o ausencia de contaminación y se determina por acciones de valoración y monitoreo, estos términos con frecuencia son confundidos y se usan como sinónimos, por lo que es necesario realizar una diferenciación entre estos. La valoración corresponde a la naturaleza, química, física y biológica del agua con relación a la calidad natural de esta. El monitoreo está inmerso dentro de la valoración como la principal herramienta para definir la condición del recurso hídrico valorado. (Ministerio de vivienda, 2012)

**Biomonitoreo.** Es un conjunto de técnicas en la reacción y sensibilidad de distintos organismos vivos a diversas sustancias contaminantes presentes en el ambiente. En otras palabras, es la evaluación de los efectos deletéreos de una sustancia tóxica sobre ciertos organismos, así, la toxicidad de un compuesto se mide a través de diferentes parámetros

biológicos, como las alteraciones en el desarrollo y en funciones vitales, entre otros parámetros. La evaluación de contaminación por biomonitoreo puede realizarse de dos modos:

- Mediante el estudio de los efectos sobre los organismos indicadores preexistentes en el ecosistema de interés.
- Mediante la toma de muestras del ambiente de interés y el análisis en el laboratorio de la presencia de contaminantes sobre organismos indicadores modelo. (Segretin, M. s.f)

Contaminación del agua. Cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tenga un efecto negativo en ésta, en los seres vivos que habitan en ella o que la consumen, es considerada contaminación hídrica (Universidad católica de Chile, 2014).

**Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.** Son características del agua que en grandes cantidades presenta afectaciones negativas en la salud y en la economía, las más relevantes son:

**Coliformes Totales.** Los Coliformes totales, se encuentran con más frecuencia en el medio ambiente, pueden estar en el suelo y en las superficies del agua dulce, por lo que no son siempre intestinales, su identificación en estas fuentes sugiere fallas en la eficiencia del tratamiento y la integridad del sistema de distribución. La *Escherichia Coli* forma la mayor parte de la flora comensal aerobia y anaerobia facultativa del tubo digestivo, y se elimina por las heces al exterior, por lo tanto, no es infrecuente que se encuentre en el medio ambiente, donde son capaces de sobrevivir durante cierto tiempo en el agua y los alimentos, de manera que su aislamiento constituye un indicador de contaminación fecal reciente. Puede intervenir en procesos patológicos como la producción de cuadros intestinales, diarreas e infecciones extra intestinales diversas. La prueba de Enzima – sustrato definido se fundamenta en la actividad enzimática de los Coliformes totales y los Coliformes fecales. (*E.coli*) (Carrillo, Lozano, 2008)

**pH.** El término pH es una forma de expresar la concentración de ion hidrógeno o, más exactamente, la actividad del ion hidrógeno. En general se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o la alcalinidad total. En el suministro de aguas es un factor que debe considerarse con respecto a la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión. En las plantas de tratamiento de aguas residuales que emplean procesos biológicos, el pH debe controlarse dentro de un intervalo favorable a los organismos. Tanto por estos factores como por las relaciones que existen entre pH, alcalinidad y acidez es importante entender los aspectos teóricos y prácticos del pH. (Afanador, 2007)

**Oxígeno Disuelto.** El oxígeno disuelto (OD) es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida aerobia. No obstante, el oxígeno es ligeramente soluble en el agua, la cantidad real de oxígeno que puede estar presente en la solución está determinada por a) la solubilidad del gas, b) la presión parcial del gas en la atmósfera, c) la temperatura, y d) la pureza del agua (salinidad, sólidos suspendidos). (Gaitán, 2004)

**Temperatura.** Las interpretaciones de temperatura son usadas en el cálculo de las formas varias de alcalinidad, en estudios de la saturación y la estabilidad con respecto a carbonato de calcio, en el cálculo de la salinidad, y en las operaciones del laboratorio generales. En estudios limnológicos, las temperaturas del agua como una función de la profundidad son requeridas a menudo. Temperaturas elevadas que resultarían de las bajas del agua acalorada podrían tener impacto ecológico importante, la identificación de la fuente de la provisión de agua, como pozos hondos, es posible a menudo por las mediciones de temperatura a solas. (Vargas, 2004)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno – 5 días (DBO5).** La oxidación microbiana o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituye una de las demandas de oxígeno, ejercida por los

microorganismos heterotróficos, que hay que cuantificar. Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales es el ensayo de DBO a cinco días, esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable. La DBO, como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables. (Rodríguez, 2007)

**Nitratos.** La técnica de monitoreo espectrofotométrico ultravioleta (UV) mide la absorbancia del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) a 220 nm y es adecuada para la determinación rápida de ( $\text{NO}_3^-$ ) y el monitoreo de aguas con bajo contenido de materia orgánica, como aguas naturales sin contaminar y fuentes de agua potable. Debido a que la materia orgánica disuelta también puede absorber a 220 nm y a que el ( $\text{NO}_3^-$ ) no absorbe a 275 nm, se usa una segunda medición a 275 nm para corregir el valor de ( $\text{NO}_3^-$ ). La aplicación de esta corrección empírica está relacionada con la naturaleza y concentración de materia orgánica y puede variar de una muestra a otra. Consecuentemente, este método no es recomendado si se requiere una corrección significativa para absorbancia de materia orgánica, aunque puede usarse en el monitoreo de niveles de ( $\text{NO}_3^-$ ) en un cuerpo de agua con un tipo constante de materia orgánica. (Vargas, 2004)

**Fosfatos.** El fósforo se encuentra en aguas naturales y residuales casi exclusivamente como fosfatos, los cuales se clasifican en orto fosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta-, y otros poli fosfatos) y fosfatos orgánicos. El análisis de fósforo envuelve dos pasos generales: (a) conversión de la forma de fósforo de interés a orto fosfato disuelto, y (b) determinación

colorimétrica del orto fosfato disuelto. El fósforo disuelto se determina en el filtrado de una muestra pasada a través de un filtro de 0,45 µm de diámetro de poro. (Vargas, 2004)

**Sólidos Totales.** Los sólidos son materiales suspendidos y disueltos en el agua, pueden afectar negativamente a la calidad del agua o al suministro de varias maneras. Las aguas altamente mineralizadas no son adecuadas para muchas aplicaciones industriales o incluso resultan estéticamente insatisfactorias para bañarse. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamientos biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento. El contenido de materia en suspensión es muy variable según los cursos de agua, para cada uno de ellos está en función de la naturaleza de los terrenos atravesados, de la estación, la pluviometría, los trabajos, los vertimientos etc. (Carpio, 2007)

**Turbidez.** La turbiedad en el agua es causada por materia suspendida y coloidal tal como arcilla, sedimento, materia orgánica e inorgánica dividida finamente, plancton y otros microorganismos. La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida en vez de transmitida sin cambios en la dirección del nivel de flujo a través de la muestra, en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. A mayor intensidad de dispersión de la luz, la turbiedad será mayor. (Vargas, 2004)

**Nivel Socio Económico.** No es una característica física y fácilmente informable sino que se basa en la integración de distintos rasgos de las personas o sus hogares, cuya definición varía según países y momentos históricos. Así lo muestran las muchas conceptualizaciones sobre “niveles socioeconómicos”. (The New Dictionary of Cultural Literacy, Third Edition. 2002). Lo refiere como la posición de un individuo/hogar dentro de una estructura social jerárquica. La National Center for Educational Statistics, la define como una medida de la posición relativa económica y social de una persona/hogar. Así también, la Center for

Research on Education, Diversity and Excellence, la presenta como la medida del lugar social de una persona dentro de un grupo social, basado en varios factores, incluyendo el ingreso y la educación. (Vera, y Vera, 2013)

**Red Surber.** Es una técnica cuantitativo que consiste en atrapar macroinvertebrados con una red sujeta a un marco metálico, que abierta tiene forma de L, removiendo el fondo del río, se utiliza en ríos de poca profundidad, con corrientes más o menos torrentosas y fondo de piedras pequeñas, donde el nivel del agua no supere los 45 cm, no es recomendado realizar donde el agua este tranquilo y el fondo sea de arena o lodo. (Carrera, y Fierro, 2001)

**Red De Patada.** Es una técnica que consiste en atrapar macroinvertebrados, removiendo el fondo del río, se llama de patada porque mientras uno de los miembros de la pareja da patadas, removiendo el fondo, la otra coloca la red río abajo para atraparlos, se utiliza en ríos medianamente torrentosos por los que se puede caminar, y poseen cualquier tipo de sustrato (fango, hojas, troncos, piedras etc.). (Carrera, y Fierro, 2001)

**Síndrome De Corriente Urbana.** Es un rasgo observado consistentemente de urbanización caracterizado por una alta concentración de nutrientes y contaminantes, alteración de la morfología corriente, el aumento de la dominación de las especies dominantes, y la disminución de la biodiversidad, las dos causas principales del síndrome de corriente urbana son escurrimiento de aguas pluviales y la planta de tratamiento de efluentes de aguas residuales. (Dorado, 2015)

**Vertimientos.** Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido (Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible, 2015).

## **Marco Geográfico**

**Ubicación.** El municipio de Arbeláez se encuentra localizado en la parte suroeste del departamento de Cundinamarca, como partícipe de la denominada Provincia del Sumapaz, a

una distancia de la capital de la república de 82 Km, tiene una extensión de 151 km<sup>2</sup>, representadas en un territorio urbano y diez (10) veredas a saber: El Salitre, Hato Viejo, San Antonio, San José, San Luis, San Miguel, San Patricio, San Roque, Santa Bárbara y Santa Rosa. Con una temperatura media de 20°C, localizado a una altitud media de 1.417 m.s.n.m. La población está distribuida de la siguiente forma: 4.627 habitantes en la parte urbana y 6.728 en la rural, con una densidad promedio de 75.1 habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km<sup>2</sup>), equivalentes a 0,74 habitantes / hectárea (ha/Ha). (Alcaldía de Arbeláez, 2008)

Límites del municipio:

Norte: Fusagasugá y con el municipio de Pasca y el Distrito Capital.

Oriente: Municipio de Pasca y el Distrito Capital.

Sur: Municipios de San Bernardo y Pandi y el Departamento del Tolima

Occidente: con el municipio de Pandi) (Alcaldía de Arbeláez, 2008).

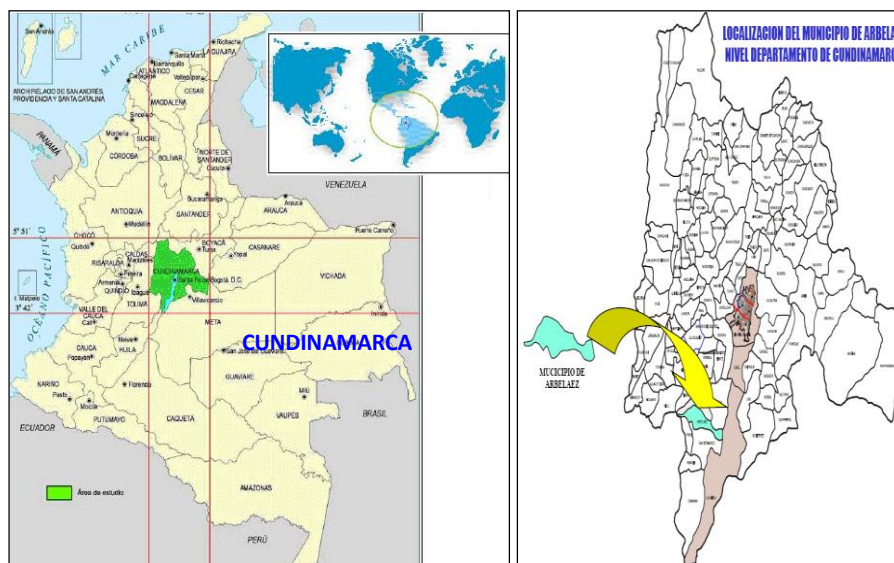


Figura 3. Localización del Municipio de Arbeláez. (Alcaldía de Arbeláez, 2008, p.25)

El cauce principal de la cuenca de la Quebrada La Lejía, la cual nace en la vereda Santa Bárbara sector San Rafael a 2242 m de altitud y recorre 20100 m hasta unirse a la quebrada la Lejía y seguir su recorrido al río Negro ubicado a 875 m de altitud

La Quebrada la Lejía es el principal afluente del municipio de Arbeláez Cundinamarca, su nacimiento en la vereda Santa Bárbara y desembocando en la vereda San Roque, se alimenta por la Quebrada Dantones, la Arenosa, Loma, Mal Paso, San José, Zanjón y los Pozos.

(Alcaldía municipal de Arbeláez, 2010)

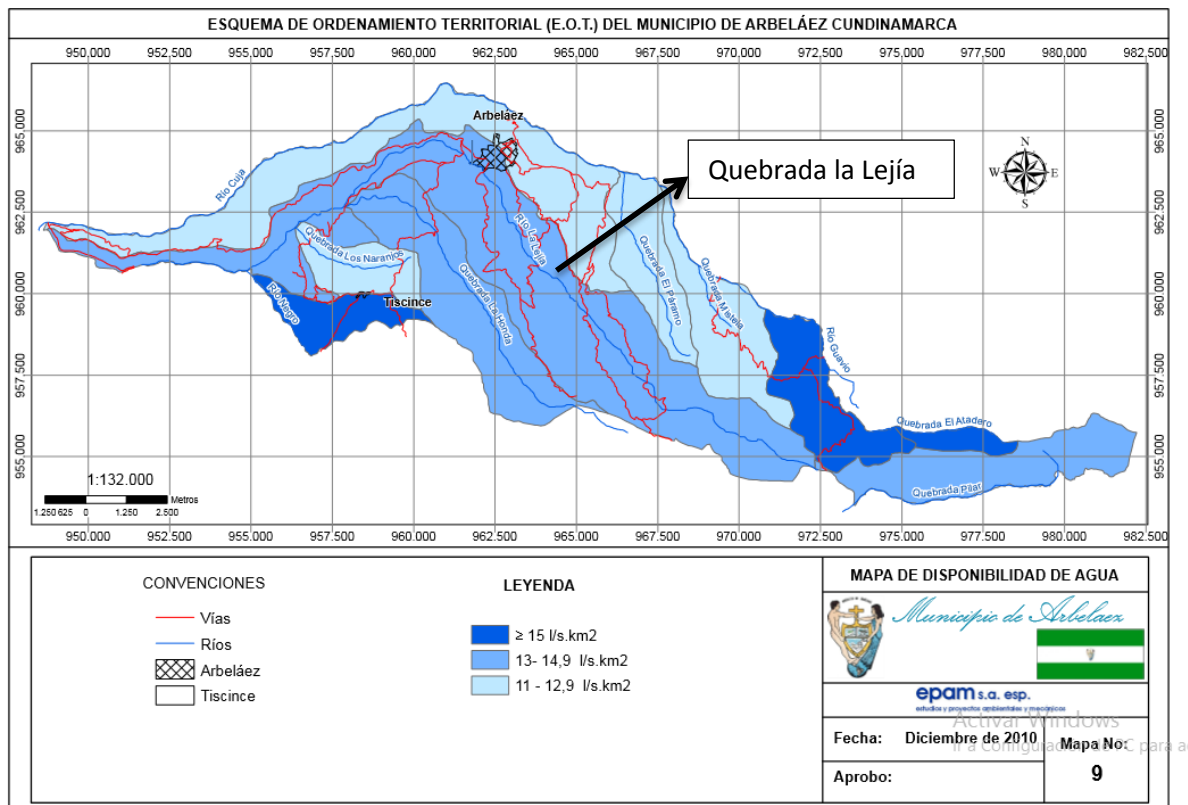


Figura 4. Localización, quebrada la Lejía municipio de Arbeláez.

**Precipitación.** Según el mapa de Isoyetas generado a partir de la información de las estaciones de la cuenca, se establece que para Arbeláez el valor de la precipitación se encuentra entre 1200 y 1400 mm. (Alcaldía de Arbeláez, 2008).

**Temperatura.** El municipio de Arbeláez presenta un valor de temperatura entre 20°C y 23°C. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la región presenta condiciones de clima templado (Alcaldía de Arbeláez, 2008).

**Humedad Relativa.** La humedad relativa media mensual, presenta una distribución temporal de tipo uniforme, fluctuando alrededor del 84%, presentando los valores más altos



en los meses de abril mayo y junio, en el primer semestre del año y octubre y noviembre en el segundo, siendo los meses de mayo y diciembre, los más húmedos, con registros del 83% y 88% respectivamente. Los valores más bajos, se observan en los meses de julio y agosto, observándose a agosto como el que presenta el menor registro, con un valor del 77%. El valor promedio anual es de 84%. El valor máximo es de 88% y el mínimo de 80%. (Alcaldía de Arbeláez, 2008)

**Cuencas hidrográficas.** La red hidrográfica del municipio se ubica dentro de la hoya hidrográfica del Río Sumapaz y las cuencas de los ríos Cuja y Negro. Dentro la cuenca del río Negro se ubica las microcuencas de la quebrada La Legía y la Quebrada Hato. En la cuenca del río Cuja se encuentra la microcuenca del sector Alto del río Guavio. La Cuenca del Sumapaz es fuente hídrica colectora cuaternaria de importancia en el nivel regional. Su principal afluente en la jurisdicción es el Río Pagüey, de tercer orden, el cual es alimentado por la vertiente oriental de los cerros San Alberto. Tiene también importancia como afluente la zanja El Cigarro, de Segundo orden, generada en la vertiente occidental de los mismos cerros. Confluyen a él, también, numerosos caños de invierno, con drenajes de tipo paralelo. La Cuenca del Magdalena recibe las aguas del Sumapaz en el municipio de Ricaurte. (Plan de saneamiento y manejo de vertimientos – PSMV cuenca río de Sumapaz, 2010)

### Marco Legal

Tabla 3. *Normativa*

TIPO	N°	FECHA	PROPÓSITO
CONSTITUCIÓN POLITICA NACIONAL		1991	Estableció un conjunto de deberes ambientales a cargo del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
			Incluyen la expedición de la ley 99 del 1993: creación

---

Ministerio de medio ambiente.

Encargo al Instituto Alexander Von Humboldt (IAVH) realizar la investigación sobre los recursos genéticos y levantar el inventario científico de la biodiversidad en el país y creo el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico.

Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas (Corte constitucional, 2015).

---

---

POLÍTICA  
NACIONAL

2010

Para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) que establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, en un horizonte de 12 años.

Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006-2010 “Estado Comunitario: Desarrollo para Todos”, que en su capítulo 5 “Una gestión ambiental y del riesgo que promueva el desarrollo sostenible” incorporó como una de sus líneas de acción, la denominada gestión integral del recurso hídrico (GIRH). Este componente plantea el reto de garantizar la sostenibilidad del recurso, entendiendo que su gestión se deriva del ciclo hidrológico que vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes componentes naturales y antrópicos. El PND estableció además que se requiere abordar el manejo del agua como una estrategia de carácter nacional desde una perspectiva ambiental e integral que recoja las particularidades de la diversidad regional y las potencialidades de la participación de actores sociales e institucionales.

---

---

ACUERDO MUNICIPAL	3	2000	<p>La GIRH y estará orientado a un desarrollo especial para los sectores productivos definiendo los instrumentos para regular la oferta y la demanda del recurso hídrico para garantizar el uso sostenible del agua y contribuir a la calidad de vida de la población y al desarrollo armónico de las actividades (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010).</p>
			<p>Por el cual se adopta el Esquema de Ordenamiento Territorial para el Municipio de ARBELAEZ, se definen los usos del suelo para los diferentes sectores de las zonas rural y urbana, se establecen las reglamentaciones urbanísticas correspondientes, la estructura ambiental y la estructura vial en las zonas urbanizables o zonas de expansión y se complementan y establecen los instrumentos necesarios para la gestión de un desarrollo urbano y rural integral, ordenado y equitativo de las zonas de expansión y conservación en el municipio. (Alcaldía de Arbeláez, Concejo municipal, 2000)</p>
LEY	99	1993	<p>Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional</p>

---

---

			Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones (Congreso de la república, 1993).
LEY	1454	2011	Reglamentada por el decreto nacional 3680 de 2011 por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones (Alcaldía de Bogotá, 2011).
LEY	165	1994	Por medio de la cual se aprueba el “convenio sobre la Diversidad Biológica” hecho en Rio de Janeiro el 5 de junio de 1992 (Alcaldía de Bogotá, 1994).
LEY	09	1979	Código sanitario. (Alcaldía de Bogotá, 1979)
DECRETO –LEY	2811	1974	Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Secretaria general de la nación, Alcaldía de Bogotá, 1974).
DECRETO	475	1998	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable (Alcaldía de Bogotá, 1998).
DECRETO	1729	2002	Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5o. de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones (Ministerio de medio ambiente, 2002).
DECRETO	1640	2012	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las

---

---

			cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2012).
DECRETO	2811	1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Alcaldía de Bogotá, 1974).
DECRETO	1449	1977	Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática (Alcaldía de Bogotá, 1977).
DECRETO	2857	1981	Ordenación y protección de cuencas hidrográficas (Alcaldía de Bogotá, 1981).
DECRETO	1575	2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano (Ministerio de la protección social, 2007).
RESOLUCIÓN	2115	2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (Ministerio de la protección social Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2007).
DECRETO	3930	2010	En cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010).

---

---

DECRETO	2105	1983	Reglamenta parcialmente la Ley 09 de a 1979 sobre potabilización y suministro de agua para consumo humano (Ministerio de salud, 1983).
DECRETO	1541	1978	Por el cual se reglamenta la parte III del libro II del Decreto Ley 2811 de 1974; De las aguas no marítimas» y parcialmente la Ley 23 de 1973. Normas relacionadas con el recurso agua. Dominio, ocupación, restricciones, limitaciones, condiciones de obras hidráulicas, conservación y cargas pecuniarias de aguas, cauces y riberas. (Ministerio de agricultura, 1978)
MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA LA TOMA, PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL ANÁLISIS EN LABORATORIO		2011	Contiene elementos básicos que deben tener en cuenta los técnicos y operarios de las Personas Prestadoras del servicio de acueducto y las autoridades sanitarias, para el Establecimiento y realización de programas de monitoreo de calidad del agua para consumo humano (Instituto nacional de salud, 2011).
PLAN DE		2010	Busca encauzar programas, proyectos, actividades

---

---

SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS DEL MUNICIPIO DE ARBELÁEZ	necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de las aguas residuales domésticas, para lo cual, cuenta con un plan de acción a diez años, estableciendo metas de corto (0-2 años), mediano (2-5 años) y largo plazo (5-10 años), en donde se contempla la descontaminación y el tratamiento de los vertimientos. (Alcaldía de Arbeláez, 2010)
--	---

---

Fuente: Autores

### **Diseño Metodológico**

#### **Área De Estudio**

El área de estudio es el cauce principal de la cuenca de la Quebrada La Lejía, ubicada en el municipio de Arbeláez Cundinamarca, la cual nace en la vereda Santa Bárbara sector San Rafael a 2242 m de altitud primera estación de muestreo y recorre 20100 m hasta llegar al puente Kirpalamar a 1259 m de altitud tercera estación de muestreo, metros abajo de la planta de tratamiento de agua residual.

La Quebrada la Lejía es el principal afluente del municipio de Arbeláez Cundinamarca, su nacimiento en la vereda Santa Bárbara y desembocando en la vereda San Roque, se alimenta por la Quebrada Dantones, la Arenosa, Loma, Mal Paso, San José, Zanjón y los Pozos.

(Alcaldía municipal de Arbeláez, 2010)

#### **Escala Espacial Del Estudio y Selección De Los Puntos De Muestreo**

El estudio se llevó a cabo en los meses de febrero y abril del año 2018, se realizaron encuestas en tres barrios, con incidencia en la quebrada, (Tabla 4)(Figura 5) para determinar los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica de la población además también se realizó un



campana de muestreo para todos los análisis tanto de macroinvertebrados como parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, ya que como propósito es determinar la calidad del agua en la quebrada, se determinaron tres puntos de muestreo, los cuales se fijaron teniendo en cuenta el tramo alto, medio y bajo de la fuente hídrica, estación 1 (tramo alto) Nacedero Cerro Pan de Azúcar, estación 2 (tramo medio) Sector Tenerife y estación 3 (tramo bajo) Puente Kirpalamar, todos los puntos fueron georreferenciados con GPS Móvil Garmin Etrex.(Tabla 5)(Figura 5)

Tabla 4 *Coordenadas de los barrios encuestados*

Nombre del barrio	Altitud (msnm)	Coordenadas
Rinconada	1275-1365	N 04°16'10,1" W 074°25'11.1"
San Joaquín	1311 - 1354	N 04°16' 16" W 074°25'00"
Vergel	1349 - 1361	N 04°16'15,2" W 074°24'57,4"

Fuente: Autores

Tabla 5 *Coordenadas de las estaciones de muestreo en la Quebrada la Lejía*

Estación de muestreo	Nombre de la estación	Altitud (msnm)	Coordenadas
E1	Nacedero Cerro Pan de Azúcar	2242	N 04°12'55.6" W 074°22'53.7"
E2	Sector Tenerife	1561	N 04°14'59.3" W 074°24'32.1"

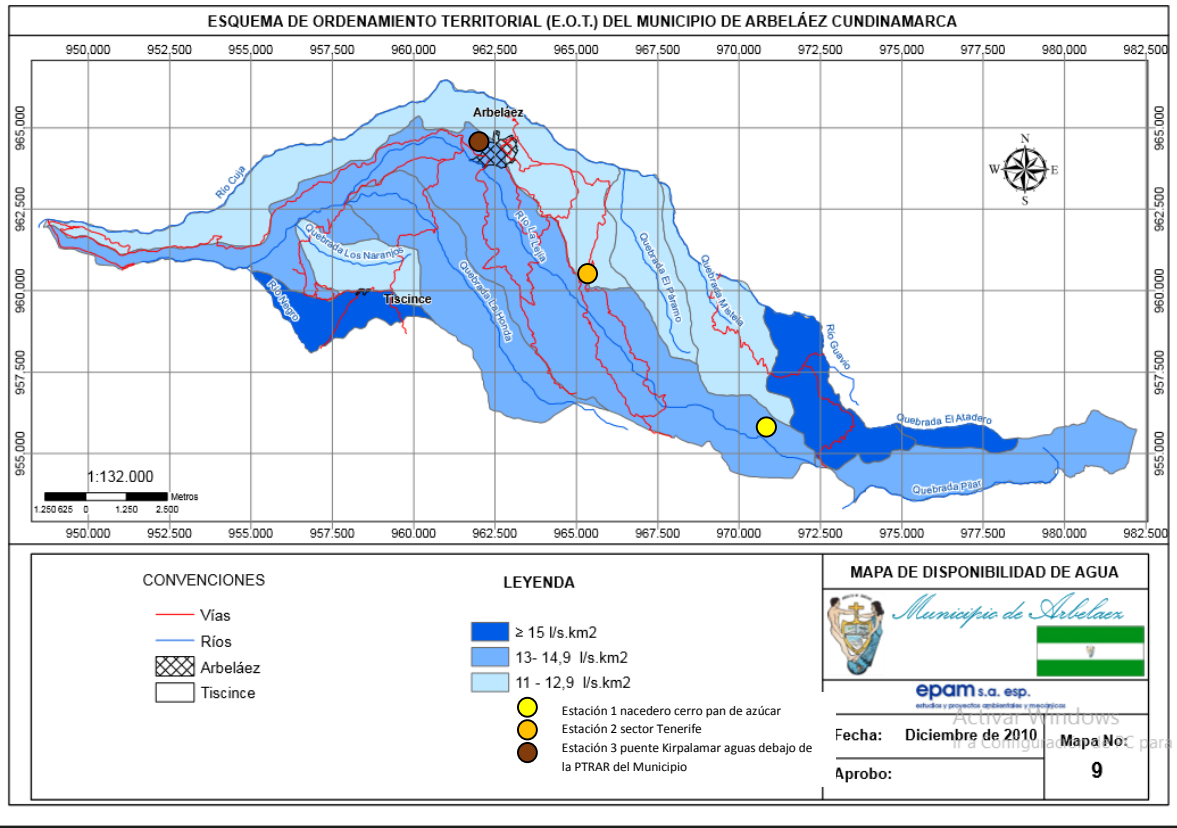


Figura 5. Localización, estaciones de muestreo de la Quebrada la Lejía municipio de Arbeláez.

### Universo, población y muestra

**Universo.** Comunidad de Arbeláez según el DANE 2005 cuenta con 11355 habitantes.

**Población.** Sector urbano habitantes con incidencia en la quebrada la Lejía, barrios San Joaquín, La Rinconada, El Vergel, para las cuales según la oficina de servicios públicos (2017) cuentan con una población de 80, 57 y 33 habitantes respectivamente, comunidades de macroinvertebrados.

**Muestra.** Se encuestaron 105 personas de los tres asentamientos urbanos, para determinar los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica litro por habitante al día

Se estimara un tamaño muestral mediante la fórmula de Hidalgo, (1988) para el cual se tomara como referencia la población de los tres asentamientos del sector urbano que tienen influencia directa en la quebrada la Lejía, (Barrio San Joaquín, La Rinconada, El Vergel) en donde se utilizaran encuestas para determinar los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica litro por habitante al día

Tres (3) estaciones de muestreo para la colecta de macroinvertebrados acuáticos con el fin de obtener la evaluación BMWP/ COL. Las estaciones son:

Estación 1: Nacedero Cerro Pan de Azúcar

Estación 2: Sector Tenerife

Estación 3: Puente Kirpalamar

En las 3 estaciones se tomará una muestra de agua en conjunto, con el fin de determinar los 9 parámetros estándar para el índice de calidad de agua (ICA).

### **Técnicas o instrumentos para la recolección de datos**

Para establecer los perfiles socioeconómicos se empleó una encuesta dirigida a las familias de cada barrio con influencia directa en la quebrada la Lejía, la cual consta de 8 preguntas con relación a su hogar y economía, ver (Anexo 1), para un total de 105 personas encuestadas, la cuantificación se realizara mediante análisis estadístico descriptivo

Para determinar la huella hídrica de cada habitante/día se efectuó una encuesta que consta de 13 preguntas abiertas sobre el uso del agua en las actividades diarias de una persona, ver (Anexo 2), que luego por medio de hojas de cálculo Excel se realizó la cuantificación y tabulación para su interpretación y análisis.

Para el método BMWP/COL (2003) se realizaron biomonitoreos empleando diferentes técnicas de colecta: manual, red de patada y una red surber, para la muestra de macroinvertebrados fue necesario frascos de vidrio y plástico con alcohol al 75%, además de pinceles y pinzas para su recolecta, se realizó un inventario de familias, clasificándolas y

dándole su respectivo puntaje según la metodología propuesta por Roldan (2003), se utilizó el software Past Program para determinar los índices de estructuras comunitarias, junto a esto se realizó estadística descriptiva.

Para el ICA se tomó tres muestras en las estaciones tres estaciones Nacedero Cerro Pan de Azúcar, sector Tenerife y Puente Kirpalamar, en donde se analizaron 9 parámetros ICA por estación: coliformes totales, DQO, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez y pH, por medio de envases de vidrio esterilizado para toma de muestra microbiológica, envases de vidrio color ámbar de 750 ml con conservante y envase de plástico de aproximadamente 1 L para parámetros físicos, los nueve envases fueron rotulados de acuerdo al punto de muestro y parámetro a analizar junto con otras indicaciones sugeridas por el laboratorio.

Para el diagnóstico ambiental preliminar se utilizó un árbol de problemas ver (Anexo 3) donde se identifican las causas, problemas y efectos, teniendo como base los datos obtenidos de la calidad del agua, perfiles socioeconómicos y la huella hídrica.

### Método de análisis

**Encuestas.** Se utilizó la Formula de Hidalgo y Argoty (1988): para determinar el tamaño muestral de encuestas, Aplicando la fórmula expuesta

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

Dónde

$p \times q = 0,25$  (que corresponde a la probabilidad de acierto y fracaso).

$e = 5\%$  (porcentaje de error estimado).

$z = 1,96$  (correspondiente a una confianza del 95%).

$N =$  número de familias por vereda. (Arévalo, Bacca, Soto, 2014, p.143).

$$n = \frac{33*(1,96)^2*0,25}{\sqrt{(33-1)(0,05)^2+(1,96)^2*0,25}} = \frac{31,69}{1,02} = 31,06 \text{ Vergel}$$

$$n = \frac{57 \cdot (1,96)^2 \cdot 0,25}{\sqrt{(57-1)(0,05)^2 + (1,96)^2 \cdot 0,25}} = \frac{54,74}{1,04} = 52,63 \text{ Rinconada}$$

$$n = \frac{80 \cdot (1,96)^2 \cdot 0,25}{\sqrt{(80-1)(0,05)^2 + (1,96)^2 \cdot 0,25}} = \frac{76,83}{1,07} = 71,80 \text{ San Joaquín}$$

**Análisis Físicoquímico y Microbiológico.** El análisis de estos parámetros se realizó en el laboratorio Servicio Geológicos Integrados S.A., ubicado en Bogotá D.C. donde se analizaron 5 parámetros químicos (Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días DBO5, Oxígeno Disuelto, fosfatos, nitratos, pH), 3 físicos (temperatura, sólidos disueltos totales, turbiedad) y 1 microbiológico (coliformes fecales), para obtener el ICA (Índice de Calidad de Agua), en cada una de las tres estaciones de muestreo de la Quebrada, para analizar los resultados y obtener el índice de calidad de agua (ICA), se trasladaron a la página web <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>, los datos cuantitativos de cada muestra y estación.

Los parámetros analizados se describen junto con su técnica analítica utilizada en la siguiente tabla

Tabla 6 *Parámetro del ICA y Técnica analítica utilizada*

PÁRAMETRO	TÉCNICA ANALÍTICA
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/L)	Incubación 5 días y electrodo de membranas
Oxígeno Disuelto (OD)	Potenciométrico/Oxímetro
Nitrato ( en mg N-NO3/L)	Colorimétrico Ultravioleta
Fosfato ( en mg P-PO4/L)	Colorimétrico
pH (en unidades de pH)	Potenciométrico/pH métrico
Turbidez (en NTU)	Nefelométrico
Sólidos Disueltos Totales (en mg/L)	Gravimétrico (secado a 180° C)
Temperatura (en °C)	Termométrico

---

Fuente: Laboratorio Servicios Geológicos Integrados S.A Consultoría e Ingeniería

**Análisis Bioindicación (Macroinvertebrados).** El proceso de bioindicación utilizando macroinvertebrados acuáticos en las estaciones, se desarrolló siguiendo un protocolo de colecta, registro fotográficos, observación en el laboratorio e identificación siguiendo la guía de Roldan. Se analizaron hasta el nivel de familia, después del reconocimiento se separaron los macroinvertebrados por familia según estación en viales con alcohol al 70%, para identificar la abundancia de individuos, además de asignarle la puntuación y valoración determinando así la calidad del recurso hídrico según los rangos del BMWP/COL (Roldan, 2003).

Para todos los datos obtenidos de las dos metodologías se realizó una estadística descriptiva, (media, varianza y desviación estándar), determinando el porcentaje de coeficiente de variación, el cual es un indicador para conocer la normalidad de los datos, en el caso de la varianza se desarrollara la prueba de Levene, adicionalmente para el supuesto estadístico de normalidad se realizara el test de Shapiro Wilk.

## **Metodología**

Para establecer los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica fue preciso identificar el tamaño muestral mediante la fórmula de Hidalgo y Argoty (1988), teniendo este se procedió a realizar las encuestas de perfiles socioeconómicos y huella hídrica según Anexo 1 y Anexo 2.

Para la obtención de perfiles socioeconómico se siguió la metodología AMAI (2016) que considera 8 características y aparte cada una de estas cuentan con una calificación que establece el perfil socioeconómico. Así:

Numero de cuartos

RESPUESTA PUNTOS

1	0
2	0
3	0
4	0
5	8
6	8
7 o más	14

¿Cuántos baños completos con regadera y W.C. (excusado) hay para uso exclusivo de los integrantes de su hogar?

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	16
2	36
3	36
4 o más	52

¿En su hogar cuenta con regadera funcionando en alguno de los baños?

RESPUESTA PUNTOS

No tiene	0
Si tiene	10

Contando todos los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de techos, paredes y lámparas de buró o piso, dígame ¿cuántos focos tiene su vivienda?

RESPUESTA PUNTOS

0-5	0
6-10	15
11-15	27

16-20 32

21 o más 46

¿El piso de su hogar es predominantemente de tierra, o de cemento, o de algún otro tipo de acabado?

RESPUESTA	PUNTOS
-----------	--------

Tierra o cemento (firme)	0
--------------------------	---

Otro tipo de material	11
-----------------------	----

¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis, tienen en su hogar?

RESPUESTA	PUNTOS
-----------	--------

0	0
---	---

1	32
---	----

2	41
---	----

3 o más	58
---------	----

¿En este hogar cuentan con estufa de gas o eléctrica?

RESPUESTA	PUNTOS
-----------	--------

No tiene	0
----------	---

Si tiene	20
----------	----

Persona que aporta la mayor parte del ingreso en este hogar,

¿Cuál fue el último año de estudios que completó? (espere respuesta, y Pregunte) ¿Realizó otros estudios? (reclasificar en caso necesario).

RESPUESTA	PUNTOS
-----------	--------

No estudió	0
------------	---

Primaria incompleta	0
---------------------	---

Primaria completa	22
-------------------	----

Secundaria incompleta	22
-----------------------	----



Secundaria completa	22
Carrera comercial (Sena)	38
Carrera técnica (Sena)	38
Preparatoria incompleta (Profesional universitario)	38
Preparatoria completa (Profesional Universitario)	38
Licenciatura incompleta (Especialización)	52
Licenciatura completa (Especialización)	52
Diplomado o Maestría	72
Doctorado	72

De acuerdo al número de puntos según la metodología AMAI, se clasifica los perfiles así:

#### TABLA DE PUNTOS POR NIVEL

Nivel	Puntos
A/B nivel alto	193+
C+ nivel medio alto	155 a 192
C nivel medio típico	128 a 154
C- nivel medio emergente	105 a 127
D+ nivel bajo típico	80 a 104
D nivel bajo extremo	33 a 79
E nivel bajo muy extremo	0 a 32

Para la huella hídrica se siguió la metodología AMAI/ NSE. 2016, para lo cual se realizó una encuesta dirigida estableciendo la cantidad de agua que se gasta en el día una persona realizando sus labores cotidianas, según la base de datos de Water Footprint Network.

Para el BMWP'COL, (2003) se siguió la indicaciones del protocolo de recolección ver (Anexo 4), propuesto por el Instituto de Investigación en Recursos Biológicos – Instituto Humboldt (IavH, 2007), en cada una de las estaciones escogidas de la quebrada

Después de realizar la matriz BMWP'COL (2003) para calidad del agua se desarrolló una matriz de abundancia por familia, esta con el fin de obtener los índices ecológicos, de esta se ejecutara una estadística descriptiva coeficiente de variación, test de normalidad de varianza y prueba de Levene, con los análisis estadísticos de homogeneidad de varianza y normalidad de datos se ejecutara según el caso un análisis de varianza ANOVA (si cumple con los supuestos mencionados), de lo contrario se realizara un análisis Kruskal Wallis el cual como método estadístico es aprobado para datos no paramétricos, todas estas pruebas con un nivel de significancia de alfa 0,05% y/o probabilidad  $<0,05$

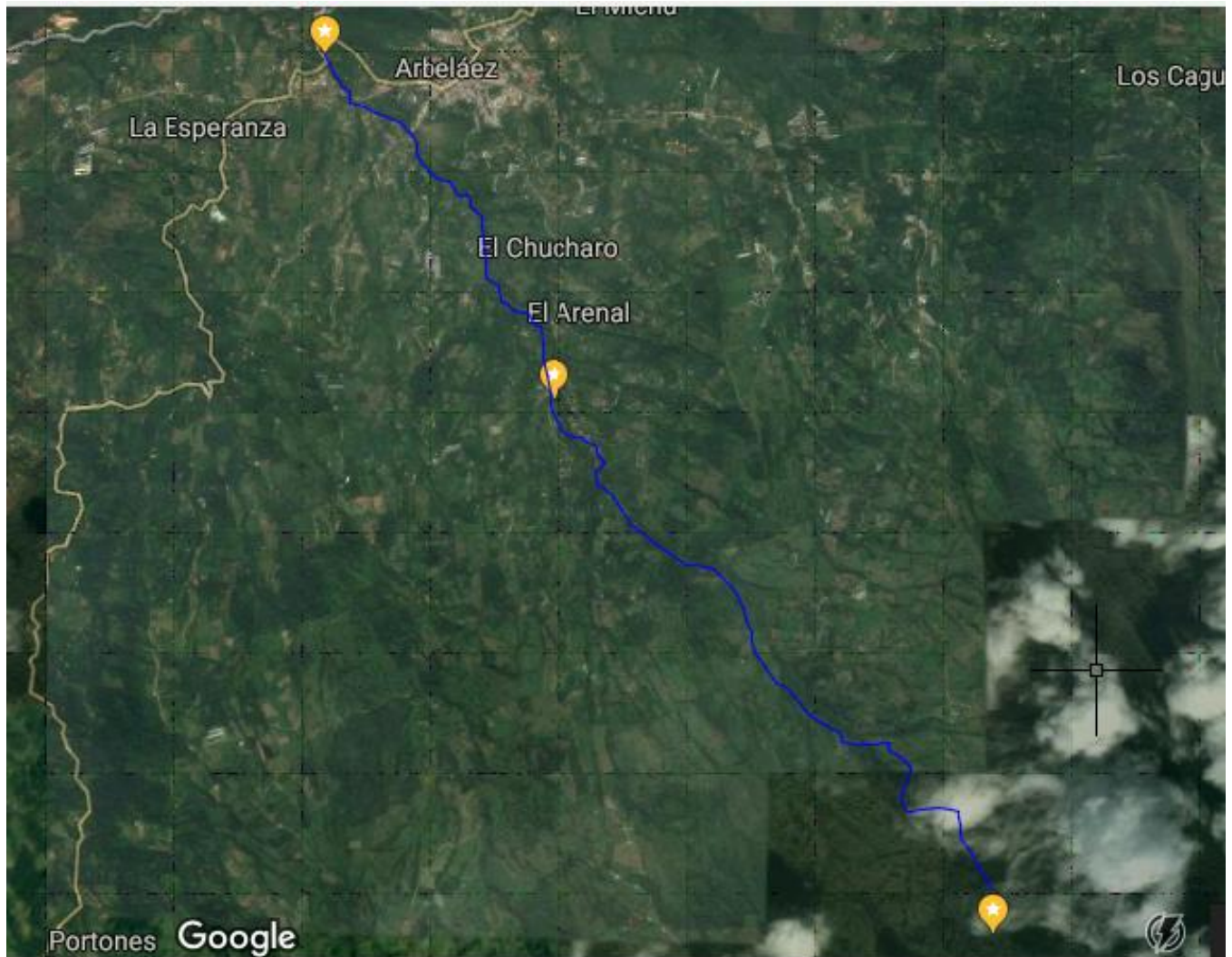
Para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, el muestreo se realizó siguiendo el protocolo para la toma de muestras del agua de los ríos, ver (Anexo 5), en tres estaciones de la quebrada, se colectaron en total 9 muestras, tres para análisis físico, 3 para análisis químico y tres para análisis microbiológico, los cuales fueron llevados al laboratorio, luego de obtener los resultados se procedió a determinar el índice de calidad de agua por medio de una plataforma web.

Para diligenciar el árbol de problemas, se sigue la metodología del Anexo 6.

## Resultados Y Discusión

### 1. Análisis Parámetros Físicoquímicos y Microbiológico

En la siguiente imagen se puede observar las tres estaciones de muestreo en la quebrada la Lejía, las condiciones evidenciadas se registran en el Anexo 7.



*Figura 6* Puntos de muestreo en la Quebrada la Lejía

Fuente: Autores

Los datos obtenidos se registran en la Tabla 7 parámetros físicoquímicos y microbiológicos, donde se evidencia un aumento en algunos parámetros desde la estación 1 hasta la 3, la estación 1 obtuvo un valor significativo de  $DBO_5$  la estación 3 obtuvo valores altos en el resto de los parámetros.

Parámetros químicos: En la estación 1 y 3 la DBO<sub>5</sub> presenta valores altos en comparación con la estación 2, puesto que de la estación 1 a la 2 disminuye y de la 2 a la 3 aumenta, esto indica que la tasa de consumo de oxígeno en una corriente se ve afectada por factores como: pH, presencia de ciertos microorganismos y el tipo de material orgánico e inorgánico en el agua, como lo es la presencia de material aloctono en la estación 1 y aguas residuales en la estación 3, a mayor DBO<sub>5</sub> el oxígeno se agota más rápido, debido a que los microorganismos lo requieren para oxidar la materia biodegradable presente, por lo que los organismos presentarían condiciones de vida complejas (Milacron Mexican Sales, 2004).

El oxígeno disuelto constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración definen el tipo de especies que se encuentran de acuerdo con sus tolerancias y rangos de adaptación, y por ende establecen toda la estructura y funcionamiento biótico de estos sistemas, (Ramírez y Viña 1998), pero la insuficiencia de este causa muertes, reducción y cambios en las especies, lo mismo ocurre con el contenido mineral y el florecimiento algal (California, S.F.), lo que es notorio en la estación Nacedero Cerro Pan de Azúcar, que debido a su altitud y materia orgánica presenta un valor de 0,1 y relacionado con el método BMWP/COL la calidad indica agua moderadamente contaminada, el oxígeno disuelto aumenta para la estación 2, pero decrece para la estación 3 esto relacionado con factores como la temperatura, turbidez, sólidos disueltos y la descarga de aguas residuales que provocan una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto. (California, S.F.), según la resolución 1096 de 2000 la calidad del agua es no aceptable ya que para cumplir debe ser mayor o igual a 4.0 mg/L.

Los nitratos para la estación 1 y 2 los valores son bajos en comparación con la estación 3 donde su valor es de 3,49, valores que se sitúan por debajo del valor máximo permisibles (10 mg/L) según la resolución 2115 de 2007, la presencia de nitratos puede ser debido a la actividad agrícola en las márgenes de la quebrada, los nitratos están presentes naturalmente

en suelos, agua, vegetales y tejidos animales (OMS, 1978), además de la escorrentía y filtración de aguas con alto contenido de nitrato procedente de las prácticas de fertilización agrícola, genera un grave problema de contaminación difusa de los recursos hídricos, las cuales pueden afectar la salud humana y ocasionar eutrofización (Arauzo , Valladolid, Martinez Bastida, & Gutierrez, 2006).

Los fosfatos para las tres estaciones muestran valores bajos, estos en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación y para los procesos de eutrofización, además es un componente limitante para el desarrollo de las comunidades. La presencia se asocia al vertimiento de aguas residuales en la estación 3 (Roldán, 2003).

El pH de las estaciones se encuentra entre los rangos de 6.59 y 7.1, su variación entre puntos es baja. Según Roldan el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción, los valores de tolerancia de las especies acuáticas corresponden a pH entre 5 y 9 (EPA, 2010). Aguas fuera del rango normal pueden ser dañinas para la vida acuática, estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática (Protocolo, 2010), los valores para cada punto no repercuten notoriamente en las comunidades acuáticas.

Es necesario hacer mención que existe una relación entre la turbidez y la temperatura debido a que las partículas en suspensión difunden la luz solar y absorbe calor lo cual provoca un aumento de temperatura induciendo una disminución en Oxígeno disuelto (California, s.f.). Lo cual se evidencio en cada una de las tres estaciones, la turbiedad para la estación 3 puede derivarse al movimiento del agua, y arrastra gran cantidad de sedimentos por tanto contiene un mayor número de sólidos en suspensión, lo cual se destaca en las

estaciones 2 y 3 por ello es necesario la remoción de estos sólidos suspendidos ya que sobrepasa la norma (resolución 2115 de 2017) donde el límite permisible es de 2 UNT. De igual manera la temperatura fue aumentando desde la estación 1 a la 3, la cual es perjudicial para algunos organismos acuáticos.

Los sólidos suspendidos totales son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua (Panachlor, s.f.), SST presentes en el agua proceden de fuentes naturales, aguas residuales y escorrentía urbana (OMS, 2003), por contener diversidad de compuestos se establece un límite permisible de 200 mg/l según la Resolución 631 de 2015. El análisis de laboratorio arroja que en las estaciones 1 y 2 tiene 10 mg/L y 12 mg/L respectivamente, la presencia de SST son de fuente natural debido a que no se encuentran mayor actividad antropogénica y en la estación 3 tiene 70 mg/L, SST presenta un aumento considerable con respecto a las otras dos estaciones, debido a que aguas arriba de este, existe la descarga de vertimiento del municipio.

Los coliformes fecales soportan temperaturas hasta de 45°C, comprende un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de contaminación del agua, ya que son de origen fecal del hombre y de animales de sangre caliente (Carrillo & Camp, Lozano, 2008), desde el punto de vista sanitario, este grupo es importante dado que se relaciona con la probabilidad de encontrar patógenos excretados (bacterias, parásitos, y virus entéricos), los coliformes fecales sobreviven menos tiempo en relación con los coliformes totales, esto permite suponer que la contaminación es reciente (Sandoval & Carlos, 1991). Según los resultados de laboratorio se reporta presencia de coliformes fecales en las tres estaciones, de acuerdo con lo anterior puesto que se asocia a la continua descarga de aguas residuales.

*Tabla 7 Resultados de los parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos analizados en las 3 estaciones de muestreo*

Parámetros	Unidades	Est. 1	Est. 2	Est. 3
Fisicoquímicos				
DBO (5 días)	mg/L	19	8	17
Oxígeno Disuelto	mg/L	0.7	0.6	0.5
Nitrato	mgNO <sub>3</sub> /L	<0.2	0.22	3.49
Fosfato	mgPO <sub>4</sub> /L	<0.2	<0.2	0.26
pH	0-14	6,59	6,82	7,1
Turbidez	NTU	1,22	7,82	8,05
Solidos Disueltos	mg/L	<10	12	70
Totales				
Temperatura	°C	13,9	18,7	20,5
Coliformes fecales	NMP/100 ml	100	132	360

Fuente: Autores.

### 1.1 Estadística Descriptiva De Dos Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos

Estadísticamente se demuestra la variación de los parámetros nitratos y fosfatos, siendo sus valores más altos en la estación 3, también mediante el coeficiente de variación se determina la gran fluctuación de los valores de solidos disueltos y coliformes fecales, es la estación 3 donde se registraron los mayores valores, esto relacionado con la cantidad de materia orgánica presente en el agua debido a los vertimientos de agua residual doméstica o materia orgánica descargadas por la población (Morales, 2016), lo que puede influir en el aumento de nitratos, fosfatos que provienen de restos de alimentos, residuos orgánicos y organismos (Fernández, s.f). Tanto los sólidos y por ende los microorganismos en este caso coliformes pues según un estudio en el rio Ejido de Popayán Cauca, pueden indicar que existen descargas de desechos naturales sobre la fuente hídrica, en cuanto a los sólidos la dinámica natural de arrastre es debida a la precipitación y la erosión del suelo soportado por

la remoción de cobertura vegetal con fines de urbanización que finalmente aportan de igual forma sólidos a la quebrada. En el caso de la presencia de nitratos según Catalán (1990) estos también proviene de la disolución de rocas y minerales, la descomposición de materiales vegetales y animales, además del lavado de tierra de labranza donde se utiliza como componente de abonos y fertilizantes.

Con relación a las pruebas estadísticas, el Test de Normalidad de Shapiro Wills (W), demostró que los datos que no presentaron normalidad fueron nitratos y fosfatos, en el caso del test de Homogeneidad de Varianza para los datos las varianzas son heterogéneas.

Tabla 8 Estadística descriptiva, Test de Shapiro Wills, Test Levene

	DBO (5 día	Oxígeno Disuelto	Nitrato	Fosfato	pH	Turbidez	Sólidos Disueltos Totales	Temperatura	Coliformes fecales
N	3	3	3		3	3	3	3	3
Min	8	0,5	0,2		0,2	6,6	1,22	10	13,9
Max	19	0,7	3,49		0,26	7,1	8,05	70	20,5
Sum	44	1,8	3,91		0,66	20,5	17,09	92	53,1
Mean	14,7	0,6	1,3		0,2	6,8	5,7	30,7	17,7
Std. error	3,38296	0,05774	1,09335		0,02	0,1453	2,23932	19,6751	1,96977
Variance	34,3333	0,01	3,58623		0,0012	0,06333	15,0436	1161,33	11,64
Stand. dev	5,859	0,100	1,894		0,035	0,252	3,879	34,078	3,412
Median	17	0,6	0,22		0,2	6,8	7,82	12	18,7
% coeficiente de desviacion =(desviacion/medi a)*100	40,0	16,7	145,3		15,7	3,7	68,1	111,1	19,3
Test de Normalidad de Shapiro Wills (W)	W=0,88 p=032	W=1 p=1	W=0,75 p= 0,010	W=0,75 p=0,00000085	W=0,98 p=0,78	W=0,77 p=0,056	W=0,77 p=0,056	W=0,93 p=0,50	W=0,84 p=0,21
test Levene	p= 0,0000044.								

Fuente: Autores.

Acorde al análisis de clasificación (Tabla 9), el dendrograma de similitud de Bray Curtis (Grafica 1) determino que la estación 1 y 2 son similares en un 83 %, esto indica que en términos promedios fisicoquímicamente no presentan grandes variaciones, contrario a la estación 3, con una similitud del 46 %, indicando que es en esta estación donde se presenta la mayor variación de condiciones fisicoquímicas como Nitratos, fosfatos y Sólidos Disueltos T y Microbiológicas como coliformes fecales. Lo anterior es soportado con el ICA, la estación 1 y 2 tienen una calidad media y la estación 3 una calidad del agua mala

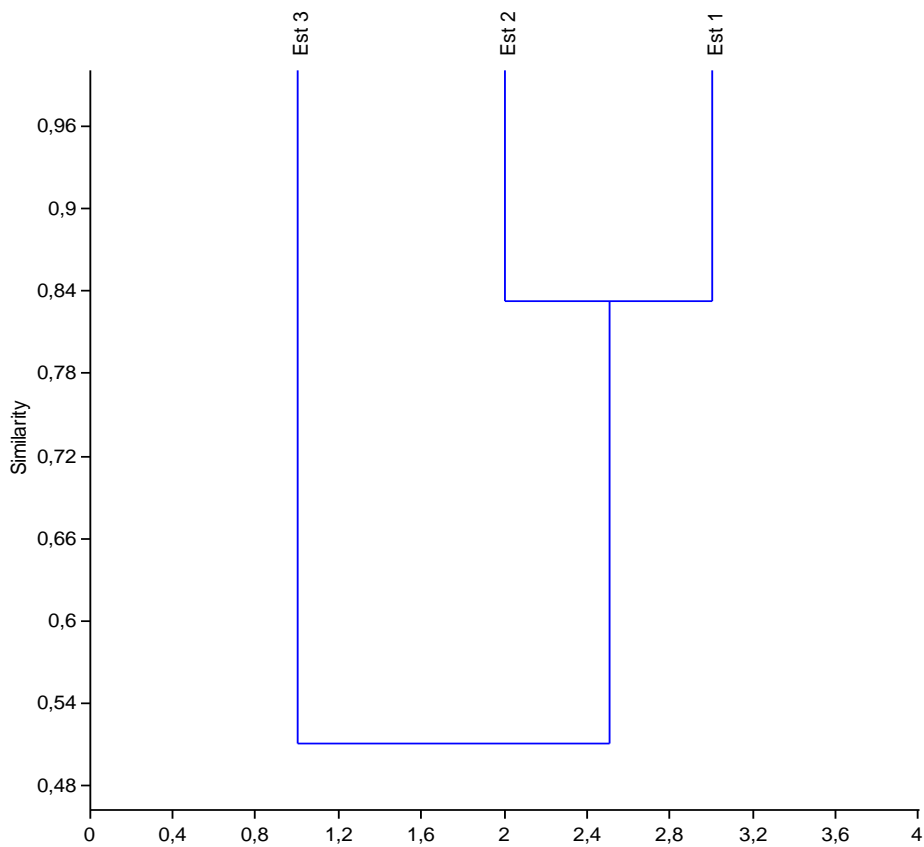


Tabla 9 *Análisis de Clasificación de Bray Curtis*

Matriz de correlaciones	Est 1	Est 2	Est 3
Est 1	1	0,83227	0,4685
Est 2	0,83227	1	0,55326
Est 3	0,4685	0,55326	1

Fuente: Autores.

Grafica 1 Dendograma de similaridad parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, análisis de Bray Curtí



Fuente: Autores.

## 1.2 Índice De Calidad De Agua (ICA)

El ICA permite determinar a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos las condiciones que podría presentar la fuente hídrica, el puntaje ICA para la estación 1 Nacedero Cerro Pan de azúcar evidencia que la calidad del agua tiene un puntaje 60 de lo cual indica que la calidad de agua es media, para la estación 2 Sector Tenerife y para la estación 3 Puente Kirpalamar se observan puntajes de 61 y 59 con una característica buena para ambas estaciones.

## 2. Análisis De Calidad De Agua Método BMWP/COL (Macroinvertebrados Acuáticos)

Con relación al análisis de calidad de agua, por medio del método BMWP/COL, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, en la tabla 10 se consignan los datos obtenidos donde se muestra los órdenes y las familias, de macroinvertebrados acuáticos colectados en los tres puntos de muestreo en la Quebrada la Lejía, ver (Anexo 8), se identificaron 9 ordenes, 23 familias y un total de 273 individuos utilizados para la determinación de la calidad de agua, siendo la estación 2 Sector Tenerife, el que registro mayor número de familias (14).

Tabla 10 *Órdenes y familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en las 3 estaciones de muestreo de la Quebrada la Lejía*

Orden	Familia	Est. 1	Est. 2	Est. 3
Coleóptera	Gyrinidae	13	2	0
Hemíptera	Naucoridae	1	2	0
Plecóptera	Perlidae	1	7	0
Coleóptera	Elmidae	1	5	5
Coleóptera	Staphylinidae	1	0	0

Ephemeroptera	Leptophlebidae	0	52	0
Ephemeropter	Baetidae	0	23	0
Hemiptera	Vellidae	0	9	0
Hemiptera	Mesoveliidae	0	3	0
Neuróptera	Corydalidae	0	3	0
Trichoptera	Helicopsychidae	0	6	10
Díptera	Chironomidae	0	5	23
Tricoptera	Hydroptilidae	0	1	2
Tricoptera	Hydropsychidae	0	1	2
Ephemeroptera	Tricorythidae	0	2	11
	(Leptohyphidae			
	)			
Díptera	Simuliidae	0	0	43
Dugesia	Planariidae	0	0	28
Atanatolica	Leptoceridae sf	0	0	6
Total	23	19	121	133

Fuente: Autores.

La familia Leptophlebidae, se encuentra distribuida en la Estación 2 Sector Tenerife entre los 1500 y 160 m.s.n.m, donde presenta mayor abundancia, las ninfas de esta familia habitan aguas loticas y lénticas, asociadas a hojarasca, troncos y rocas, se alimentan de material vegetal, son sensibles a la contaminación orgánica y déficit de oxígeno, aunque algunas pueden tolerar aguas ligeramente contaminadas, su puntaje BMWP/COL es de 9, siendo una familia indicadora de buena calidad de agua, por su baja tolerancia a la contaminación por materia orgánica (Roldan, 1988; Zúñiga y Rojas, 1995).

La familia Baetidae es una de las familias con mayor abundancia en la estación 2, esta indica que suelen vivir en aguas loticas bien oxigenadas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida, la cual presenta una puntuación de 7 según el índice, los cuales son indicadores de calidad media o aguas ligeramente contaminada. (Roldán, 1998)

La familia Simuliidae habitan aguas corrientosas muy oxigenadas, debajo de rocas y troncos, indicadores de aguas oligotróficas, su puntaje es de 8 según el BMWP/COL, lo cual indica que son organismos poco tolerantes a la contaminación orgánica, aunque pueden presentarse algunos en aguas poco contaminadas (Roldan y CAR 2012).

La familia Planariidae viven en aguas poco profundas, tanto en movimiento como estancadas, debajo de piedras, tronco, hojas y sustratos similares, en ambientes acuáticos bien oxigenados, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación, son fuente de alimento para ninfas de odonatos y otros insectos acuáticos, según el método BMWP/COL recibe puntaje de 7 lo cual indica que son características de aguas poco contaminadas. (Roldan 1996), esta familia solo hace presencia en la estación 3.

La familia Chironomiidae habitan cuerpos de agua tanto natural como artificial, en aguas somera o profundas, corrientes o estancadas, sobre amplias superficiales o en pequeños reservorios (Paggi, 2001). También se le encuentra en fangos, arena y con abundante materia orgánica en descomposición, se asocia a niveles bajos de oxígeno y alta concentración de recuento de mesofilos y conductividad lo que confirma que son tolerantes a altos niveles de contaminación, son indicadores de agua mesoeutrifica (Roldan, 1996), esta familia tiene un puntaje de 2, lo que muestra que su presencia está asociada a fuentes hídricas altamente contaminadas por materia orgánica, según el método BMWP/COL, en este estudio esta familia solo hace presencia en la estación 2 y 3

La familia Gyrinidae presenta una abundancia en la estación uno con respecto a las otras dos estaciones esta familia recibe una puntuación BMWP/COL de 9 lo que indica que son

característicos de aguas limpias, viven en aguas lenticas y loticas en zonas de remanso. (Roldan, 2012).

La familia Veliidae se encuentran tanto en aguas lentas como en aguas corrientosas, entre rocas, detritus y sedimento; viven en remansos con mucha vegetación, son organismos intolerantes a la contaminación orgánica, se consideran indicadores de aguas oligomesotróficas, esto se corrobora por poseer un puntaje de 8 según el método BWMP/COL el cual indica que son macroinvertebrados sensibles a la contaminación por materia orgánica y habitan fuentes hídricas de buena calidad (Roldán, 1998)

La familia Naucoridae habitan charcas y remansos de Ríos y Quebradas, algunos se encuentran adheridos a troncos ramas y piedras o enterrados en suelos arenosos, son indicadores de aguas oligomesotróficas, esta familia recibe un puntaje de 7 lo que indica que son característicos de aguas poco contaminados (Roldán y C.A.R. 2012)

En la familia Perliidae las ninfas son sensibles a la contaminación orgánica y la degradación del hábitat, poseen buen potencial como bioindicadores de calidad de agua y cumplen un rol ecológico destacado en la descomposición y recirculación de nutrientes, su puntaje BMWP/COL 10, lo que indica que son organismos propios de aguas muy limpias. (Roldan, 1998)

La familia de Elmidae viven en aguas loticas y lenticas, en sustratos más representativos como lo son los troncos y hojas en descomposición, se adhieren a gravas y rocas, también en zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias, pueden adaptarse a ambientes con condiciones de impacto diferentes y así aumentar su abundancia (Roldan, 1998), reciben un puntaje de 6 lo que demuestra que poseen un nivel de tolerancia intermedio a la contaminación orgánica. En la quebrada la Lejía se encuentra a lo largo del recorrido.

Leptohyphidae es una familia que viven en diversos hábitats lóticos, y se encuentran principalmente en aguas rápidas entre las rocas, grava o arena con la presencia de branquias operculadas que le facilitan la tolerancia de sólidos en suspensión (Domínguez et al. 2006), se comportan de manera facultativa, habitan zonas con o sin contaminación orgánica.

La familia de Mesoveliidae habita en aguas quietas y remansos con mucha vegetación, indicadores de aguas oligomesotróficas, reciben un puntaje BMWP/COL de 5 los cuales son característicos de aguas moderadamente contaminadas (Roldan, 1998).

La familia Corydalidae vive en aguas corrientes, debajo de restos de vegetación, troncos, piedras y entre raíces de vegetación sumergida, reciben un puntaje de 6, ya que son organismos característicos de aguas poco contaminadas, aunque pueden presentarse en aguas moderadamente contaminadas. (Roldán, 2003)

La familia de Helicosychidae sus las larvas se les encuentra en aguas con corriente de todo tipo y son muy tolerantes a aguas bastante calientes, se alimentan raspando algas y detritus de la parte superior de las piedras (Holzenthal, 1994; Margalef, 1983), para el método BMWP/COL su puntaje es de 8, ya que son organismos que se encuentran en aguas limpias, aunque pueden presentarse en aguas poco contaminadas (Roldan 2012)

Hydropsychidae habita en aguas corrientes, oxigenadas y bastante puras, con fondos pedregosos de nuestros ríos. Sus larvas campodeiformes se aferran fuertemente con sus características uñas, bajo las piedras del lecho del río (García, 2013), recibe un puntaje BMWP/COL de 7, se caracteriza por poseer un nivel de tolerancia baja a fuentes contaminadas por contaminación de materias orgánica.

La familia de Hidroptylidae son organismos característicos de aguas poco contaminadas y reciben un puntaje de 7 (Roldan, 2012). En este estudio encontrada en la estación 2 y 3.

La familia Staphylinidae tiene un puntaje de 6, lo que indica que su nivel de tolerancia intermedio la contaminación por materia orgánica y se pueden encontrar en fuentes hídricas ligeramente contaminadas.

La familia Leptoceridae generalmente vive cerca del sustrato, se encuentran en aguas loticas limpias, su puntaje de BMWP/COL es de 8, habita en fuentes hídricas poco contaminadas de materia orgánica.

Tabla 11 *Abundancia de Familias de Macroinvertebrados Acuáticos presentes en las tres estaciones de muestro de la Quebrada la Lejía*

Familia	Est. 1	Est. 2	Est. 3
Gyrinidae	13	2	0
Naucoridae	1	2	0
Perlidae	1	7	0
Elmidae	1	5	5
Staphylinidae	1	0	0
Leptophlebiidae	0	52	0
Baetidae	0	23	0
Vellidae	0	9	0
Mesoveliidae	0	3	0
Corydalidae	0	3	0
Helicopsychidae	0	6	10
Chironomidae	0	5	23
Hydroptilidae	0	1	2
Hydropsychidae	0	1	2
Tricorythidae (Leptohephidae )	0	2	11

Simuliidae	0	0	43
Planariidae	0	0	28
Leptoceridae sf	0	0	6

Fuente: Autores.

## 2.1 Estadística Descriptiva Del Método BMWP/COL

Tabla 12 *Estadística descriptiva, Test de Shapiro Wills, Test Levene*

	Est. 1	Est. 2	Est. 3
N	23	23	23
Min	0	0	0
Max	13	52	43
Sum	19	121	133
Mean	0,83	5,26	5,78
Std. Error	0,56	2,37	2,30
Variance	7,24	129,29	122,09
Stand. Dev	2,69	11,37	11,05
Median	0	2	1
% coeficiente de desviación =(desviación/media)*100	325,7	216,1	191,1
Test de Normalidad de Shapiro Wills (W)	W=0,3187 p=2,36E-09	W=0,4968 p=7,98E-08	W=0,602 p=9,50E-07
Test Levene.	p= 0,010		

Fuente: Autores

Para la Prueba de Homogeneidad de Varianza para los datos, test Levene las varianzas son heterogéneas



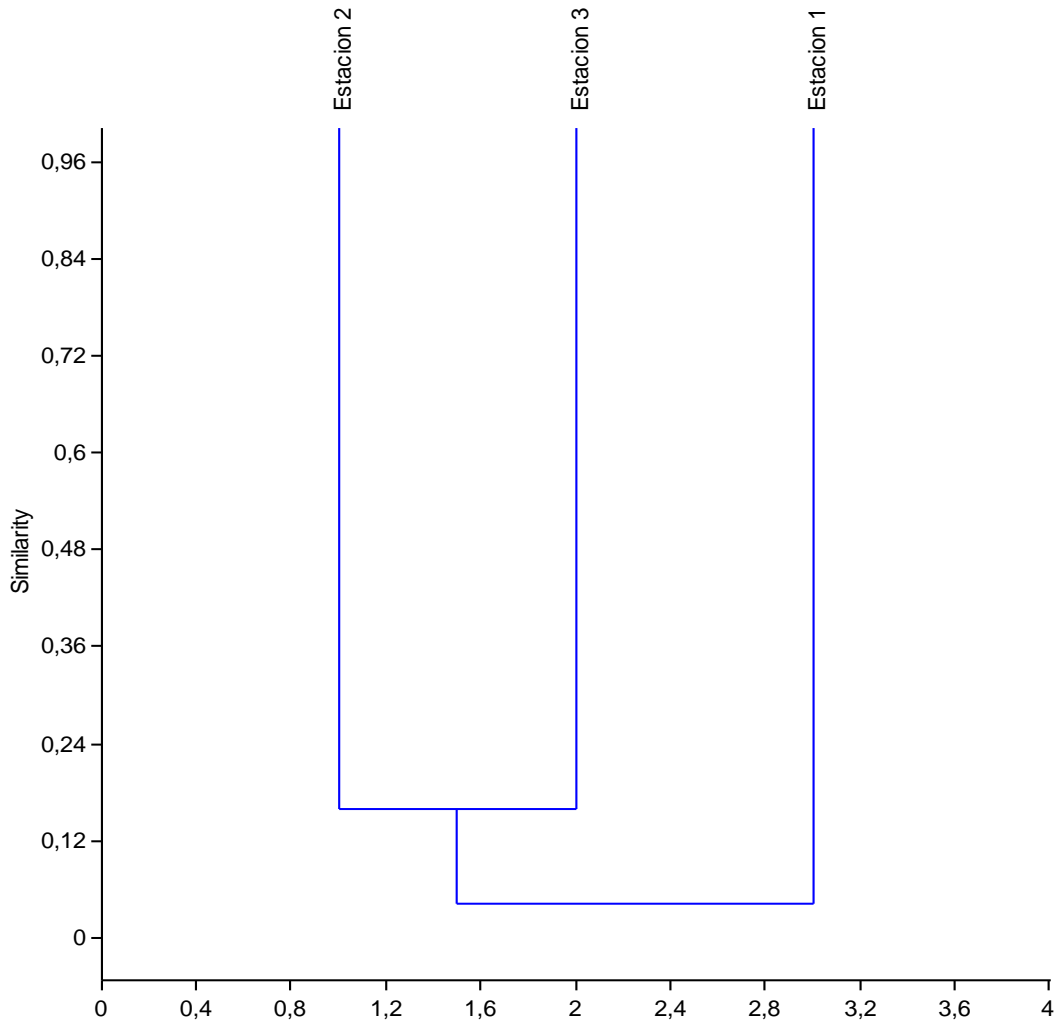
Tabla 13 *Análisis de Clasificación Bray Curtis*

Matriz de correlación	Est. 1	Est. 2	Est. 3
Nacedero Cerro Pan de Azúcar	1	0,071	0,013
Sector Tenerife	0,071	1	0,16
Puente Kirpalamar	0,013	0,16	1

Fuente: Autores

Se evidencia una mayor similitud de macroinvertebrados acuáticos entre las estaciones dos Sector Tenerife y tres Puente Kirpalamar, con un porcentaje de 16% de similaridad, siendo la estación 1 Nacedero Cerro Pan de Azúcar la que muestra una similaridad menor al 1% con respecto a las otras estaciones.

*Grafica 2* Dendograma de similaridad Macroinvertebrados acuáticos Análisis de Clasificación Bray Curtis



Fuente: Autores

Respecto a la tabla 14 se registro que la estación 2 presento los mayores índices de Dominancia,

## 2.2 Índices Ecológicos.

Tabla 14 *Índices Ecológicos en las tres estaciones de muestreos en la Quebrada la Lejía*

	Est. 1	Est. 2	Est. 3
No Familias	7	14	12
No Individuos	19	121	133
Índice Dominancia Simpson	0,48	0,24	0,20
Índice de Diversidad Shannon-Wiener	1,19	1,92	1,90
Índice de Riqueza Margalef	2,04	2,71	2,25
Índice de Equidad de Pielou	0,61	0,73	0,76

Fuente: Autores

2.2.1 **Índice de Dominancia.** Refleja el grado de dominancia frente a una comunidad (Moreno, 2001), este índice muestra la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de una misma con mayor índice es la numero 1 Nacedero Cerro Pan de Azúcar, que indica que la probabilidad de sacar un individuo aleatoriamente y la probabilidad de sacar otro de la misma especie es de 0,48 ya que se presenta mayor abundancia en una especie y menor riqueza de familias, en cambio en las otras dos estaciones es de 0,24 y 0,20 respectivamente ya que estas dos estaciones presentan mayor riqueza de familias.

2.2.2 **Índice de Diversidad.** Los valores obtenidos en las tres estaciones muestra que en la segunda y tercera estación existe una equidad entre abundancia y riqueza debida a que los valores arrojados 1,92 y 1,90 respectivamente.

2.2.3 **Índice de Riqueza.** Aunque en las tres estaciones muestra existencia de variedad de especies en la estación 2 es notoria la riqueza de especies con respecto a las otras dos estaciones ya que el valor del índice que nos arrojó es de 2,71

2.2.4 **Índice de Equidad.** En la estación 3 presenta un valor de 0,76 es el más cercano a uno con referencia a las otras dos estaciones esto quiere decir que se presentan situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, como se muestra a continuación en la tabla 15.

Tabla 15 *Prueba T Student para Índices de Diversidad en las tres estaciones de muestreos en la Quebrada la Lejía*

Prueba T Student para Índices de Diversidad	T	P
Nacedero Cerro Pan de Azúcar vs Sector Tenerife	2,70	0,012
Nacedero Cerro Pan de Azúcar vs Puente Kirpalamar	2,75	0,011
Sector Tenerife vs Puente Kirpalamar	0,043	0,96

Fuente: Autores

### 2.3 Índice BMWP/COL para las 3 estaciones de muestreo

Los resultados obtenidos utilizando el método BMWP/COL Tabla 16 puntajes y valores, implementado para tres estaciones de la Quebrada la Lejía, reflejan un valor de 38 en la estación 1 Nacedero Cerro Pan de Azúcar, el cual teniendo en cuenta los rangos establecidos para los valores esta estación se encuentra entre 36-60 dando una característica de agua moderadamente contaminada con calidad dudosa, para la estación 2 Sector Tenerife y Puente Kirpalamar reciben un valor de 98 y 69 respectivamente, que entre los rangos se encuentra en 61-100 la cual indica que son aguas con calidad aceptable siendo esta ligeramente contaminada.

Tabla 16 *Puntajes y valores BMWP/COL de las tres estaciones analizadas*

ESTACION	FAMILIA	PUNTAJE	BMWP/COL	VALOR BMWP/COL	CLASE	CALIDAD	SIGNIFICADO
1	Gyrinidae	9					
	Naucoridae	7					
	Perlidae	10		38	III		
	Elmidae	6					
	Staphylinidae	6					
	Perlidae	10				DUDOSA	Agua moderadamente contaminada
	Leptophlebiidae	9					
	Naucoridae	7					
	Baetidae	7					
	Gyrinidae	9					
	Vellidae	8					
	Mesoveliidae	5		98	II		
	Corydalidae	6					
	Helicopsychidae	8					
	Elmidae	6					
2	Chironomidae	2					
	Hydroptilidae	7					
	Hydropsychidae	7					
	Leptohiphidae	7				ACEPTABLE	Agua ligeramente contaminada

Simuliidae	8				
Chironomidae	2				
Leptophlebiidae	9				
Elmidae	6				
Planariidae	7				
Leptohyphidae	7	69	II		
Leptoceridae sf	8				
Hydroptilidae	7				
Hydropsychidae	7				
Helicopychidae	8				
23				ACEPTABLE	Agua ligeramente contaminada

Fuente: Autores

### 3. Relación y Análisis BMWP/Col – ICAs De Las Tres Estaciones De Muestreo En La Quebrada La Lejía

Teniendo en cuenta los resultados del método BMWP/COL utilizando macroinvertebrados acuáticos y los resultados de los índices de calidad de agua (ICA) por medio de 9 parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos para las tres estaciones de muestreo, se determinó la relación de los dos métodos abordados para determinar la calidad del agua de la quebrada la Lejía del municipio de Arbeláez Cundinamarca.

En la Tabla 17 se muestra la relación del análisis del método BMWP/COL y el Índice de Calidad de Agua, donde se evidencio según los ICA la calidad media en las estaciones 1 y 2, el calidad mala en la estación 3, referente al BMWP/COL en la estación 1 Nacedero Cerro Pan de azúcar presenta aguas moderadamente contaminada, mientras que en la estación 2 y 3

presentan aguas ligeramente contaminadas que pueden permitir el sostenimiento de los macroinvertebrados.

El ICA para la estación 1 arrojó un valor de 60, para la estación 2 el valor fue de 61 y la estación 3 obtuvo un valor de 50, el resultado para la estación tres es consecuencia del constante deterioro, debido al uso del suelo, y las descargas a la fuente hídrica.

La calidad del agua por medio del método Bmwp/col, para la estación Nacedero Cerro Pan de Azúcar, muestra una calidad dudosa, esto puede presentarse debido a que es una zona de conservación del acueducto veredal ASOACUEVER, donde la cobertura vegetal riparia aporta detrito al canal y algunas características del detrito, como su tasa de descomposición, pueden afectar la productividad de todo el ecosistema (Goeking y Crowl 1999). La vegetación riparia constituye un aporte de material alóctono a los ríos de primer orden ya que gran parte de la materia orgánica que se incorpora a los ríos ha sido originada allí. Las perturbaciones de la cobertura vegetal puede generar cambios en la distribución de especies, abundancia y composición (Biowest 2008), el aumento del detrito provoca un aumento en la demanda biológica de oxígeno y por ende una disminución del oxígeno disuelto afectando la vida acuática

Mientras que en la estación 3 la calidad del agua es ligeramente contaminada y pese que el ICA arroja valores bajos ver (Tabla 17), ya que a esta estación llegan los vertimientos de aguas contaminadas, lo que impide que exista una gran abundancia y diversidad de especies, sin embargo se encuentran familias como Chironomidae, Planaridae y Elmidae que son tolerantes a la contaminación y otras como Leptohyphidae se adaptan a las condiciones del medio

Tabla 17 *Relación y Análisis BMWP/Col – ICAs De Las Tres Estaciones De Muestreo En La Quebrada la Lejía Marzo*

---

BMWP/COL	Est. 1	Est. 2	Est. 3
----------	--------	--------	--------

---

ICAs			
BMWP/COL	Agua moderadamente contaminada Calidad dudosa	Agua ligeramente contaminada Calidad aceptable	Agua ligeramente contaminada Calidad aceptable
ICAs	Media	Media	Media

Fuente: Autores

#### 4. Encuesta a los habitantes de los barrios San Joaquín, Vergel, Rinconada (Arbeláez Cundinamarca)

En la Figura 7 se puede observar los barrios donde se realizaron las encuestas de los perfiles socioeconómicos y la huella hídrica.



Figura 7 Estaciones donde se realizaron las encuestas (barrios)

##### 4.1 Perfil Socioeconómico.

Se realizaron encuestas para establecer el perfil socioeconómico en tres barrios que tienen incidencia directa sobre la quebrada debido a que los vertimientos generados por las mismas,



están dirigidos a este recurso hídrico sin ningún tratamiento, se utilizó la fórmula de Hidalgo y Argoty para obtener el número de muestras a analizar distribuidas así: en el barrio la Rinconada existen 33 viviendas cuya muestra mínima es de 33, el barrio Vergel existen 57 viviendas con una muestra mínima de 55 de ellas fueron receptivas 24 y por último el barrio San Joaquín 80 viviendas con una muestra mínima de 77 de ellas fueron receptivas 48. Es necesario resaltar los factores extremos que imposibilitaron obtener los datos para la muestra, con un total de 105 encuestas realizadas.

Los resultados de las encuestas se organizaron en una matriz de Excel, donde se asignó el puntaje correspondiente según la metodología AMAI NSE 8X7 y se elaboraron gráficos porcentuales para tener un análisis más detallado.

A continuación se describirán los resultados obtenidos en cada una de las preguntas formuladas en la encuesta, pregunta 1 ¿Cuál es el total de cuartos, piezas o habitaciones con que cuenta su hogar? Como describe en el anexo (9 grafica 3,4,5) donde se muestra como en los barrios Vergel y San Joaquín cuentan con menos de 4 habitaciones en sus viviendas con un 96% y 98% respectivamente, estableciendo que las familias tienen un núcleo familiar pequeño, indicando que solo 35 de las personas encuestadas cuentan con más de 4 habitaciones en sus viviendas.

Para garantizar el saneamiento básico en función de la vivienda es indispensable contar con al menos un servicio sanitario como lo es el baño, los datos arrojados en la encuesta (anexo 9 grafica 6,7,8) muestra que en los tres barrios un 92,4% cuenta con este, además que 7,6% tiene dos baños en la vivienda mejorando en función de la calidad de la vivienda.

Se muestra que solo un 0,95% no cuenta con una regadera funcionando y que tiene que compensar este servicio, cargando agua y con una taza, existiendo así mal uso del recurso ya

por este motivo puede existir perdida de agua en el desplazamiento y un 99.05% cuenta con la regadera funcionando como se muestra en el anexo 9 grafica 9, 10,11.

Es el barrio San Joaquín y Vergel se evidencia una diferencia en el uso de focos de 1 a 5 con un 67% y 63% respectivamente como se muestra en el anexo 9 grafica 12.13.14, mientras que en la Rinconada se muestra lo contrario con haciendo énfasis en que utilizan de 6 a 10 focos con un 82% de las 48 personas encuestadas en este barrio.

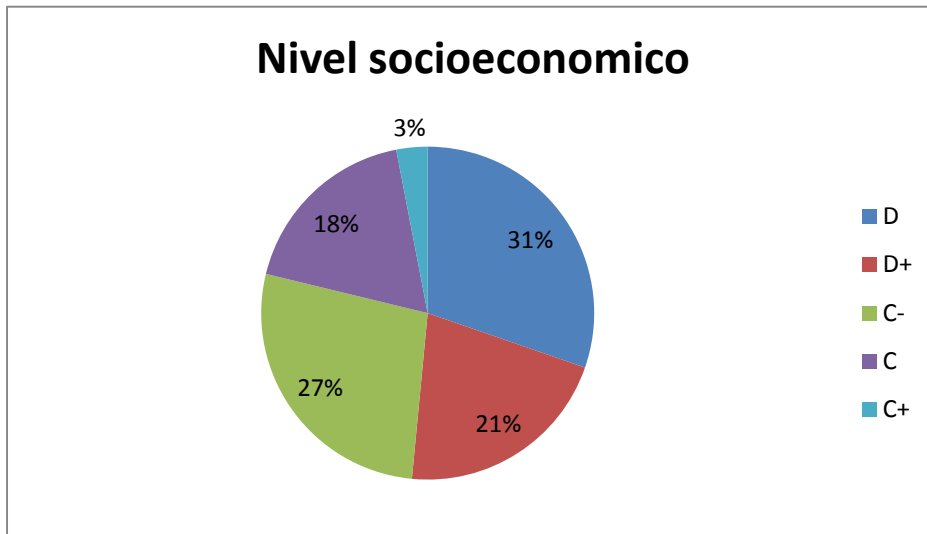
En la Rinconada y el vergel muestra que el 85% y el 92% respectivamente (como se muestra en el anexo 9 grafica 15,16,17 )piso es predominante en baldosa mostrando de una manera que estas personas tienen mejores condiciones de vivienda que las personas del barrio San joaquin ya que presenta un 63% con piso predominante en cemento.

Se muestra que la Rinconada, Vergel y San Joaquín con un 61%, 87% y 79% respectivamente (ir a anexo 9 grafica 18,19,20), la mayoría no cuentan con un vehículo propio como medio de transporte y recurre a desplazarse a pie o servicio privado.

En la Rinconada el 34% de la población tienen un nivel escolar bajo a que la primaria está incompleta y un 21% de la misma presenta solo hasta la primaria, en el Vergel un 21% no terminaron la primaria, un 21% termino la primaria y otro 21% realizo la secundaria sin terminarla y por último San Joaquín un 27% realizo la primaria completa mientras que un 23% curso la secundaria completa reflejando así que la población en general tiene un nivel educativo bajo como se establece en el anexo 9, grafica 21,22,23.

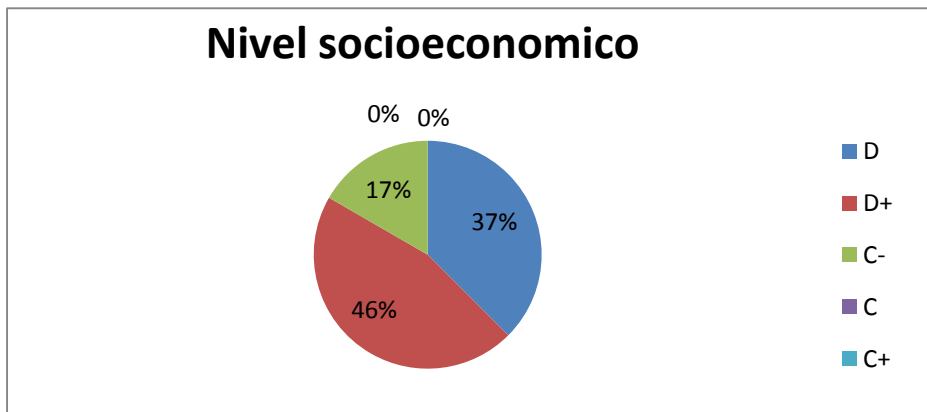
Estableciendo así los perfiles socioeconómicos para los tres barrios como se muestra en la gráfica 24,25,26.

Grafica 10. Perfil socioeconómico del barrio Rinconada



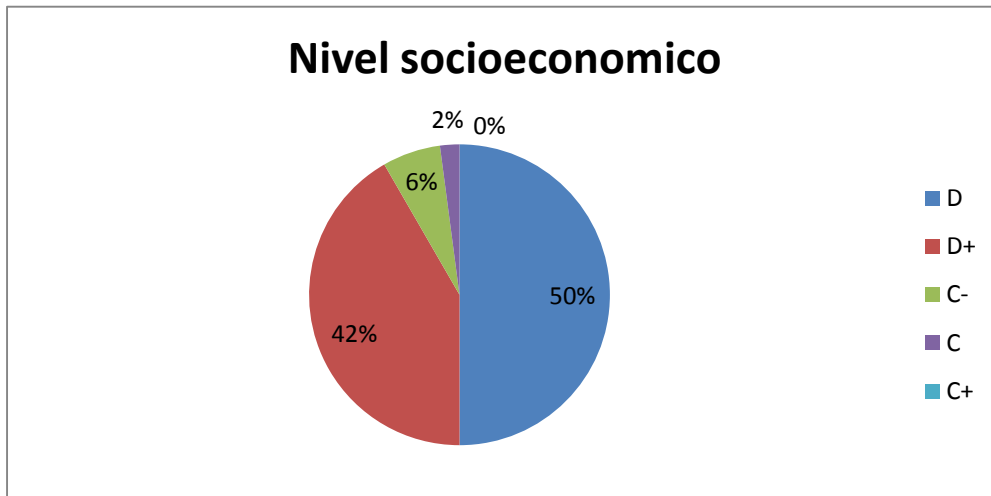
Fuente: autores

Graficas 11 perfil socioeconómico del barrio Vergel



Fuente: autores

Grafica 12. Perfil socioeconómico barrio San Joaquín



Fuente: autores

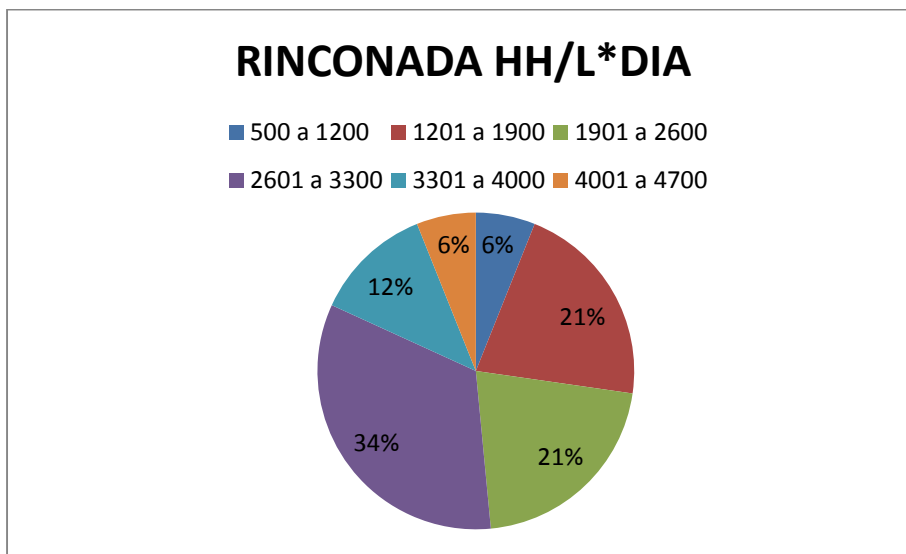
Las gráficas anteriores muestran los niveles socioeconómicos dependiendo de la puntuación a cada tipo de pregunta lo que arrojó que 43 personas tienen un nivel socioeconómico bajo extremo (D), las familias de este nivel tienen problemas para sobrevivir, incluso dejan de comer algunas veces, 38 son de nivel bajo típico (D+), Las familias de este nivel tienen mala calidad de vida pasando por problemas para contar con lo básico y con condiciones mínimas sanitarias, 16 personas tienen un bajo emergente (C-) Las familias de este nivel tienen recursos mínimos para cubrir sus necesidades más básicas y aspiran a tener un nivel de vida con mejor calidad., 7 de las personas encuestadas tienen un nivel medio típico (C) Las familias que tienen este nivel cuentan con recursos y servicios que permiten tener una vida práctica y una calidad de vida “adecuada” pero sin lujos ni excedentes y solo una persona encuestada tiene un nivel medio alto (C+) cuenta con recursos y servicios que les permiten tener una buena calidad de vida y gozan de ligeros excedentes que les hacen posible tener ciertos lujos. Distribuidos de la siguiente manera, en la Rinconada predominan con un 31% las familias de nivel bajo extremo seguido de nivel bajo emergente con un 21%, en el Vergel con un 46% personas con un nivel bajo típico y un 37% con un nivel bajo

extremo mientras que en San Joaquín un 50% de las familias tienen un nivel bajo extremo y un 42% un nivel bajo típico.

#### 4.2 Huella Hídrica.

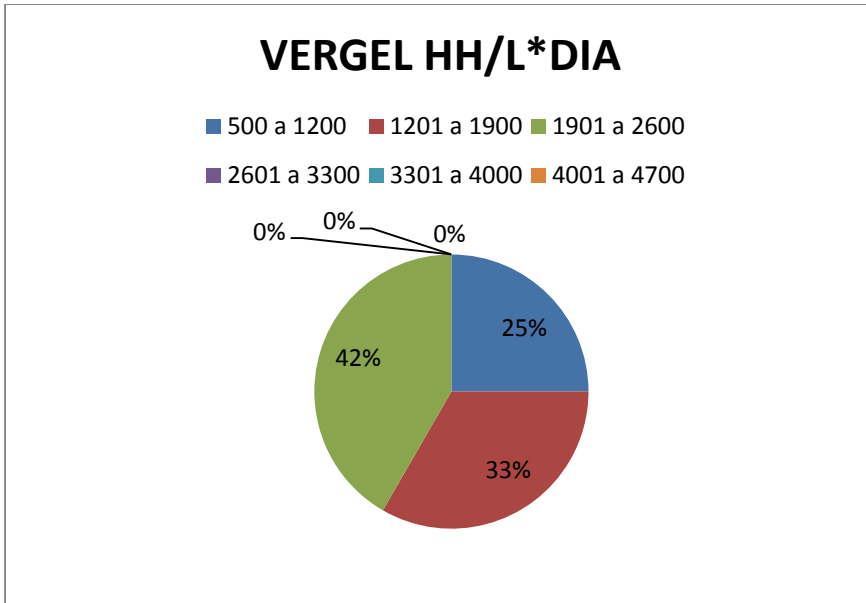
La huella hídrica es un indicador que define el volumen total de agua dulce usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad (Ojeda, 2000). La huella hídrica que arroja de las personas encuestadas nos establece que para la Rinconada un 34% consumen de 26001 A 3300 litros\* día, seguida de un 21% que consume 1201 a 1900 y un porcentaje igual 1901 a 2600 litros \*día como se muestra en la gráfica 13.

Grafica 13. Huella Hídrica del barrio la Rinconada



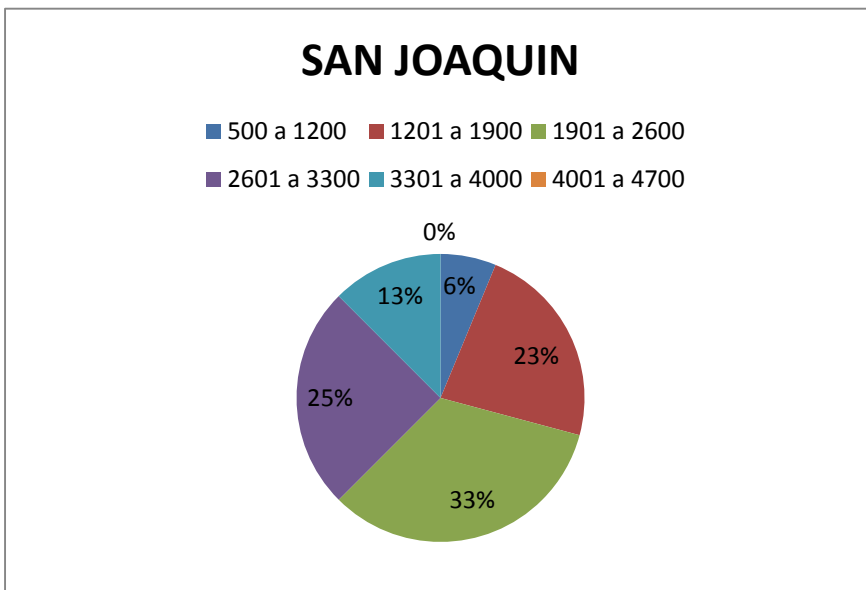
Fuente: autores

Grafica 14. Huella hídrica barrio Vergel



Fuentes: autores

Grafica 15. Huella Hídrica del barrio San Joaquín



Fuente: autores

#### **Relación Huella Hídrica y Perfiles Socioeconómicos.**

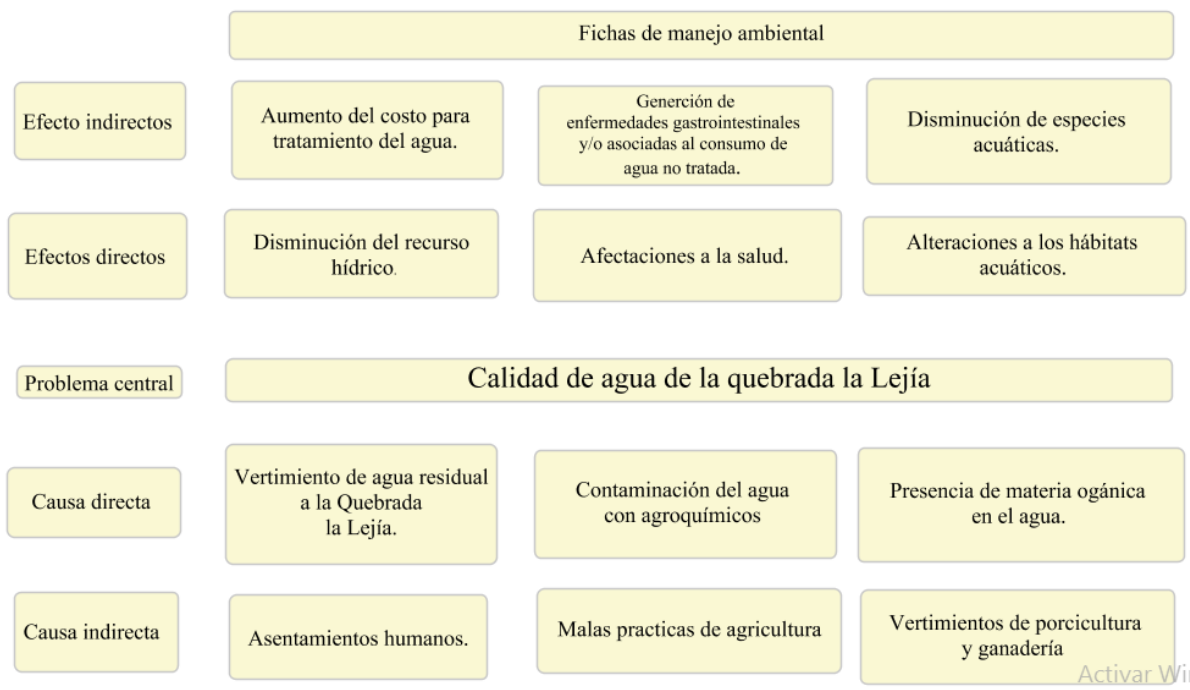
El deterioro de la calidad del agua, el aumento de la competencia por la distribución de la misma y las amenazas a los ecosistemas se han convertido en problemas comunes conforme

se desarrollan las economías y aumenta la población (Amórtegui & García, 2016). Creando una estrecha relación entre hombre- agua por eso el interés de un estudio de la misma, la Huella Hídrica se presenta como un indicador de sostenibilidad que permite identificar relaciones causa-efecto a nivel socio-ambiental, siendo las actividades socioeconómicas el principal factor de la presión sobre el recurso hídrico, no solo en la cantidad sino en la calidad del mismo, a lo largo del recorrido de la microcuenca se encuentra actividades como la agricultura, ganadería, porcicultura entre otras, un punto de vertimiento del municipio y las actividades cotidianas ya que todas están jugando un papel muy importante en la degradación del recurso. (Ojeda, 2000), un 67% de la población encuestada tienen un perfil socioeconómico bajo extremo y bajo típico, siendo estas familias las carentes de servicios básicos completos y relacionando que el 68,5% de esta misma población encuestada presentan una Huella Hídrica de un rango entre 1901 a 2600 litros al día, se denota una gran presión sobre el recurso ya que las aguas servidas van directamente a la quebrada la Legía debido a que la planta de tratamiento no está en funcionamiento.

## **5. Árbol De Problemas Causa Y Efecto**

El siguiente diagrama muestra el problema principal que es la calidad del agua, alterada principalmente por las descargas de agua residual, vertimientos de centros ganaderos y porcícolas y agricultura, lo que conlleva a que la calidad del agua para el tramo tres principalmente reciba un puntaje bajo para el índice de calidad de agua ICA y que en este tramo se establezcan comunidades tolerantes a niveles de contaminación orgánica, lo que genera afectaciones a las comunidades acuáticas, afectaciones en la salud humana y alteraciones ecosistémicas.

Diagrama 1 Árbol de problemas Causa y Efecto



Fuente: Autores

## 6. Alternativas de Solución

Para solucionar las causantes del problema principal se realizó fichas de manejo ambiental, como alternativas de prevención, dichas medidas se desarrollarían en el sector agrícola y a la comunidad de los tres barrios incidentes, ver fichas 1, 2, 3.

Ficha 1 de manejo ambiental uso y ahorro de agua



FICHA AMBIENTAL	USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA			
TIPO DE MEDIDA	PREVENTIVA	X CORRECTIVA	MITIGACION	COMPENSACION
<b>OBJETIVO</b>				
Desarrollar e implementar acciones que permitan establecer programas de uso eficiente y ahorro de agua, cumplibles y verificables				
<b>IMPACTOS POTENCIALES</b>			<b>MEDIDAS</b>	
Consumo superiores de agua frente a las necesidades reales			Educación Ambiental	
Costos elevados de facturación			Tecnologías de bajo consumo	
Deterioro y Contaminación a la fuente hídrica			Uso de aguas lluvias y Rehuso de agua	
Afectaciones a la salud			Conduccion de aguas residuales domesticas al sistema de alcantarillado	
			Sistemas septicos domiciliarios	
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>				
Establecer programas de medición o control del consumo				
Establecer programas de capacitacion ambiental, en cada uno de los barrio, que serian llevados en reuniones con las JAC, o casa por casa, esto por medio de charlas, folletos, publicidad, videos				
Instalar aparatos y accesorios de bajo consumo, en aquellas viviendas donde se registra el mayor consumo de agua				
Incentivar el uso de aguas lluvias, dar pautas para la correcta recoleccion y almacenamiento del agua				
Ampliacion del sistema de alcantarillado por parte de los entes correspondientes ya que es un servicio de saneamiento				
Implementar unidades de sistemas septicos domiciliarios, en cada una de las viviendas				
Identificar y reparar fugas, asi como un mantenimiento preventivo regular de tuberias y grifos				
MONITOREO Y CONTROL	Llevar registro de cantidad de agua consumida y descargada, ademas de la calidad de las descargas			
INDICADORES	% de agua reducida, ICA, numero de habitantes que recibieron capacitaciones			
VERIFICACION	Oficina de servicios publicos, CAR			
RESPONSABLE	Habitantes de los tres barrios, presidentes JAC			

## Ficha 2 de manejo de plaguicidas y residuos

FICHA AMBIENTAL	MANEJO DE PLAGUICIDAS			
TIPO DE MEDIDA	PREVENTIVA	X CORRECTIVA	MITIGACION	COMPENSACION
<b>OBJETIVO</b>				
Proponer acciones de prevención y reducción de la exposición a los plaguicidas químicos de uso agrícola con el fin de minimizar riesgos a la salud y al medio ambiente.				
<b>IMPACTOS POTENCIALES</b>			<b>MEDIDAS</b>	
Contaminación de fuentes hídricas, aire y suelo			Educación Ambiental	
Afectación negativa a la fauna y flora			Establecer franjas de amortiguamiento, lejos fuentes de agua	
Riesgo a la salud humana			Disminución en el consumo de plaguicidas en la agricultura.	
Generación de residuos post consumo				
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR</b>				
Implementación de un programa de educación ambiental sobre afectaciones negativas la salud y el medio ambiente				
Capacitación a los agricultores sobre producciones más limpias (diapositivas, folletos)				
Gestión integral de los envases, empaques y embalajes de manera técnica y aprovechamiento de los materiales generados				
MONITOREO Y CONTROL	Llevar registro de cantidad de agua consumida y descargada, ademas de la calidad de las descargas			
INDICADORES	Numero de Certificaciones de productos orgánicos, Reducción de consumo de pesticidas , Minimizar 5% la cantidad de residuos post consumo generados			
VERIFICACION	Secretaria de agricultura y medio ambiente, Corporación autónoma regional (C.A.R.)			
RESPONSABLE	Agricultores, Secretaria de agricultura y medio ambiente (S.A.M.A.)			

## Ficha 3 educación ambiental

FICHA AMBIENTAL	EDUCACION AMBIENTAL			
TIPO DE MEDIDA	PREVENTIVA	X CORRECTIVA	MITIGACION	COMPENSACION
OBJETIVO				
Promover acciones para el manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos y agrícolas, así como el uso adecuado de las fuentes hídricas en las comunidades a partir de la educación ambiental y la participación ciudadana de sus miembros				
IMPACTOS POTENCIALES		MEDIDAS		
Cambios en los hábitos de uso de agua		Talleres		
		Capacitaciones		
Riesgo a la salud humana				
ACTIVIDADES A DESARROLLAR				
Cartografía social con las comunidades de los barrios y el sector agrícola				
Talleres participativos en cada comunidad	Eje central "Agua" donde se desarrollara temas como cantidad de agua disponible, problemáticas, huella hídrica y medidas de conservación		Videos, charlas, actividades lúdicas, folletos, mapas, visitas guiadas	
	Eje central "Residuos" donde se explicara la clasificación de los residuos, problemáticas, soluciones, manejo y disposición			
MONITOREO Y CONTROL	Llevar registro de asistencia, registro de pesaje, estadísticas de clasificación de residuos			
INDICADORES	% de personas capacitadas, reducción en el consumo facturado, cantidad de residuos clasificados y			
VERIFICACION	SAMA, oficina de servicios públicos, Corporación autónoma regional (C.A.R.)			
RESPONSABLE	Agricultores, comunidad, JAC, grupo capacitador			

## Conclusiones

Los perfiles socioeconómicos que se obtuvieron en el presente estudio estableció que la calidad de vida es mala lo que genera dificultades para sobrevivir además de no presentar condiciones básicas sanitarias, siendo esto evidencia clave de la falta de sistema de alcantarillado tanto para mejorar la calidad de saneamiento ambiental de las familias y para disminución de la presión recurso hídrico.

La huella hídrica arrojó que la gran mayoría de las personas encuestadas tiene un rango de consumo entre 1901 a 3300 litros al día, siendo esta la demanda directa y la presión que ejerce a diario al recurso hídrico resultado de las actividades diaria.

En el método BMWP/COL evidencia que en el Nacedero Cerro Pan De Azúcar mostro poca riqueza de especies con bajo número de población dando un nivel de contaminación moderado esto es por la presencia de material alóctono ya que esta zona es un reservorio del acueducto ASOCUEVER mientras que la segunda estación y tercera estación tienen un agua contaminada calidad aceptable debido a que aumento notoriamente el número de especies y la cantidad de individuos de las misma a comparación de la primera estación,

Los resultados de laboratorio establecieron según los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos la calidad de agua de cada estación, en el Nacedero Cerro Pan Azúcar presentan el índice de calidad de agua ICA nivel medio esto se debe a que en este punto no se encuentra intervención antropogénica ya que esta zona es un reservorio de agua para un acueducto veredal , para la segunda estación de muestreo Tenerife los valores de dichos parámetros tiene un aumento por la presencia de actividades antropogénicas como lo son la ganadería, agricultura, porcicultura ya que estas se realizan en los predios colindantes a la quebrada la Lejía contaminando de manera directa y en la tercera estación Puente Kirpalamar se aprecia incremento en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos especialmente en

solidos disueltos y en coliformes fecales esto se debe a aguas arriba se presenta un punto de vertimiento del municipio y los desagües directos de las viviendas de los tres barrios de estudio debido a que no cuentan con sistema de alcantarillado.

De acuerdo al diagnóstico ambiental preliminar se establece que a lo largo de la trayectoria de la Quebrada existe un crecimiento población y con este, un aumento de actividades antropogénicas lo cual repercute directamente en el deterioro de la calidad de agua, teniendo en cuenta que esta a su vez es usada para consumo humano con estas características de contaminación, de esta manera interfiere directamente en la salud de los que se abastecen de este recurso.

## **Recomendaciones**

Realizar más campañas de muestreo, en diferentes épocas tanto de sequía como de lluvia, ampliando el número de estaciones a muestrear, además de realizar un estudio de la flora y comunidades acuáticas (peces) presentes.

Implementar diferentes metodologías para realizar el cálculo de la huella hídrica, tanto por persona como por familia, ya que el análisis utilizado en este estudio sirve de forma exploratorio

## Bibliografía

- Alcaldía municipal de Arbeláez Cundinamarca. (2008). Plan de desarrollo e inversiones del municipio de Arbeláez 2008 – 2011 recuperado de:  
<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd%20-%20plan%20de%20desarrollo%20-%20arbelaez%20-%20cundinamarca%20-%202008%20-%202011.pdf>
- Alcaldía municipal de Arbeláez Cundinamarca. (2010). Parte uno diagnostico territorial por subsistemas.
- Corporación autónoma regional. (2014). Informe POMCA-002 UT Delimitación y localización de la cuenca Sumapaz y subcuenca Río Negro. Recuperado de:  
<https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=3056&download=Y>
- Colombia viceministro de ambiente. (2015). Política nacional para la gestión de recursos hídricos
- Arévalo, A., Bacca, T., Soto, A. (2014). Diagnóstico del uso y manejo de plaguicidas en fincas productoras de cebolla junca *allium fistulosum* en el municipio de pasto. Luna azul (N°38), p 143. ISSN 1909-2474. Recuperado de  
<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n38/n38a08.pdf>
- Carpio, T. (2007). Solidos totales secados a 103 105. p 2.
- Carrera, C. y Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Ecociencias. Quito. p 38.
- Carrillo, M. y Lozano, A. (2008). Validación del método de detección de coliformes total y fecales en agua potable utilizando agar chromocult (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.

- Castellanos, P. y Serrato, C. (2008). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el páramo de Santurban, Norte de Santander. ISSN 0370-3908. 79-86.
- Daza, M. y Patiño, D. (2016). Bioindicación de la calidad del agua del río Subachoque mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos como una integración espacial y temporal. (Tesis de grado universidad distrital francisco José de caldas facultad de medio ambiente y recursos naturales tecnología en saneamiento ambiental) Recuperado de:  
<Http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4289/1/patiñoderlydazamaría2016.pdf>
- Domínguez, E., Molineri, C. Pescador M., Hubbard, M & Nieto, C. (2006). Ephemeroptera de América del Sur. Pensoft Publishers.
- Dorado, J. (2015). Análisis preliminar de la cultura ambiental en cinco barrios principales del municipio de melgar Tolima y su influencia en la quebrada la melgara. (Tesis pregrado). Universidad de Cundinamarca, Girardot Cundinamarca.
- Espigares, M. y Perez, J. (s.f). Aguas residuales. Composición.
- Estado de la provincia de San Luis & ministerio del campo. (s.f.). Calculo y analisis de la huella hidrica de la provincia de san luis. Sector agricola y pecuario. Provincia de san luis, argentina. Obtenido  
de:<http://www.huellahidrica.org/Reports/Calculo%20Huella%20Hidrica.pdf>
- Galvez. (2014). Determinacion de la calidad de agua del rio frio cundinamarca, mediante el uso de macroinvertebrads acuaticos como bioindicadores, aplicando el metodo bmwp.
- García, 2013. Hydropsychidae (Curtis, 1835), Ávila, España
- Gil, A. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la

cuenca del río Garagoa (tesis de maestría universidad de Manizales, Manizales).

Recuperado de:

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesisjagg.pdf?sequence=1>

Hahn, C., Toro, D., Grajales, A., Duque, G. y Serna, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de palestina, Colombia, 89-105

Ladrera, R., Rieradevall, M. y Prat, N. (s.f). Macro invertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. p 2.

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. & Mekonnen, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard. London, Washington, DC.

Hernández, J. y Ramírez R. (2012). Evaluación y valoración de la calidad del agua para consumo humano del río Algodonal entre los municipios de Abrego y Ocaña, Norte de Santander. (Tesis de grado, Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña).

Recuperado de: [revistas.ufpso.edu.co/index.php/ringenio/article/download/335/209](http://revistas.ufpso.edu.co/index.php/ringenio/article/download/335/209)

Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Índices Globales de la calidad de las aguas. 2001, 2004  
Miliarium Aureum, S.L

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2007). pH en agua por electrometría (03). Recuperado de

<https://www.um.es/documents/378246/2964900/Normas+APA+Sexta+Edici%C3%B3n.pdf/27f8511d-95b6-4096-8d3e-f8492f61c6dc>

León, V. (Septiembre, 1992). Índices de calidad del agua, forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala. Mem. Del VIII congreso nacional de la sociedad mexicana de ingeniería sanitaria y ambiental. Cocoyoc, Morelos.



- Lozano, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del Río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá. Redalyc(7), 5-11. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/304/30400702.pdf>
- Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible. (2015). Norma de vertimientos
- Moreno, C. (2000). Método para medir la biodiversidad. M&T- Manuales y tesis SEA, vol. 1. Zaragoza.
- AMAI, NSE., (2016.). Obtenido de <http://nse.amai.org/contenido/>
- NIÑO, E, D y MARTINEZ, N,C. Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil. Bogotá. 2013
- Pérez, M. (2011). Relación de la cobertura vegetal raráyá y la comunidad íctica, en dos periodos hidrológicos en riachos de la cuenca del río la vieja, eje cafetero de Colombia. (Tesis de grado: magister en ciencias biológicas énfasis en ecología y sistemática Pontificia Universidad Javeriana). Bogotá, D. C.
- Pinilla A. biólogo M SC en ecología (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia compilación bibliográfica. (1. ed.) Bogotá, Colombia fundación universidad de bogota jorge tadeo lozano.
- Orellana, J. (2009). Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del valle de Sactea (Tesis técnico superior forestal, Universidad mayor de San Simón). Bolivia.
- República de Colombia instituto nacional de salud subdirección red nacional de laboratorios. (2011). manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio.
- Rodríguez, C. (2007). Demanda química de oxígeno por refluo cerrado y volumetría

- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Colombia. Primera edición, Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. Recuperado de <https://searchworks.stanford.edu/view/5799477>
- Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(155), 254-274.  
Doi:<http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán, G. & Ramírez, J. (2008). Fundamentos de Limnología Tropical. (segunda ed.). Medellín: Universidad de Antioquia. Recuperado de [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=fa5jr7pxf1uc&oi=fnd&pg=pr15&dq=rold%C3%A1n,+g.\(1992\).+fundamentos+de+limnolog%C3%ADA+neotropical.+medell%C3%ADN:+universidad+de+medell%C3%ADN&ots=h0pu7ivu4z&sig=qoy0icpdzolewnpdy11mvanvqa0#v=onepage&q=rold%C](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=fa5jr7pxf1uc&oi=fnd&pg=pr15&dq=rold%C3%A1n,+g.(1992).+fundamentos+de+limnolog%C3%ADA+neotropical.+medell%C3%ADN:+universidad+de+medell%C3%ADN&ots=h0pu7ivu4z&sig=qoy0icpdzolewnpdy11mvanvqa0#v=onepage&q=rold%C)
- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados acuáticos y su valor como indicadores de la calidad del agua.
- Rosales, E. & Sánchez, M. (2013). Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua río Palacagüina, Norte de Nicaragua. Revista Científica de FAREM-ESTELÍ. Medio Ambiente, Tecnología y Desarrollo Humano(8), 66-75.  
Obtenido de:  
<http://www.farem.unan.edu.ni/revistas/index.php/rcientifica/article/viewfile/118/111>
- Segretin, M. (s.f) Biomonitorio ambiental y tratamiento de efluentes
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET. (2009). Índices de calidad de agua ICA. El Salvador. Recuperado de:  
<http://www.snet.gob.sv/hidrologia/documentos/calculoica.pdf>

Torres, P., Cruz, C., y Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica.

Ingenierías universidad de medellín, 8(15), 79-94. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Universidad de Pamplona. (2006). Unipamplona. Recuperado de:

[www.uniaplina.edu.co/uniaplina/hermesoft/portaling/home\\_18/recursos/01\\_gera1/documentos/.../icatest\\_capitulo2.pdf](http://www.uniaplina.edu.co/uniaplina/hermesoft/portaling/home_18/recursos/01_gera1/documentos/.../icatest_capitulo2.pdf)

Universidad Católica de Chile. (2014). La contaminación hídrica y sus causas

Vargas, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano plantas de filtración rápida.

Manual y teoría. Tomo I


Vera, O. y Vera, F. (2013). Evaluaciones del nivel socioeconómico: presentación de una escala adaptada en una población de Lambayeque/contribución especial.

Ojeda y Arias. (2000). Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia recursos hídricos, agua potable y saneamiento. Recuperado de:

<https://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inco00200.pdf>

## Anexos

### Anexo 1 Encuesta perfil socioeconómico

 <p>UNIVERSIDAD DE <b>CUNDINAMARCA</b> Generación Siglo 21</p>	<p>Estudio de los componentes socioeconómicos y la calidad del agua de la quebrada la Lejía (Arbeláez, Cundinamarca )</p>
---	---

ENCUESTAS PERFIL SOCIOECONOMICO	

Edad: \_\_\_\_\_ Género: \_\_\_\_\_ ¿Cuál es el total de cuartos, piezas o habitaciones con que cuenta su hogar?

¿Cuántos baños completos con regadera y cisterna hay para uso exclusivo de los integrantes de su hogar?

¿En su hogar cuenta con regadera funcionando en alguno de los baños?

Contando todos los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de techos, paredes y lámparas de buró o piso, dígame ¿cuántos focos tiene su vivienda?

¿El piso de su hogar es predominantemente de tierra, o de cemento, o de algún otro tipo de acabado?

¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis, tienen en su hogar?

¿En este hogar cuentan con estufa de gas o eléctrica?

Persona que aporta la mayor parte del ingreso en este hogar, ¿Cuál es el nivel educativo?

No estudió

Primaria incompleta

Primaria completa

Secundaria incompleta

Secundaria completa

Carrera comercial (Sena)

Carrera técnica (Sena)

Preparatoria incompleta (profesional universitario)

Preparatoria completa (profesional Universitario)


Licenciatura incompleta (especialización)

Licenciatura completa (especialización)

Diplomado o Maestría

Doctorado

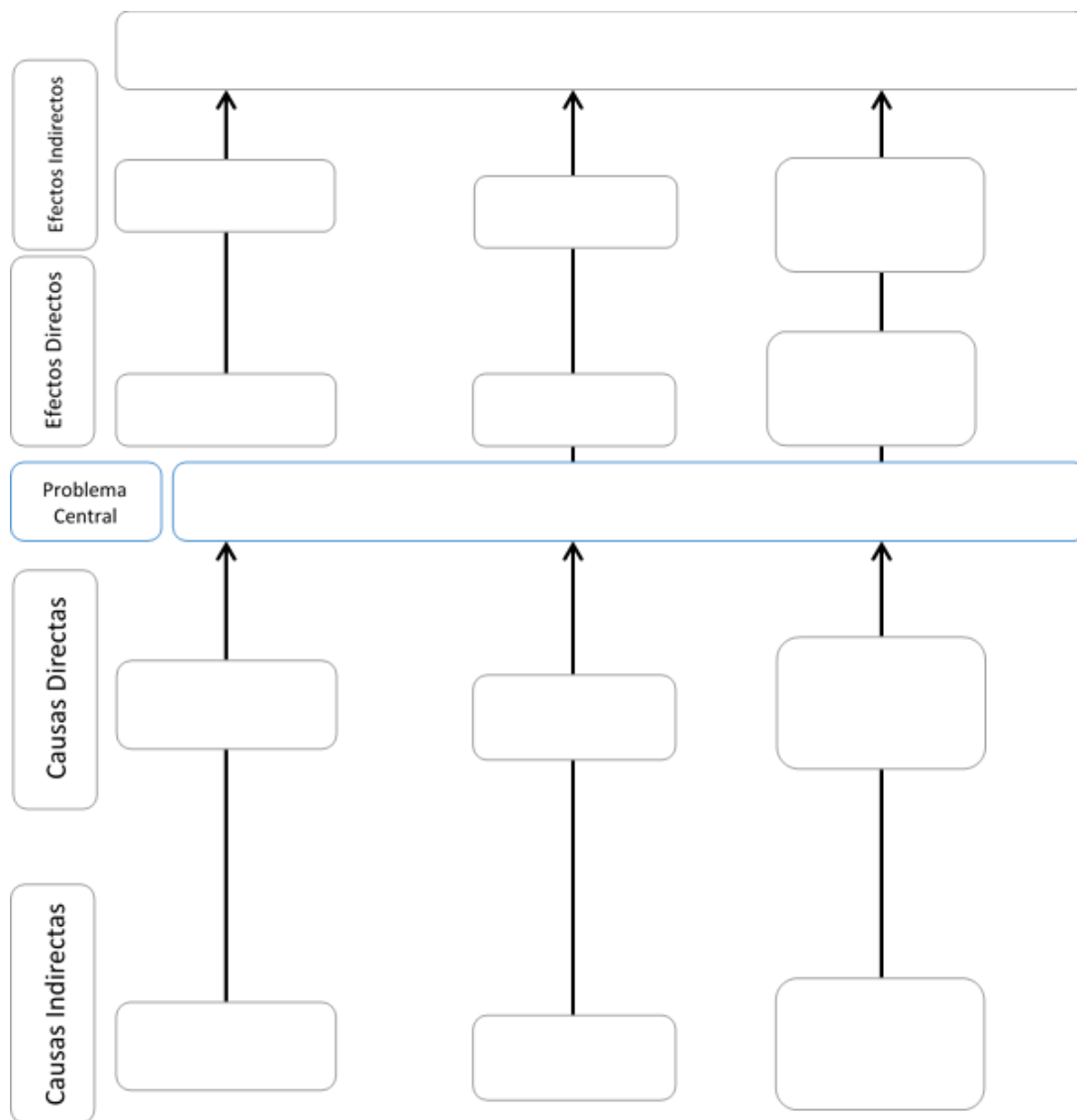
## Anexo 2 Encuesta Huella Hídrica

 <p><b>UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA</b> Generación Siglo 21</p>	<p>Estudio de los componentes socioeconómicos y la calidad del agua de la quebrada la Lejía (Arbeláez, Cundinamarca )</p>
---	---

ENCUESTAS HUELLA HIDRICA

- ¿Cuántas veces al día te duchas? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántos minutos tardas en bañarte? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas veces al día usas el baño? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas veces al día te cepillas los dientes? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas veces al día lavas las manos? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas veces lavas la loza? \_\_\_\_\_
- ¿Qué consumes al desayuno?\_\_\_\_\_
- ¿Qué consumes al almuerzo?\_\_\_\_\_
- ¿Qué consumes en la cena?\_\_\_\_\_
- ¿Tienes lavadora en casa? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas veces a la semana la usas? \_\_\_\_\_
- ¿Tienes auto? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas veces a la semana lo lavas? \_\_\_\_\_

Anexo 3 Esquema del árbol de problemas



Fuente: (Ayure, M. y Camperos, M. 2017)

## TOMA DE LA MUESTRA

- Por medio de red surber y red de patada
- Las especies encontradas se conservaran en frasco de vidrio con alcohol al 80%.



## CLASIFICACION DE LAS ESPECIES

- Las especies encontradas se identificaran por orden y familia, establecido por la guia de identificacion de Roldan



## ASIGNACION DE PUNTAJE

- Segun su familia se le asignara un valor establecido por la guia de identificacion de Roldan

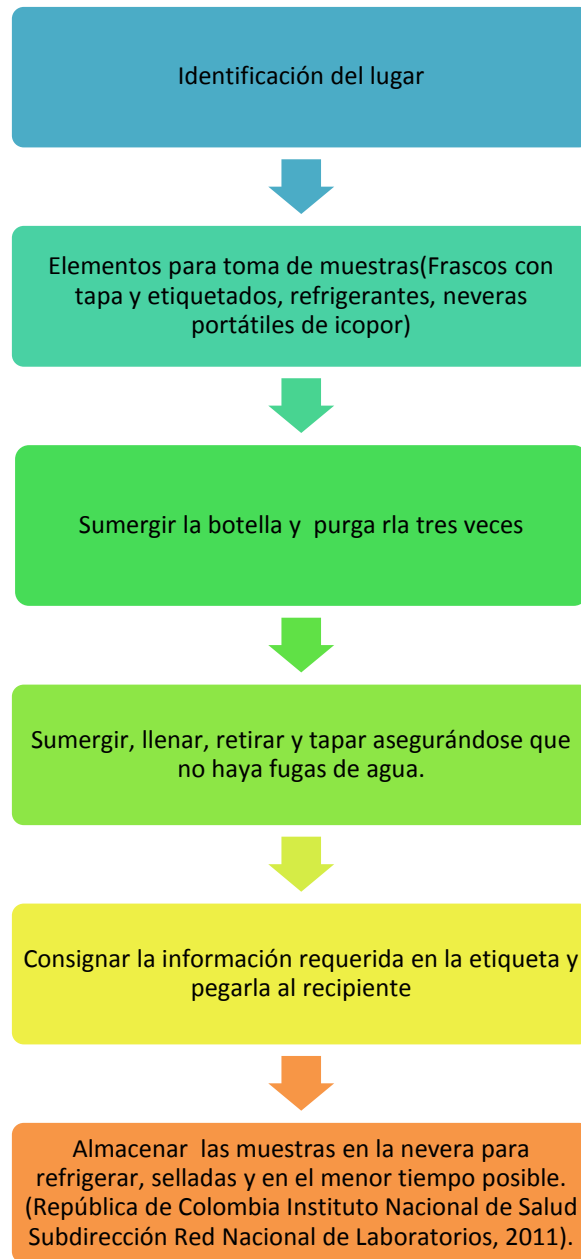


## DETERMINACION DE CALIDAD DE AGUA

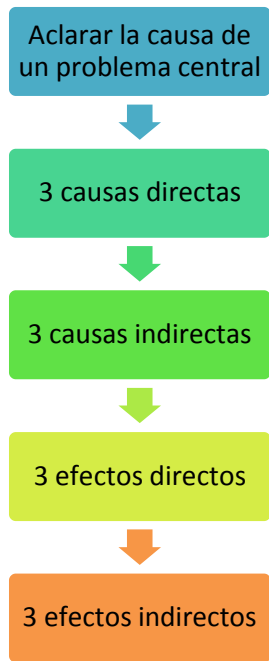
- Se suman los puntajes obtenidos para establecer la calidad de agua segun los rangos establecidos en el método BMWP/COL



## Anexo 5 Protocolo de toma de muestras de agua

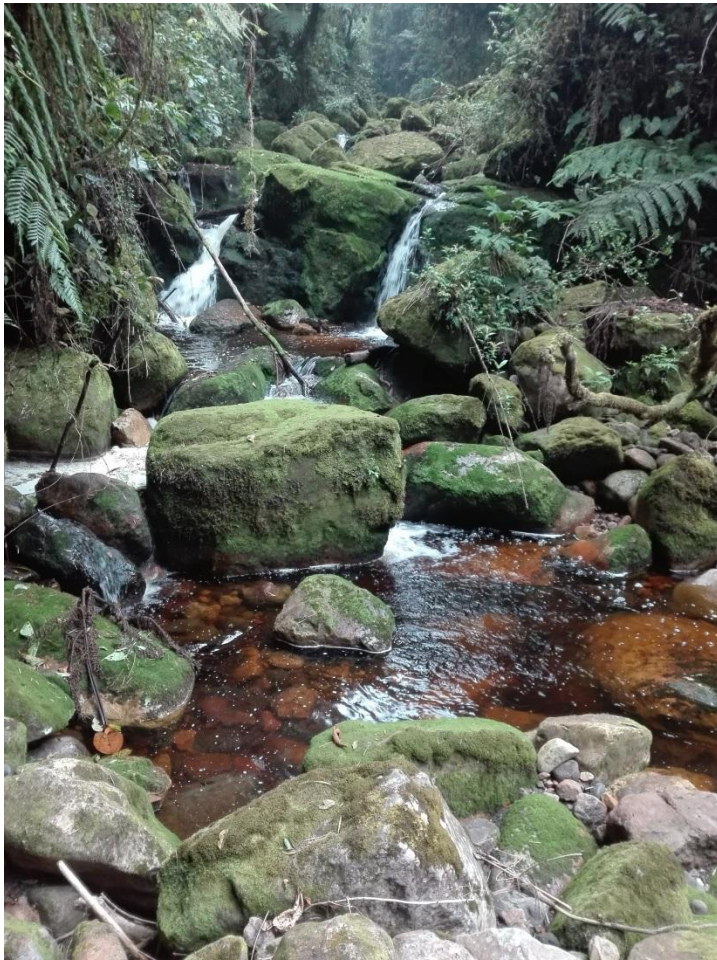


## Anexo 6 Metodología para establecer un árbol de problemas



Anexo 7 Condiciones estaciones de muestreo

Estación N° 1 Nacedero Cerro Pan de Azúcar



Fuente: autores

Estación N° 2 Sector Tenerife



Fuente: Autores



Estación N°3 Puente Kirpalamar



Fuente: Autores

Toma de muestras parámetros físicos, químico y microbiológico estación 1



Fuente: Autores

Colecta Macroinvertebrados estación 1



Fuente: Autores



Muestras parametros físicos químicos y microbiológicos estación 2









Fuente: Autores

Colecta macroinvertebrados estación 3



Fuente: Autores

Anexo 8. Macroinvertebrados colectados en la Quebrada la Lejía

Registro Fotografico	Familia
	Ephemeroptera baetidae
	Coleóptera Staphylidae
	Hemiptera Naucoridae
	Gyrinidae
	Plecoptera Perlidae
	



Ephemeroptera

Leptohyphidae



Mesoveliidae



Neuróptera

Coryllalidae



Díptera

Chinoromidae



Trichoptera

Hydropsichidae



Tridoptera

Hydroptilidae

---





Díptera  
Simuliidae



Díptera  
Chironomidae

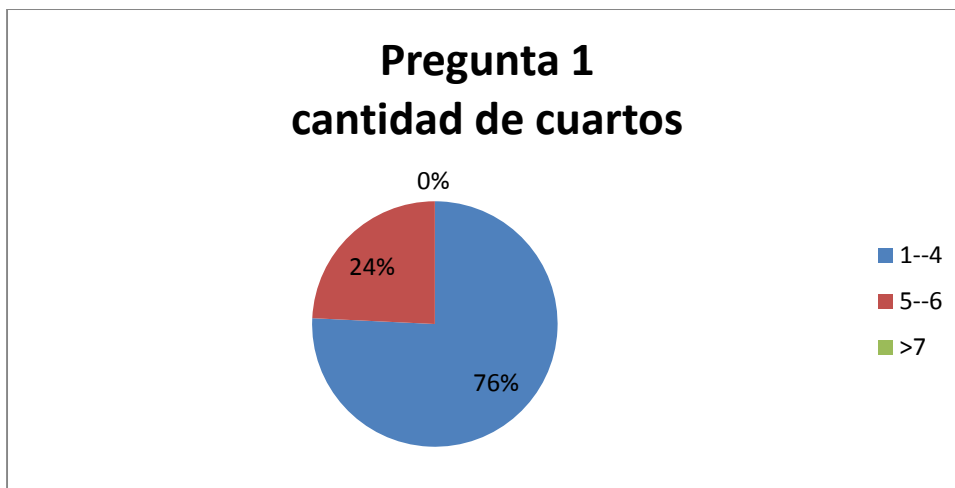


Coleóptera  
Elmidae

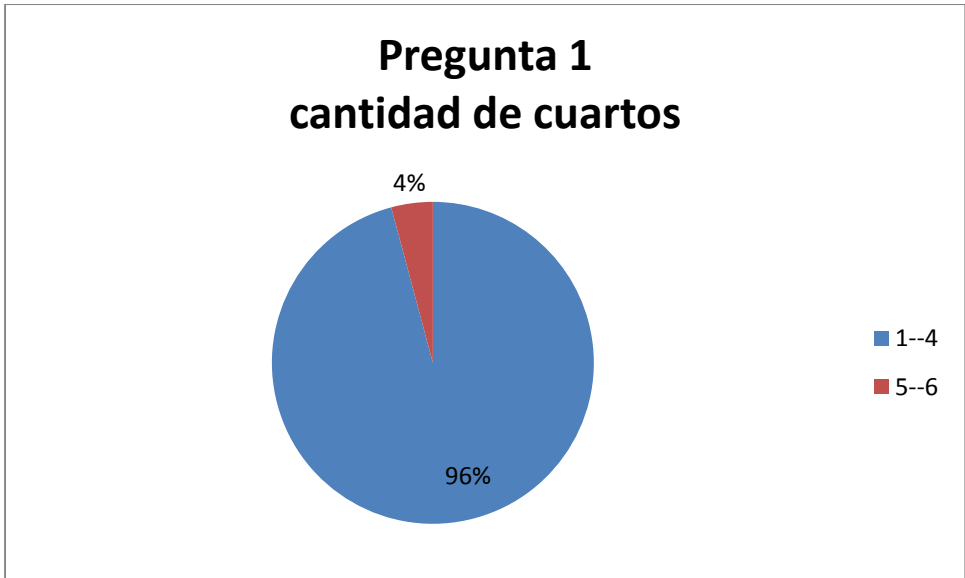
---

#### Anexo 9

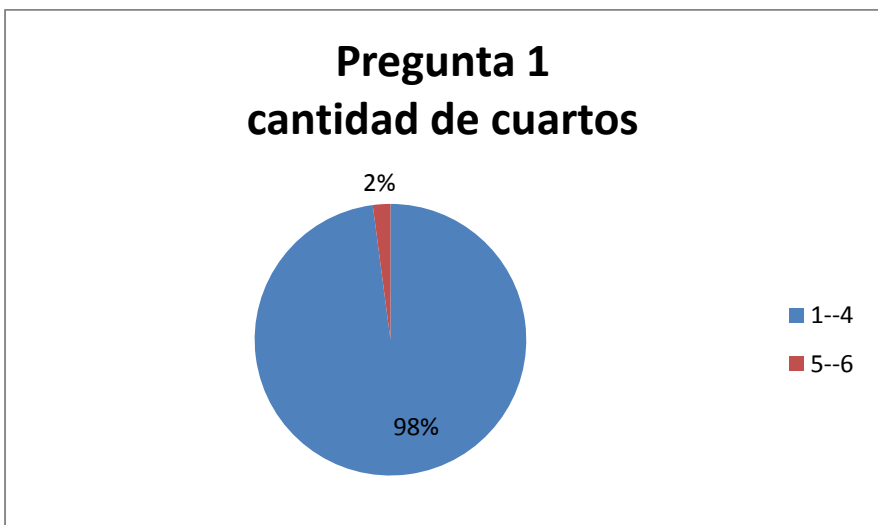
Grafica 3 Pregunta 1 ¿Cual es total de cuartos, piezas o habitaciones con que cuenta su hogar? población del Barrio Rinconada



Grafica 4 Pregunta 1 ¿Cual es total de cuartos, piezas o habitaciones con que cuenta su hogar? población del Barrio Vergel



Grafica 5 Pregunta 1 ¿Cual es total de cuartos, piezas o habitaciones con que cuenta su hogar? población del Barrio San Joaquín



Grafica 6 Pregunta 2 ¿Cuántos baños completos con regadera, cisterna hay para uso exclusivo de los integrantes de su hogar? población del Barrio Rinconada



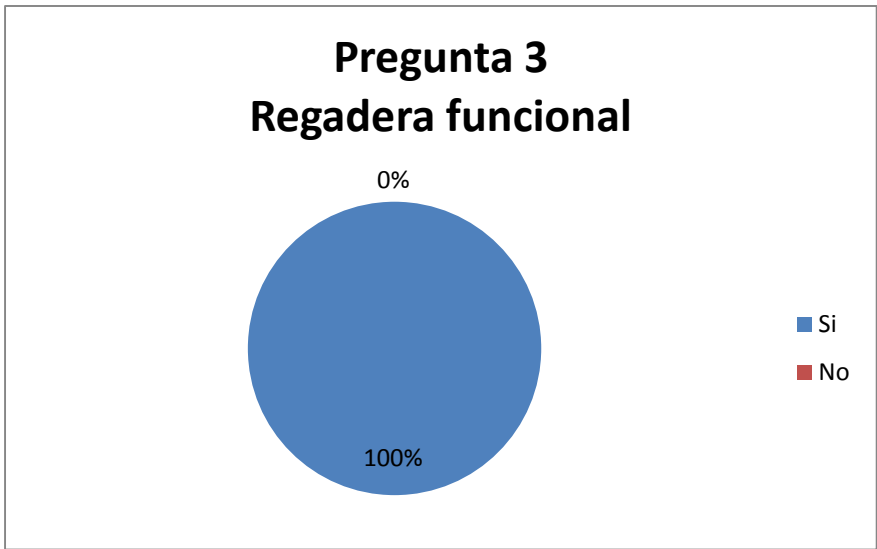
Grafica 7 Pregunta 2 ¿Cuántos baños completos con regadera, cisterna hay para uso exclusivo de los integrantes de su hogar? población del Barrio Vergel



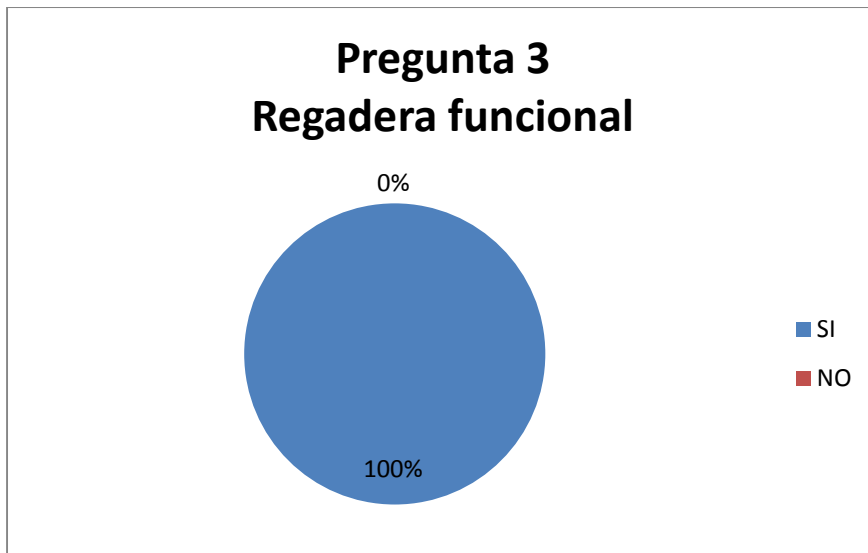
Grafica 8 Pregunta 2 ¿Cuántos baños completos con regadera, cisterna hay para uso exclusivo de los integrantes de su hogar? población del Barrio San Joaquín



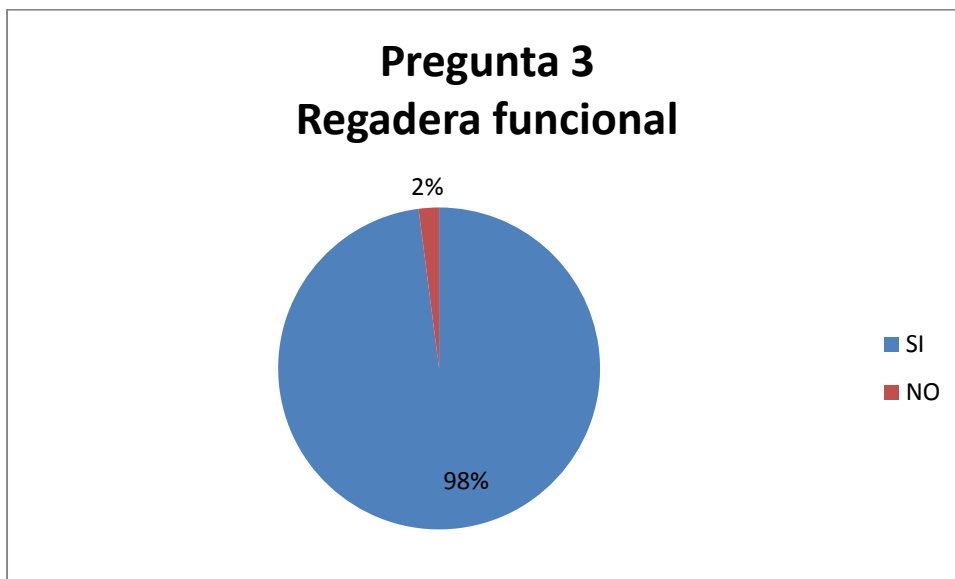
Grafica 9 Pregunta 3 ¿En su hogar cuenta con regadera funcionando en alguno de los baños?  
población del Barrio Rinconada



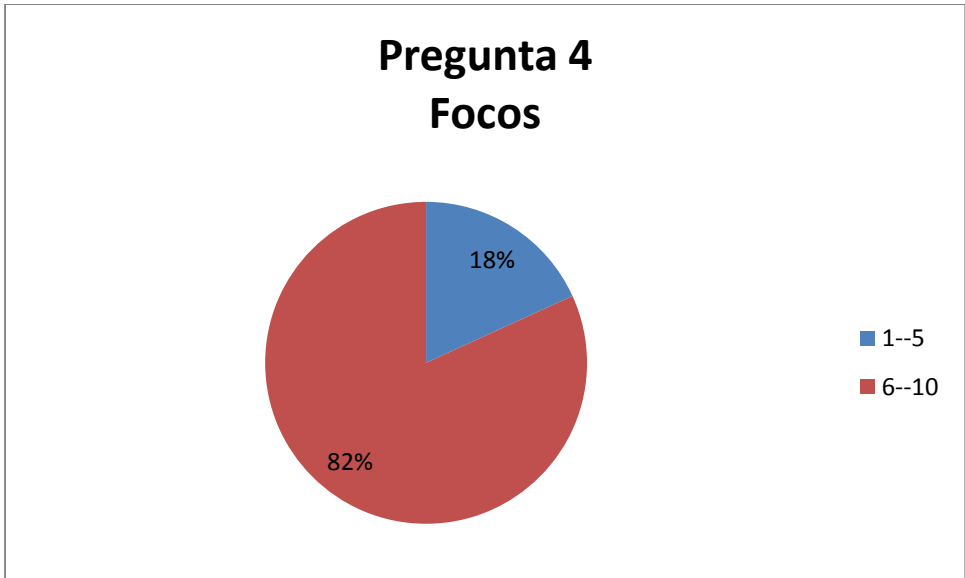
Grafica 10 Pregunta 3 ¿En su hogar cuenta con regadera funcionando en alguno de los baños?  
población del Barrio Vergel



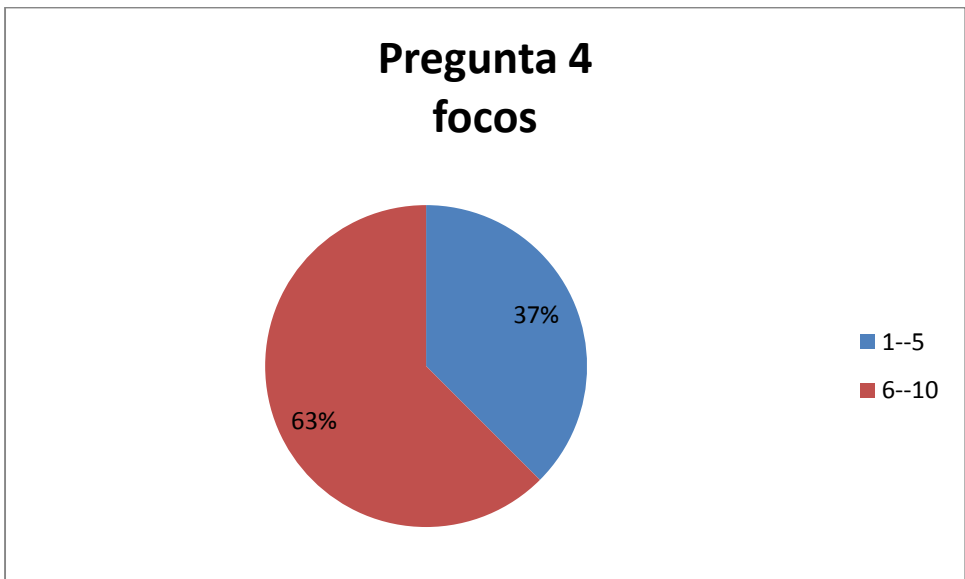
Grafica 11 Pregunta 3 ¿En su hogar cuenta con regadera funcionando en alguno de los baños?  
población del Barrio San Joaquín



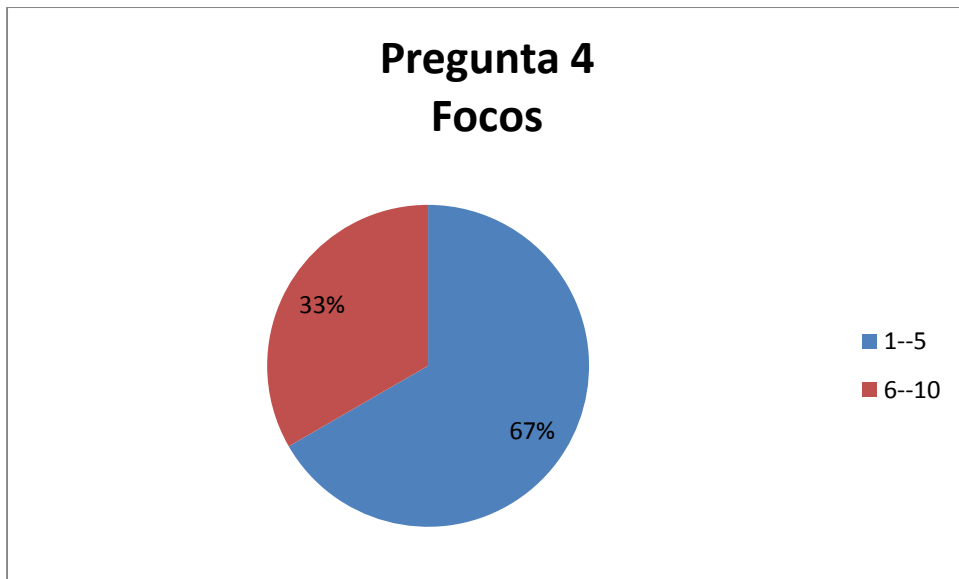
Grafica 12 Pregunta 4 contado todos los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de techo, paredes y lamparas buro o piso, digame ¿Cuántos focos tiene su vivienda?  
población del Barrio Rinconada



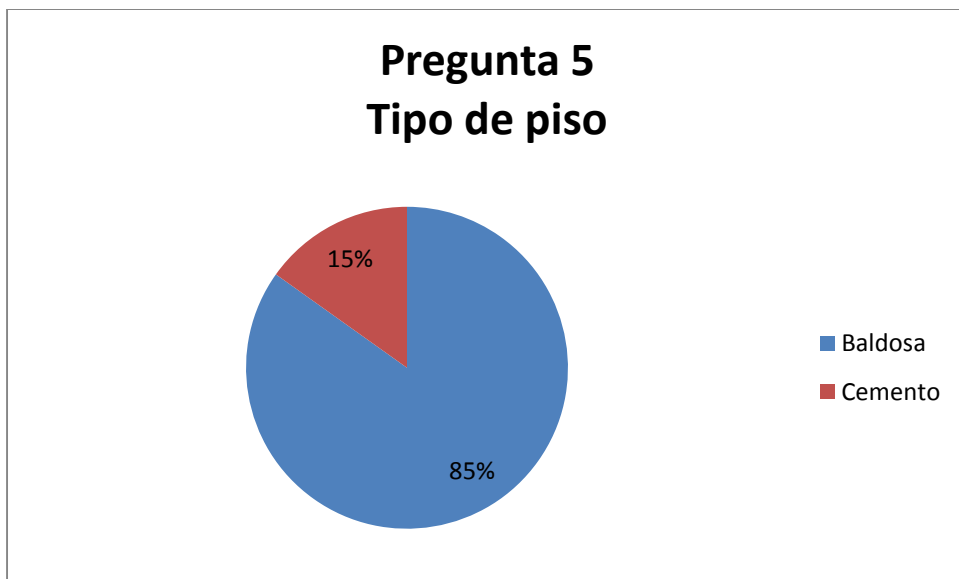
Grafica 13 Pregunta 4 contado todos los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de techo, paredes y lamparas buro o piso, digame ¿Cuántos focos tiene su vivienda?  
población del Barrio Vergel



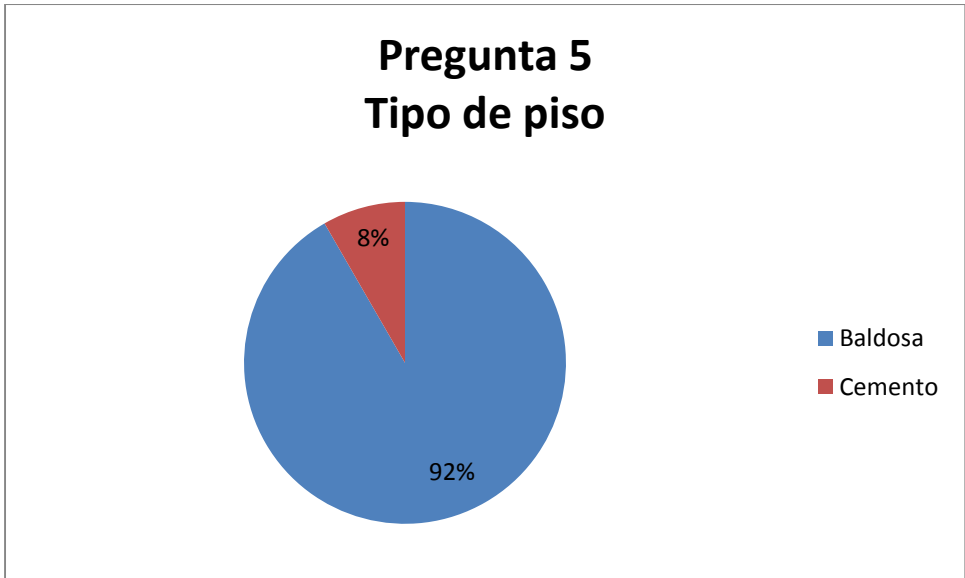
Grafica 14 Pregunta 4 contado todos los focos que utiliza para iluminar su hogar, incluyendo los de techo, paredes y lamparas buro o piso, digame ¿Cuántos focos tiene su vivienda?  
población del Barrio San Joaquín



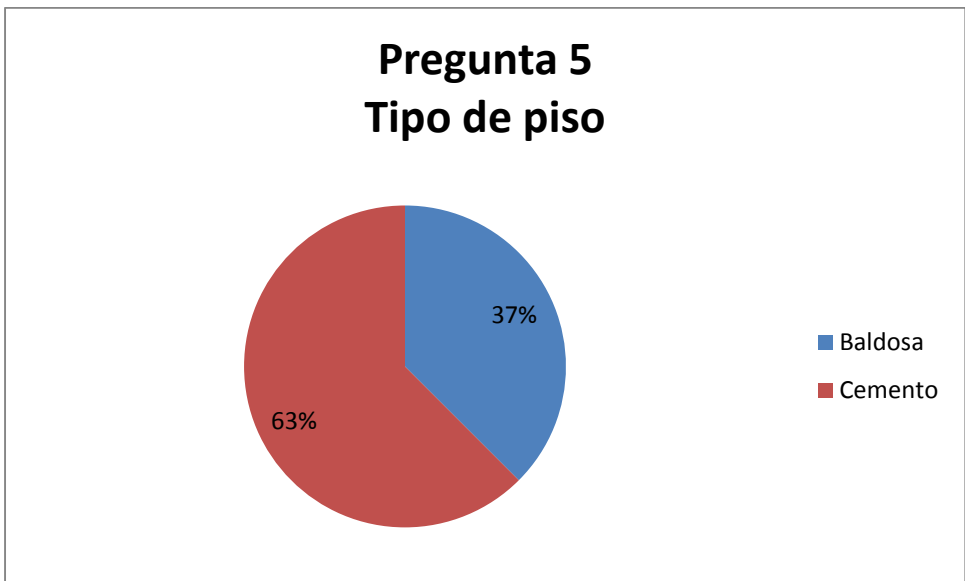
Grafica 15 Pregunta 5 ¿El piso de su hogar es predominantemente de tierra o de cemento, o de algún otro tipo de acabado? población del Barrio Rinconada



Grafica 16 Pregunta 5 ¿El piso de su hogar es predominantemente de tierra o de cemento, o de algún otro tipo de acabado? población del Barrio Vergel

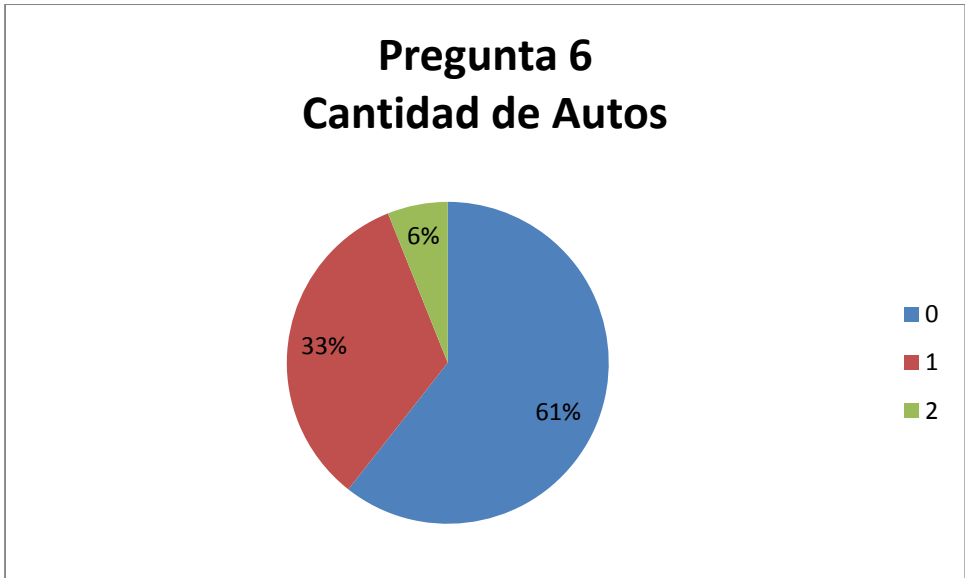


Grafica 17 Pregunta 5 ¿El piso de su hogar es predominantemente de tierra o de cemento, o de algún otro tipo de acabado? Población del Barrio San Joaquín

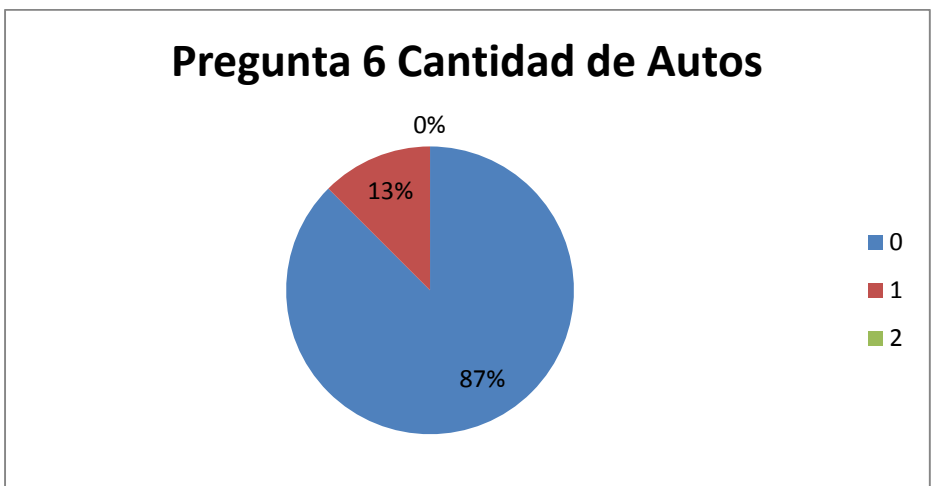


Grafica 18 Pregunta 6 ¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis tienen en su hogar? población del Barrio Rinconada

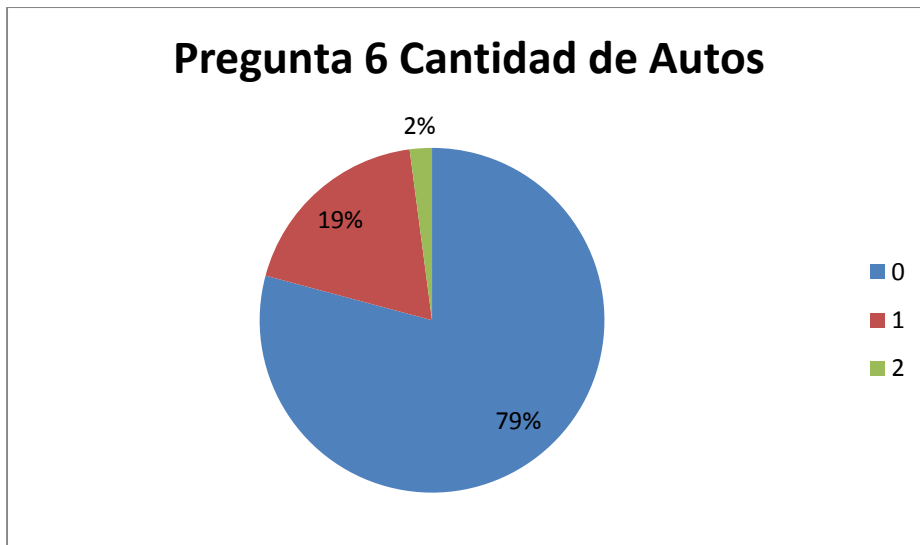




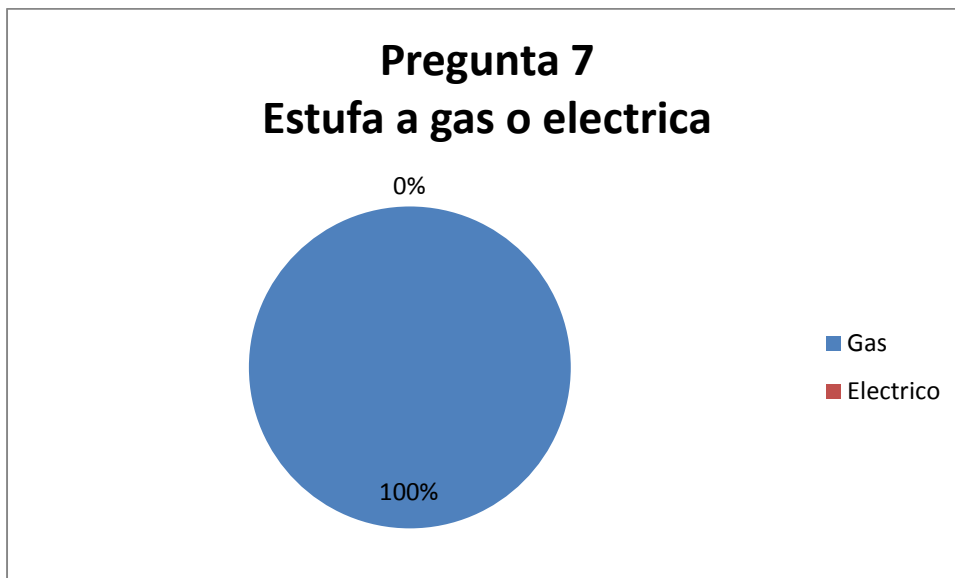
Grafica 19 Pregunta 6 ¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis tienen en su hogar?  
población del Barrio Vergel



Grafica 20 Pregunta 6 ¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis tienen en su hogar?  
Población del Barrio San Joaquín

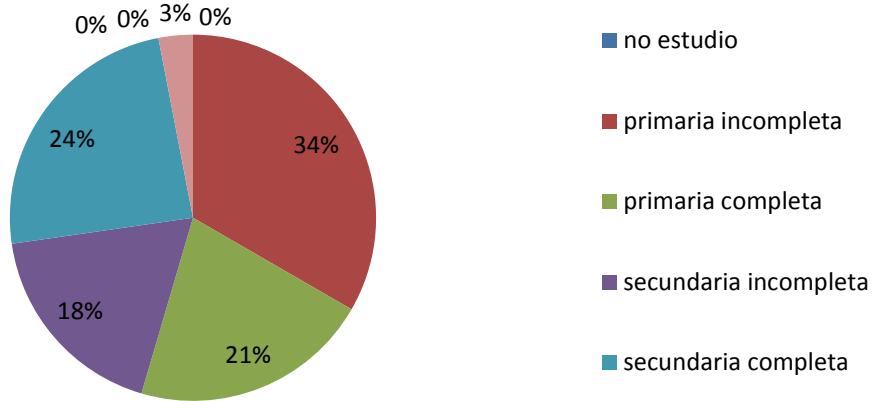


Grafica 21 Pregunta 7 ¿En este hogar cuentan con estufa de gas o eléctrica? población del Barrio Rincona, Vergel, San Joaquin.



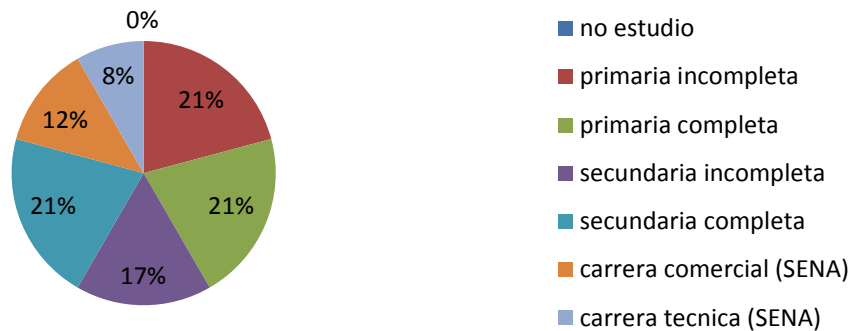
Grafica 22 Pregunta 8 La persona que aporta la mayor parte del ingreso en este hogar ¿Cuál es su nivel educativo? población del Barrio Rinconada

### Pregunta 8 Nivel educativo persona que aporta economicamente



Grafica 23 Pregunta 8 La persona que aporta la mayor parte del ingreso en este hogar ¿Cuál es su nivel educativo? población del Barrio Vergel

### Pregunta 8 Nivel educativo persona que aporta economicamente



Grafica 24 Pregunta 8 La persona que aporta la mayor parte del ingreso en este hogar ¿Cuál es su nivel educativo? Población del Barrio San Joaquín

### Pregunta 8

## Nivel educativo persona que aporta económicamente

