

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA LA Balsa Y
VALORACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA COMUNIDAD DEL VERGEL (IBAGUÉ -
2018)

KAREN JULIETH ACEVEDO SERNA
ANGIE MELISSA BALLESTEROS SUAZA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SECCIONAL GIRARDOT
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
GIRARDOT

2018

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA LA Balsa Y
VALORACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA COMUNIDAD DEL VERGEL (IBAGUÉ -
2018)

KAREN JULIETH ACEVEDO SERNA
ANGIE MELISSA BALLESTEROS SUAZA

Proyecto de investigación presentada (o) como requisito para optar al título de Ingeniero
Ambiental

Director (a): Jack Fran Armengot García Pérez
Biólogo-Maestría en Ciencias Biológicas

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA SECCIONAL GIRARDOT
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
GIRARDOT 2018

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios, quien fue el que nos permitió culminar la carrera.

A nuestros padres, quienes nos dieron la oportunidad de estudiar para ser profesionales, nunca dejando de lado los valores y motivándonos siempre a pensar en grande y a vencer los obstáculos que se presentaran.

A nuestros hermanos que siempre han sido un ejemplo a seguir y nos brindan consejos y apoyo.

A nuestros compañeros y amigos de la universidad que de una u otra forma compartieron su conocimiento con nosotras, además de todos los recuerdos que conservaremos siempre.

A nuestros docentes, quienes formaron nuestras bases en ingeniería y nos enseñaron lecciones de vida y referentes a la carrea y nos inculcaron el deseo de ayudar a preservar el medio ambiente.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos a Dios quien siempre nos acompañó y guio durante estos cinco años.

Le agradecemos a nuestros padres por su apoyo económico y emocional, que fue clave para cumplir esta meta.

A nuestro director de trabajo de grado Jack Fran Armengot García por brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia, quien además es un ejemplo de la combinación de saberes y amor por lo que se hace.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	12
2. Introducción	12
3. Planteamiento del problema	14
4. Justificación.....	15
5. Objetivo.....	17
5.1. Objetivo General.....	17
5.2 Objetivos Específicos	17
6. Marco De Referencia	17
6.1. Marco teórico.....	17
6.1.1. Impacto de la actividad humana al recurso hídrico	18
6.1.2. Índices de calidad de agua	19
6.1.3. Índice de calidad de agua ICA	21
6.1.4. Niveles Socioeconómicos AMAI/NSE.....	24
6.2. Marco conceptual	26
Huella Hídrica:.....	27
6.3. Marco legal.....	29
7. Metodología	36
8. Resultados y discusión	49
8.1. Análisis calidad de agua ICA	49
8.1.1. Porcentaje de oxígeno disuelto	55
8.1.2. Fosfatos	57
8.1.3. Turbiedad	59
8.1.4. Demanda biológica de oxígeno (DBO).....	60
8.1.5. Sólidos suspendidos	62
8.1.6. Coliformes Fecales.....	63
8.1.7. Nitratos.....	64
8.1.8 Temperatura	66
8.1.9 pH.....	66
8.2. Resultados huella hídrica.....	67

8.3. Resultados Perfil Socioeconómico	71
8.3.1. Análisis de cada pregunta de la encuesta de perfil socioeconómico	71
8.3.2 Puntuación perfil socioeconómico	76
8.4. Matriz DOFA.....	78
9. Conclusiones	79
10. Recomendaciones.....	80
11. Anexos.....	82
Bibliografía.....	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.....	21
Tabla 2. Intervalos e interpretación del índice de calidad del agua ICA.....	21
Tabla 3. Tabla de clasificación del nivel socioeconómico.....	23
Tabla 4. Normatividad.....	28
Tabla 5. Descripción parámetros ICA.....	43
Tabla 6. Comparación resultados ICA.....	49
Tabla 7. Estadística descriptiva para las variables fisicoquímicas y microbiológicas.....	46
Tabla 8. Localización puntos de muestro.....	46
Tabla 9. Parámetros estación de muestreo punto 1.....	47
Tabla 10. Parámetros estación de muestreo punto 2.....	47
Tabla 11. Parámetros estación de muestreo punto 3.....	48
Tabla 11. Nivel de oxígeno disuelto.....	55
Tabla 12. Número de individuos por intervalo de puntaje para el cálculo del perfil socioeconómico de la comunidad entrevistada.....	70

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Significancia de los Índices de Contaminación ICOs.....	19
FIGURA 2. Fórmula ICA.....	20
FIGURA 3. Aspectos matrices DOFA.....	24
FIGURA 4. Componentes de la huella hídrica en una cuenca.....	27
FIGURA 5. Matriz DOFA.....	45
FIGURA 6. Rango resultado huella hídrica.....	62
FIGURA 7. Resultado en porcentajes de la pregunta 1 sobre perfil socioeconómico.....	64
FIGURA 8. Resultado en porcentajes de la pregunta 2 sobre perfil socioeconómico.....	66
FIGURA 9. Resultado en porcentajes de la pregunta 3 sobre perfil socioeconómico.....	67
FIGURA 10. Resultado en porcentajes de la pregunta 5 sobre perfil socioeconómico.....	68
FIGURA 11. Resultado en porcentajes de la pregunta 6 sobre perfil socioeconómico.....	69
FIGURA 12. Matriz DOFA.....	72

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN 1. Ubicación Ibagué, Tolima en Colombia.....	34
IMAGEN 2. Mapa temático comunas de Ibagué. Localización comuna 6 donde se encuentra ubicado el conjunto La Balsa.....	34
IMAGEN 3. Ubicación Conjunto La Balsa del Vergel, Ibagué.....	35
IMAGEN 4. Ubicación Mall Portal del Vergel.....	36
IMAGEN 5. Entrada conjunto La Balsa.....	36
IMAGEN 6. Paso de La Balsa.....	36
IMAGEN 7. Plano ubicación puntos de muestro.....	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Puntos de muestreo.....	78
Anexo 2. Toma de muestras.....	79
Anexo 3. Medición de parametros in situ.....	79
Anexo 4. Almacenamiento y transporte de muestras.....	80
Anexo 5. Fotos conjunto residencial la balsa.....	81

1. Resumen

El presente trabajo tiene como propósito principal realizar el análisis preliminar de la calidad del agua de la Quebrada la Balsa, la cual pertenece a la cuenca del Río Chípalo y atraviesa el conjunto La Balsa del Barrio el Vergel y su cauce es cercano al centro comercial Mall Portal del Vergel en Ibagué (Tolima). Con el fin de identificar el posible impacto del Conjunto Residencial La Balsa y el centro comercial en un tramo de la quebrada, se implementó la metodología ICA NSF (Índice de Calidad del Agua) empleando los 9 parámetros estándar en conjunto con la evaluación preliminar de la huella hídrica de los residentes. Con relación al análisis socioeconómico para determinar el perfil socioeconómico, se efectuaron 20 Encuestas en el conjunto residencial y 40 encuestas a los administradores y visitantes de los locales del Centro Comercial Mall Portal del Vergel.

2. Introducción

A medida que la sociedad se desarrolla, también se incrementa la demanda del recurso hídrico, superando la capacidad de carga y generando al tiempo diferentes impactos sobre los cuerpos superficiales y acuíferos, el agua es un recurso vulnerable ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, entre otros, presentando efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas (Forero, Reinoso, Gutiérrez., 2013, p.2)

Dentro de la relación de barrios o asentamientos urbanos con sus recursos como bosques, ríos, quebradas o humedales, en el paisaje urbano la población tiene cierto tipo de conciencia referente

al valor cultural, social y estéticos de estos ecosistemas. Dorado y Merchan (2015,p.16) al realizar un análisis socioambiental de la quebrada la Palmara en 5 barrios de Melgar (Tolima), determinaron que la comunidad reconoce la importancia de esta fuente hídrica desde el punto de vista cultural encontrándola inmersa en el himno municipal, además del hecho de que la quebrada hace aproximadamente 35 años era una fuente hídrica con características aptas para el consumo humano y demás servicios tanto sociales, recreativos y ecosistémico, no obstante las nuevas generaciones en 4 de los 5 barrios analizados argumentan que en la actualidad esta fuente hídrica no tiene ninguna importancia en la actualidad debido a sus niveles avanzados de contaminación.

Más recientemente Galindo y García (2017, p. 103) encontraron una relación entre nivel socioeconómico y calidad del recurso hídrico, en esta caso en el Humedal el Yulo del municipio de Ricaurte (Cundinamarca), la urbanización cercana al humedal con niveles socioeconómicos altos, es decir que cubren todas las necesidades, mostró que la calidad del agua en humedal era mala o crítica comparada con las comunidades con bajos recursos pero con calidad de agua regular o ligeramente contaminadas para este ecosistema.

El presente proyecto enmarcado espacialmente en el municipio de Ibagué (Tolima) tiene como fin generar un análisis de la calidad del agua del tramo de la quebrada La Balsa que recorre el Conjunto Residencial La Balsa (residentes entre estratos 4 y 5) y también el centro comercial Mall Portal del Vergel. El estudio por medio del instrumento metodológico de las encuestas en el área residencial y la comercial, permitió delimitar si existe una valoración paisajística y sociocultural de este ecosistema. Si los habitantes lo consideran un elemento importante en el contexto ambiental (relación agua-diversidad-sociedad) o por el contrario solo resulta ser un sumidero de desechos y contaminantes urbanos (lógica del metabolismo de las ciudades).

3. Planteamiento del problema

En el Municipio de Ibagué (Tolima), existen 8 acueductos comunitarios que abastecen alrededor de 6.443 familias, dos de estos acueductos tienen como fuente de abastecimiento la quebrada la Balsa, la cual se ve afectada por vertimientos de aguas residuales y contaminación por residuos sólidos arrojados por la misma comunidad (Plan de ordenación y manejo ambiental de la microcuenca de las quebradas las panelas y la balsa, Cortolima, 2009, p. 170).

De acuerdo con los recorridos realizados por funcionarios de CORTOLIMA desde el año 2015 hasta el año 2017 se identificó un total de 181 vertimientos dentro del perímetro hidrosanitario de la empresa IBAL S.A. E.S.P. en el municipio de Ibagué; para la quebrada la Balsa se encontraron vertimientos en el sector barrio San Antonio, Fuente de los rosales, taller av. ambala, el vergel María Poussepin, entrada finca Santa Inés, Arroyuelos 1, Arroyuelos 2, Ibagué 2000 y el acueducto comunitario del barrio Las Delicias de un caudal de 3 lt/seg (CORTOLIMA, 2017).

En la quebrada la Balsa, sus condiciones son afectadas por el vertimiento directo de aguas residuales a las fuentes hídricas, producto de la actividad porcícola que se desarrolla especialmente en la Vereda Bellavista, el inadecuado manejo de los residuos sólidos expresado en botaderos de basura a cielo abierto que por lo general van a parar a los cuerpos de agua, tanto en el sector rural como urbano, el aumento de los sólidos en suspensión debido a los procesos erosivos, la falta de cobertura del alcantarillado en algunos sectores de la Microcuenca y la carencia de plantas de tratamiento de aguas residuales, especialmente en el sector del Barrio las Delicias II, a todo esto se suma la poca conciencia ambiental por parte de la comunidad, lo cual ha contribuido a generar un problema en la calidad del agua, provocando alteraciones en las características físicas y químicas del agua lo que probablemente puede generar problemas en la

salud de la comunidad por el consumo de la misma. (Alcaldía Municipal de Ibagué, Cortolima, IBAL, 2009, p. 518).

La Quebrada La Balsa con una longitud de 5.673,6 metros y un área de 292 Has, es decir, 6.460 m² atraviesa gran cantidad de conjuntos residenciales de la comuna 6 de Ibagué, la comunidad del Vergel tiene contacto directo con la misma y puede afectarla probablemente de forma negativa o positivamente. De este modo se hace prioritario dentro de las estrategias de gestión integral del recurso hídrico empezar a delimitar la relación entre asentamientos urbanos y reservorios lenticos o loticos, puesto que la tendencia es lo que los autores Walsh et al (2005) proponen como el síndrome de las corrientes urbanas “The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search For A Cure”, es decir la degradación de todas las fuentes hídricas en lo referente a sus elementos estructurales fisicoquímicos, hidráulicos, geomorfológicos, de coberturas y finalmente paisajísticos en su paso por una ciudad.

Bajo el anterior contexto descrito, este proyecto plantea la siguiente pregunta de investigación:

1. ¿Qué relación (positiva o negativa) existe entre los habitantes del conjunto La Balsa y los administradores y visitantes del Centro Comercial Mall Portal del Vergel con la calidad del cuerpo de agua?

4. Justificación

El agua es un recurso esencial para la vida, es la base de la existencia de los seres vivos y es el deber de todos conservarla. Bajo esta premisa es importante realizar el análisis de la Calidad del Agua (ICA) en la quebrada la Balsa, debido a que esta metodología nos permite determinar los criterios generales referentes al uso y delimitar la escala de calidad (excelente a contaminada). Este diagnóstico, permitirá conocer el estado actual de la quebrada y como la comunidad se

relaciona con este ecosistema (un reservorio de desechos y vertimientos o un espacio paisajístico vital). También servirá para generar espacios para la convergencia de procesos de educación y cultura ambiental en especial en la comunidad del conjunto residencial y del centro comercial en pro de la generación de tejido social comprometido con la conservación, prácticas amigables con el ambiente, conciencia y respeto al entorno natural sumergido en el paisaje urbano.

La información más reciente de la huella hídrica para el departamento del Tolima la encontramos en el Estudio Nacional Del Agua del 2014, el cual describe que su huella hídrica verde es de 1000 a 2000 millones de metros cúbicos al año y su huella hídrica azul de 50.1 a 100 millones de metros cúbicos al año, las cuales incluyen los sectores agropecuario, doméstico, industrial, generación de energía y extracción de petróleo; además, la demanda hídrica total del Tolima es de 100 a 200 Millones de Metros Cúbicos según El Estudio Nacional Del Agua del 2010. En este estudio se propone realizar un análisis preliminar de la huella hídrica para la comunidad del Vergel (conjunto residencial y centro comercial) ya que permitirá determinar el uso del agua de la misma y relacionarla finalmente con el perfil socioeconómico.

Con relación al concepto de manejo de ecosistemas, este busca resaltar el valor de la diversidad biológica y los ecosistemas para la economía y las sociedades, así como el coste de su degradación y pérdida. Este manejo se enfoca en el cuidado y mantenimiento de los ecosistemas y la biodiversidad para satisfacer las necesidades futuras, tanto ecológicas como humanas (UNEP, 2017).

5. Objetivo

5.1. Objetivo General

Analizar de manera preliminar la calidad del agua de la Quebrada la Balsa, perteneciente a la cuenca del Río Chípalo, y su posible relación con la actividad de la comunidad del conjunto residencial La Balsa y el Centro Comercial Mall Portal del Vergel (Ibagué-Tolima) 2018.

5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad del agua empleando el método ICA NSF n tres puntos de la quebrada La Balsa que atraviesa el Conjunto Residencial La Balsa y está cerca al centro comercial Mall Portal del Vergel.
- Establecer la Huella hídrica preliminar de los habitantes del Conjunto Residencial La Balsa del Vergel, además de los administradores y visitantes de los establecimientos del centro comercial Mall Portal del Vergel.
- Determinar los perfiles socioeconómicos de la comunidad del Conjunto Residencial La Balsa del Vergel y del centro comercial Mall Portal del Vergel mediante la metodología AMAI
- Generar una matriz un DOFA ambiental del componente hídrico como aporte al conocimiento de línea base para la comunidad del Conjunto Residencial La Balsa del Vergel.

6. Marco De Referencia

6.1. Marco teórico

El desarrollo de las poblaciones siempre ha traído consigo un deterioro en el ambiente, ya que desarrollo implica explotación de recursos para satisfacer las necesidades de la población cuando no se aplica un desarrollo sostenible.

6.1.1. Impacto de la actividad humana al recurso hídrico

El impacto actual de las actividades del hombre en el sistema de agua de nuestro planeta equivale al derretimiento de los glaciares hace 11.500 años, según el equipo de científicos perteneciente al Proyecto del Sistema Global de Aguas (GWSP en inglés), Organización Internacional dedicada al estudio de la problemática del agua. El impacto del ser humano sobre el medio ambiente, especialmente sobre el sistema de agua así como el clima, ha originado el llamado Antropoceno, una nueva era geológica caracterizada por la influencia humana en la transformación planetaria (Earth System Science Partnership, 2006, p.2)

A medida que pasa el tiempo, las actividades humanas están afectando los elementos fundamentales del ciclo hidrológico como lo son el clima, la extensión del hielo en el mar, los glaciares, el volumen de los océanos, y por ende la cantidad y la calidad del agua para el consumo humano. La agricultura es la actividad que más agua utiliza "y de forma muy ineficaz". En los países en desarrollo no hay políticas de inversión para mejorar las prácticas de riego de los cultivos; la construcción desmedida de grandes represas que están desviando el flujo natural de los ríos, afecta negativamente a los ecosistemas; los desarrollos urbanísticos en las costas y la minería generan altos niveles de erosión; además del incremento de la población mundial, la sobreexplotación y mala gestión del agua que han provocado fragilidad y deterioro en los ecosistemas (Planeta Azul, 2013, p.1).

El agua es un recurso vital y necesario para sobrevivir, por lo tanto debe estar en buenas condiciones para evitar problemas ambientales y sanitarios; para la medición de la calidad existen diferentes métodos, entre estos los índices de calidad de agua.

6.1.2. Índices de calidad de agua

La evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura. Una herramienta son los índices de calidad de agua –ICA–; los de tipo multiplicativo son más sensibles a las variaciones en la calidad del agua que los de tipo aditivo. Aquellos que consideran las variaciones en el tiempo y en el espacio y además permiten una comparación con la normativa vigente en la zona de estudio, como en CCME – WQI y DWQI, son más adecuados para su aplicación en fuentes como el río Cauca que está expuesto a constantes variaciones de calidad (Patiño, P., Torres, P., Cruz, C, 2009, p. 79-94).

Existen diferentes tipos de índices, los cuales son usados según la condición y características del agua., para el caso de Colombia el estudio y la formulación de Índices de Calidad de Agua han sido abordados desde 1997 principalmente por Ramírez. Tal conjunto de Índices denominados ICO (Ramírez et al., 1997) tuvieron su base en los resultados de análisis multivariados de componentes principales de común utilización en monitoreos en la Industria Petrolera Colombiana (Ramírez, 1988; Oleoducto Colombia-Ecopetrol-ICP, 1993: Ocensa-Ecotest, 1997; BP Exploration, 1998; En Ramírez, 1999), y han demostrado enormes ventajas sobre los ICA (WQI), debido a que como se ha ilustrado con anterioridad, los ICA generalmente, involucran en un solo parámetro, numerosas variables que conllevan a diversos problemas (Universidad de Pamplona, 2005, p.105).

El procedimiento metodológico para las formulaciones de estos índices correspondió a la descrita en Ramírez et al. (1997) y Ramírez et al. (1999) la cual incluye la asignación de valores de contaminación entre Cero y Uno a la escala de las variables, la selección de la ecuación que permita relacionar el valor de la variable y su incidencia en contaminación, su aplicación del

análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados ordinarios a la relación entre el índice y el parámetro y finalmente el ajuste de la ecuación estimada.

De acuerdo con este mismo autor (Ramírez y Viña, 1998 y Ramírez et al., 1999), en primera instancia las correlaciones halladas entre múltiples variables fisicoquímicas dieron origen a cuatro índices de contaminación complementarios e independientes de aplicación verificada conocidos como (Universidad de Pamplona, 2005, p.106- 108):

Índice De Contaminación Por Mineralización –ICOMI que integra Conductividad, Dureza y Alcalinidad.

Índice De Contaminación Por Materia Orgánica ICOMO conformado por Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Coliformes Totales y Porcentaje de Saturación de Oxígeno.

Índice De Contaminación Por Sólidos Suspendedos – ICOSUS

Índice De Contaminación Por Trofia – ICOTRO. Se calcula sobre la base de la concentración de Fósforo Total en mg/l.

Índice De Contaminación Por Temperatura – ICOTEMP. El interés de la formulación de este índice está enfocado tácitamente a la evaluación de vertimientos, y no como en casos anteriores, a la caracterización de aguas naturales. Por lo tanto, el ICOTEMP se formuló sobre la base de la diferencia entre el vertimiento y el cuerpo receptor.

Índice De Contaminación Por pH – ICOpH






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

FIGURA 1. Significancia de los Índices de Contaminación ICOs

Fuente: Universidad de Pamplona, 2005, p.108

Tabla 1. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome la ICA Fuente: IDEAM.

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

6.1.3. Índice de calidad de agua ICA

El índice de Calidad de Agua "Water Quality Index" (WQI), según Ball y Church en 1980; fue desarrollado por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos en 1970, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la "Rand Corporation's" (Universidad de Pamplona, 2005, p.43).

La Comunidad Andina de Naciones (CAN) define el Índice de calidad del agua (ICA), como un número o una clasificación descriptiva de varios parámetros, cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil en la toma de decisiones de las autoridades (CAN, 2004, p.2).

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, p.1).

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100% y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no (Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET, 2009, p.1).

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

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

- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- (OD en % saturación)

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{\alpha} = \sum_{i=1}^9 (sub_i \times W_i)$$

FIGURA 2. Fórmula ICA (IDEAM, 2011, P.3).

Donde:

ICA. Índice de la calidad del agua, evaluado con base en n (9) variables.

W_i. Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

Sub_i. Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente).

Para cada una de las variables se construye una “relación funcional” o “curva funcional” (ecuación) en la que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico, mientras que los distintos niveles (o intensidades) de cada variable se disponen en las abscisas, trazando en cada gráfico una curva que represente la variación de la calidad del agua respecto a la magnitud de cada contaminante (IDEAM, 2011, p.4).

De acuerdo con el índice obtenido, la calidad de un cuerpo de agua según el INSF (National Sanitation Foundation, 1970, p.33) queda definida en la siguiente Tabla 1.

Tabla 2. Intervalos e interpretación del índice de calidad del agua ICA

Intervalo ICA	Interpretación
0.81 – 1.00	Cuerpo de agua con niveles de calidad aceptables
0.51 – 0.80	Corrientes con indicios de contaminación
0.21- 0.50	Estado de contaminación que requiere atención inmediata
<0.2	Ecosistema fuertemente contaminado

Esta tabla define la calidad del agua, después de obtener el índice. (León, 1992).

En la mayoría de los casos el uso y cuidado del recurso hídrico se encuentra relacionado con los niveles socioeconómicos de las poblaciones cercanas a las fuentes hídricas, por esta razón es importante tener en cuenta las variables socioeconómicas a la hora de realizar estudios.

6.1.4. Niveles Socioeconómicos AMAI/NSE

El NSE (Nivel Socio Económico) ubica a las personas y sus familias de acuerdo a su estatus económico, educativo y social, basado en diferentes indicadores que en conjunto reflejan el nivel de cada individuo(s).

De acuerdo a la AMAI (Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercados y Opinión Pública) el NSE es el nivel de bienestar que tienen los miembros de un hogar, de acuerdo a que tanto se encuentran cubiertas las necesidades en cuanto a espacio habitacional, servicios sanitarios, practicidad de vida, entretenimiento, comunicación y planeación a futuro (NSE, AMAI, 2018).

El índice de Niveles Socioeconómicos (NSE) es la regla, basada en un modelo 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 (NSE, AMAI, 2018)

Para el desarrollo del modelo de estimación del NSE la AMAI se ha basado en un marco conceptual que considera seis dimensiones del bienestar dentro del hogar:

- Capital Humano
- Infraestructura Práctica
- Conectividad y entretenimiento
- Infraestructura Sanitaria
- Planeación y futuro
- Infraestructura básica y espacio

La satisfacción de estas dimensiones determina la calidad de vida y bienestar de los integrantes de los hogares.

Actualmente la AMAI clasifica a los hogares utilizando la “Regla de NSE 2018”. Esta regla es un algoritmo desarrollado por el comité de Niveles Socioeconómicos que mide el nivel de satisfacción de las necesidades más importantes del hogar. Esta regla produce un índice que clasifica a los hogares en siete niveles, considerando las siguientes seis características del hogar (NSE, AMAI, 2018):

- Escolaridad del jefe del hogar
- Número de dormitorios
- Numero de baños completos
- Número de personas ocupadas de 14 años y más
- Número de autos
- Tenencia de internet

Una vez que se hayan realizado las preguntas del cuestionario, se deberán sumar los puntos obtenidos para cada uno de los hogares, y se utilizará la siguiente tabla para determinar el Nivel socioeconómico al que pertenece (NSE, AMAI, 2018).

Tabla 3. Tabla de clasificación del nivel socioeconómico

Fuente: NSE, AMAI, 2018

Nivel Socioeconómico	Puntos
A/B NIVEL ALTO	205 o más
C+ NIVEL MEDIO ALTO	166 a 204
C NIVEL MEDIO TÍPICO	136 a 165
C- NIVEL MEDIO EMERGENTE	112 a 135
D+ NIVEL BAJO TÍPICO	90 a 111
D NIVEL BAJO EXTREMO	48 a 89
E NIVEL BAJO MUY EXTREMO	0 a 47

6.2. Marco conceptual

Contaminación del agua: es la modificación de las condiciones físicas, químicas y biológicas de la misma causada por actividades naturales o antrópicas, volviéndola nociva para el ser humano, animales y plantas.

Contaminación por nutrientes: es el resultado del exceso de nitrógeno y fósforo en el agua. El nitrógeno y el fósforo son nutrientes naturales presentes en los ecosistemas acuáticos; ayudan al crecimiento de algas y plantas acuáticas, que brindan comida y un hábitat a peces, moluscos y organismos más pequeños que viven en el agua. Sin embargo, cuando demasiado nitrógeno y fósforo ingresan a un medio, generalmente provenientes de diversas actividades humanas, el agua puede contaminarse. La contaminación por nutrientes ha afectado muchos arroyos, ríos, lagos, bahías y aguas costeras durante varias décadas. Esto causa problemas ambientales y problemas para la salud humana graves, e impacto en la economía. (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016).

DOFA Ambiental: Es una estrategia se utiliza para identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que se originan en un proyecto o estudio ambiental; es una herramienta para conocer la situación real en que se encuentra el proyecto o estudio, y planificar una estrategia de futuro, en otras palabras es explotar al máximo las ventajas comparativas. (Taita, 2012)

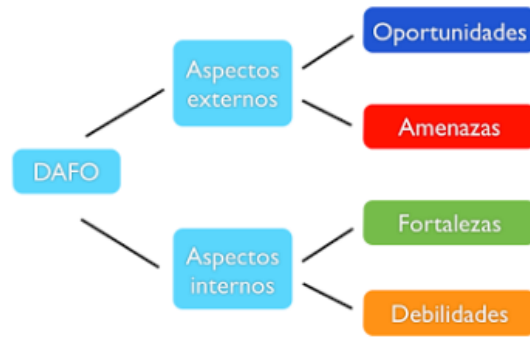


FIGURA 3. Aspectos matrices DOFA.

FUENTE: Biblioteca g.a blogs.pot

Calidad del agua: capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella, la definen aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y para que cumpla unos determinados objetivos de calidad. Conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas que la definen (Libro Blanco del Agua en España, 2000).

Huella Hídrica: La evaluación ambiental de las huellas hídricas en una cuenca, se basa en la comparación entre estas, que reflejan el agua demandada (extraída del sistema) y no retornada, y la disponibilidad de agua a nivel de cuenca, contando para ello con la determinación previa del origen del agua, humedad contenida en el suelo o agua de cuerpos de agua superficial, la cual esta diferenciada por colores, agua verde y azul, respectivamente (ENA, 2014, p.190).

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. Mide en el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada a lo largo de la cadena de suministro, ya sea por unidad de tiempo para individuos y comunidades, o por unidad producida para una empresa. Se puede calcular para cualquier grupo definido de consumidores

(por ejemplo, individuos, familias, pueblos, ciudades, departamentos o naciones) o productores (por ejemplo, organismos públicos, empresas privadas o el sector económico) (Feijoo, K., 2014).

El total de la huella hídrica de un individuo o un producto descompone en tres elementos:

- 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 subterráneas 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 (Res, 2016).
- 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 (Res, 2016).
- 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) (Res, 2016).

Finalmente la Huella Hídrica Indirecta, que engloba dentro de su evaluación a los tres tipos de Huellas mencionadas con anterioridad:

- Huella Hídrica Indirecta, se refiere al volumen de agua incorporada o contaminada en toda la cadena de producción de un producto. Por ejemplo, en la producción de cerveza. Durante el crecimiento del cultivo de cebada se consume y se contamina agua, que sería la HH Indirecta de la producción de cerveza. En la producción de

cerveza se consume y se contamina agua, que sería la HH Indirecta del producto terminado (Manual de evaluación, 2018, p.5)

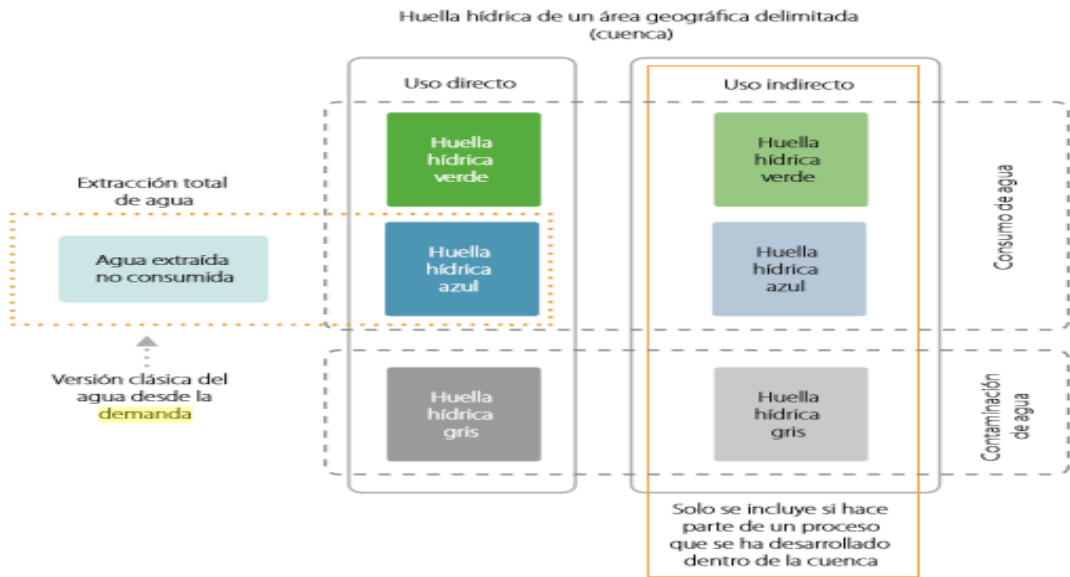


FIGURA 4. Componentes de la huella hídrica en una cuenca (ENA, 2014, P.191).

6.3. Marco legal

Tabla 4. Normatividad

TIPO	NÚMERO	FECHA	PROPÓSITO
------	--------	-------	-----------

Constitución
política nacional
de Colombia

1991

En ejercicio de su poder
soberano, representado por sus
delegatarios a la Asamblea
Nacional Constituyente,
invocando la protección de
Dios, y con el fin de fortalecer
la unidad de la Nación y
asegurar a sus integrantes la
vida, la convivencia, el trabajo,
la justicia, la igualdad, el
conocimiento, la libertad y la
paz, dentro de un marco
jurídico, democrático y
participativo que garantice un
orden político, económico y
social justo, y comprometido a
impulsar la integración de la
comunidad latinoamericana,
decreta, sanciona y promulga la
siguiente.

Estableciendo 42 artículos que
benefician al medio ambiente

			Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto	2811	18/12/1974	
			Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre.
Decreto	1608	31/07/1978	
			Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.
Ley	99	24/01/1979	
			Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto- Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y se dictan otras disposiciones.
Decreto	2857	13/10/1981	

Decreto	2858	13/10/1981	Por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 56 del Decreto-Ley 2811 de 1974 y se modifica el Decreto 1541 de 1978.
Ley	17	22/01/1981	Por la cual se aprueba la "Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres", suscrita en Washington, D.C. el 3 de marzo de 1973.
Decreto	2105	26/07/1983	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Potabilización del Agua.
Decreto	1594	26/06/1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI Parte III Libro II y el Título III de la

			<p>Parte III Libro I del Decreto</p> <p>Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos</p>
			<p>Por la cual se crea el</p> <p>Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.</p>
Ley	99	22/12/1993	<p>Por medio de la cual se aprueba el “convenio sobre la Diversidad Biológica” hecho en Rio de Janeiro el 5 de junio de 1992</p>
			<p>Por la cual se modifica la Ley 9</p>
Ley	388	18/08/1997	<p>de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.</p>

			Plan de ordenamiento territorial
Decreto	475	10/03/1998	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable
Ley	611	16/08/2000	Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática.
Acuerdo	248	2000	Por medio del cual se adopta el plan de ordenamiento de Ibagué y se dictan otras disposiciones.
Resolución	451	01/06/2001	Por la cual se reglamenta la certificación a la que alude el párrafo primero del artículo 7o. de la Resolución número 1367 de 2000 del Ministerio del Medio Ambiente
Decreto	1575	09/05/2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano

			Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano
Resolución	2115	22/07/2007	
POMCA		2009	Plan De Ordenación Y Manejo Ambiental De La Microcuenca De Las Quebradas Las Panelas Y La Balsa
Política nacional		2010	Para la Gestión Integral del Recurso Hídrico
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.
Decreto	1076	2015	Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible

Resolución 631 17/03/2015

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

7. Metodología

Ubicación. El municipio de Ibagué se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas: 4°26'16' al Norte; 75°12'02' al Oeste. Esto corresponde a la zona centro occidental del país de Colombia. El municipio se emplaza sobre las montañas de la Cordillera de los Andes, en su zona central, entre el Valle del Magdalena y el Cañón del Combeima (Mapade.org, 2016, p. 11).



IMAGEN 1. Ubicación Ibagué, Tolima en Colombia

FUENTE: Google imágenes

El municipio Ibagué está dividido y cuenta en su área rural con 17 corregimientos divididos en Inspecciones de Policía y en su cabecera municipal en trece comunas administrativas conformadas por barrios (Oyuela, J, 2018).

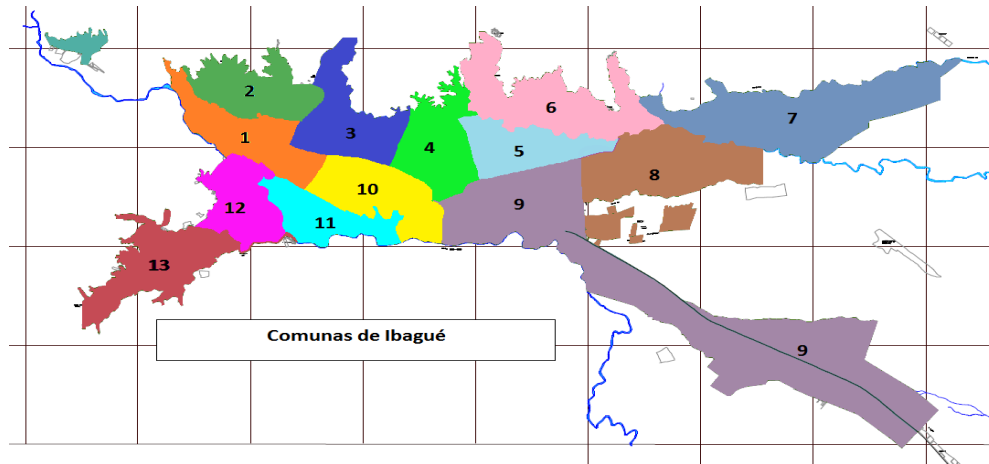


IMAGEN 2. Mapa temático comunas de Ibagué. Localización comuna 6 donde se encuentra ubicado el conjunto La Balsa. **FUENTE:** revista educativa mapade.org

Comuna 6; el Vergel de hoy es un barrio tranquilo, cuenta con todos los servicios públicos básicos. Los Ediles de la comuna, apoyados por las Juntas de Acción Comunal han contribuido permanentemente a su desarrollo. Aunque su población está clasificada en los estratos 1 al 6, predominan los estratos 1, 2 y 3 (Oyuela, J, 2018).

El conjunto residencial, el cual forma parte de la comuna 6, está ubicado a la entrada del barrio vergel en la calle 77 número 20-171 de Ibagué, Tolima, Colombia (Open Street Map, 2018).

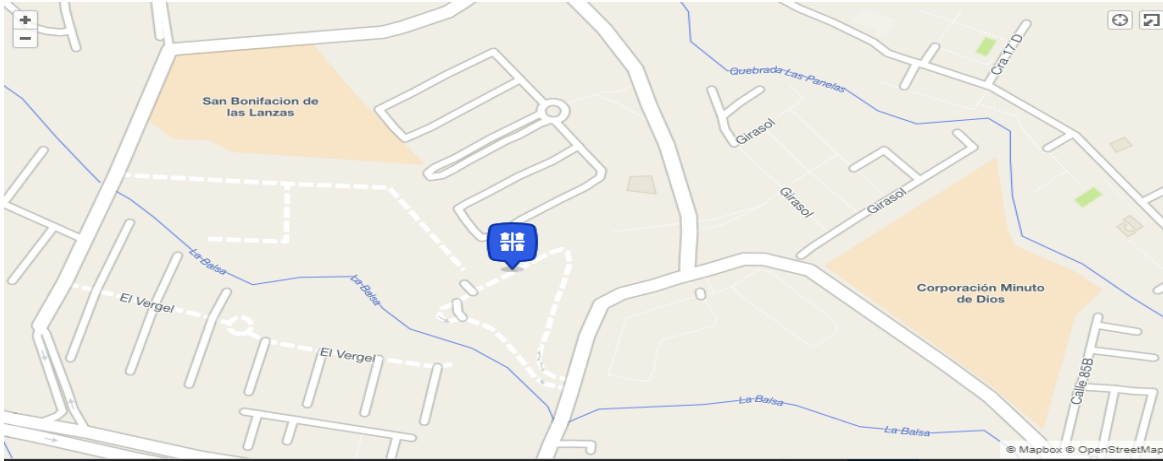


IMAGEN 3. Ubicación Conjunto La Balsa del Vergel, Ibagué. **FUENTE:** Open street map

El centro comercial Mall del Vergel está localizado en la Calle 20 Con 77 (Cra 77), Ibagué, Tolima, Colombia a media cuadra del paso de la quebrada La balsa (open street map, 2018).

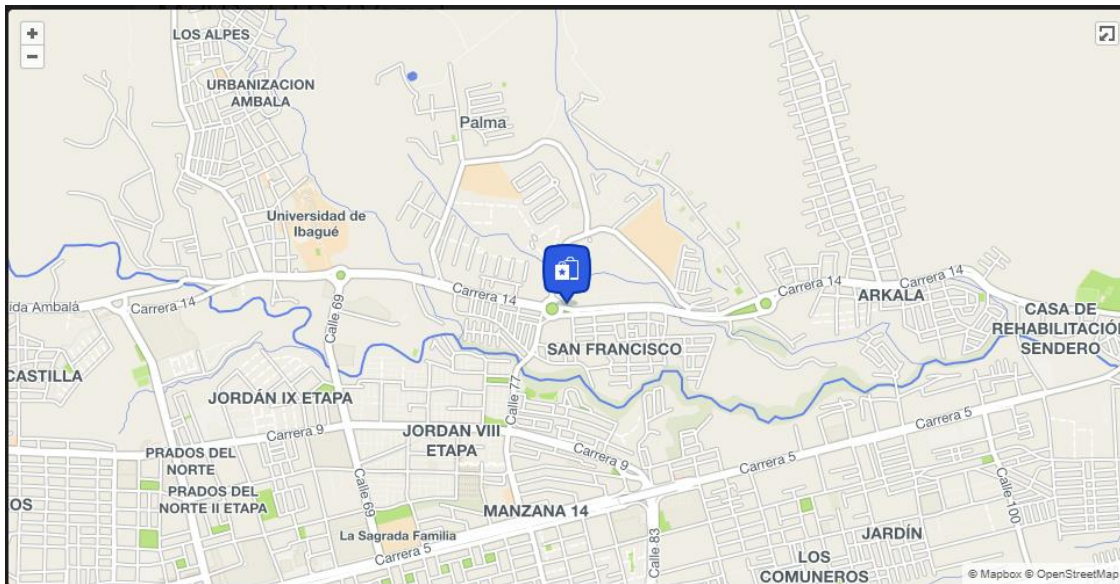


IMAGEN 4. Ubicación Mall Portal del Vergel.

FUENTE: Street map



IMAGEN 5. Entrada conjunto La Balsa.

FUENTE: Google maps



IMAGEN 6. Paso de La Balsa.

FUENTE: Google maps

Universo, población y muestra:

Universo: Quebrada la Balsa

Población: Conjunto Residencial La Balsa del barrio Vergel Ibagué y Centro Comercial Mall Portal del Vergel.

Tres Muestras de agua para análisis ICA:

- Muestra 1, entrada de la quebrada al Conjunto Residencial. $4^{\circ} 26' 53''$ N y

75°11'23" O

- Muestra 2, tramo que atraviesa el conjunto 4° 26' 48" N y 75° 26'48" O
- Muestra 3, salida de la quebrada del conjunto residencial, cerca al Centro Comercial Mall Portal del Vergel 4° 26,5' 67" N y 75° 11,3' 28" O; este punto se encuentra alejado de los dos primeros puntos de muestreo, debido a que era la zona más cercana a la salida del conjunto con fácil acceso.

Datos socioeconómicos a partir de: 40 Encuestas en el conjunto residencial y 20 encuestas aplicadas a los administradores y visitantes de los locales del Centro Comercial Mall Portal del Vergel, que tienen contacto espacial directo con este cuerpo de agua.

Cada encuesta midió el perfil socioeconómico y el análisis preliminar la de la huella hídrica.

Técnicas o instrumentos para la recolección de datos:

Se empleó la técnica AMAI/NSE (2018) para establecer los perfiles socioeconómicos, por medio de la herramienta de encuestas dirigidas a la comunidad del conjunto La Balsa y el Centro Comercial Mall Portal del Vergel, que tienen contacto espacial directo con la quebrada.

Encuesta Huella hídrica: La encuesta está basada en las preguntas que establecen Mesfin Mekonnen, Arjen Hoekstra y Ashok Chapagain creada en el 2005, cuyo resultados se introdujeron en la calculadora personal de la huella hídrica que se encuentra en la página oficial de wáter footprint network.

PRIMERA PARTE DE LA ENCUESTA:

Huella Hídrica

La encuesta constará de preguntas divididas en tres campos:

2. Uso doméstico del agua

Dentro de la casa

- ¿Cuántas duchas tomas cada día?
- ¿Cuál es la duración promedio de cada ducha?, minuto por ducha
- ¿Sus duchas tienen cabezales de ducha estándar o de bajo flujo?
A. Cabeza de ducha estándar B. Cabezal de ducha de bajo flujo
- ¿Cuántas duchas toma a la semana?, número por semana
- ¿Cuántas veces al día se cepilla los dientes, se afeita o se lava las manos?, número por día
- ¿Dejas el grifo abierto cuando te cepillas los dientes y te afeitas?
A. Sí B. No
- ¿Cuántas veces lava la ropa en una semana promedio?
- ¿Cuánto tiempo deja que el agua corra en cada lavada?, minuto por lavada
- ¿Tienes un inodoro de doble descarga?
A. Sí B. No
- Si lava sus platos a mano, ¿cuántas veces lava los platos cada día?
- ¿Cuánto tiempo corre el agua durante cada lavado?, minuto por lavado
- Si tiene un lavavajillas, ¿cuántas veces lo usa cada semana?

Al aire libre

- ¿Cuántas veces por semana lava un automóvil?
- ¿Cuántas veces riega su jardín cada semana?
- ¿Cuánto tiempo riegas tu jardín cada vez?, minuto por riego
- ¿Cuánto tiempo por semana pasas los caminos de entrada o las aceras?, minuto por

semana

- Si tienes una piscina, ¿cuál es su capacidad en metro cúbico (m³)?
- ¿Cuántas veces al año vacías tu piscina?

3. Consumo de bienes industriales

- ¿Cuál es su ingreso anual bruto? (Solo la parte del ingreso que usted consume).

Dólares estadounidenses por año.

SEGUNDA PARTE DE LA ENCUESTA:

Perfil socioeconómico

1. Pensando en el jefe o jefa de hogar, ¿cuál fue el último año de estudios que aprobó en la escuela?

RESPUESTA	PUNTOS
Sin Instrucción	0
Preescolar	0
Primaria Incompleta	10
Primaria Completa	22
Secundaria Incompleta	23
Secundaria Completa	31
Preparatoria Incompleta	35
Preparatoria Completa	43
Licenciatura Incompleta	59
Licenciatura Completa	73
Posgrado	101

2. ¿Cuántos baños completos con regadera y W.C. (excusado) hay en esta vivienda?

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	24
2 ó más	47

3. ¿Cuántos automóviles o camionetas tienen en su hogar, incluyendo camionetas cerradas, o con cabina o caja?

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	18
2 ó más	37

4. Sin tomar en cuenta la conexión móvil que pudiera tener desde algún celular ¿este hogar cuenta con internet?

RESPUESTA	PUNTO S
NO TIENE	0
SÍ TIENE	31

5. De todas las personas de 14 años o más que viven en el hogar, ¿cuántas trabajaron en el último mes?

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	15
2	31
3	46
4 ó más	61

6. En esta vivienda, ¿cuántos cuartos se usan para dormir, sin contar pasillos ni baños?

RESPUESTA	PUNTOS
0	0
1	6
2	12
3	17
4 ó más	23

Metodología:

Colecta y Análisis de muestras de agua

Se determinaron tres estaciones de muestreo en el tramo de la quebrada la Balsa que atraviesa el Conjunto Residencial objeto de estudio:

Estación 1: Entrada de la quebrada al conjunto residencial.

Estación 2: Parte media del conjunto residencial el cuál atraviesa la quebrada.

Estación 3: Después de que la quebrada salga del conjunto residencial.

En cada estación se tomó una muestra de 1L para formar una muestra compuesta, con el

fin de comparar la calidad del agua antes, durante y después de que la quebrada haya cruzado el conjunto la Balsa.

Las muestras se tomaron de acuerdo a una de las metodologías del manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio de 2011: Cerca a la orilla (0.5 a 1 metro) y a una profundidad de (15 a 30 centímetros), de manera convencional con un recipiente de boca ancha para la recolección de aguas, las cuales se rotularon y se almacenaron en una nevera de icopor hasta llevarlas al laboratorio Laseréx de la Universidad del Tolima ubicado en la Ciudad de Ibagué al día siguiente de la toma de la muestra.

Se midieron tres parámetros in situ con instrumentos del laboratorio de Aguas de la Universidad de Cundinamarca seccional Girardot, las cuales fueron pH, temperatura y oxígeno disuelto (OD) respectivamente.

Tabla 5. Descripción parámetros ICA.

Fuente: propia

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO ANALÍTICO
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	Filtración por membrana
pH	Unidades de pH	Método Potenciométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días DBO₅	mg/ L	Incubación y electrometría
Nitratos NO₃	mg/L	Espectrofotometría UV
Fosfatos PO₄	mg/L	Espectrofotometría UV
Temperatura	°C	Termómetro
Turbidez	UTN	Turbidímetro

Sólidos disueltos totales	mg/L	Secado
		Incubación
Oxígeno disuelto OD	% Saturación	y electrometría

Huella Hídrica:

Se realizaron 20 encuestas en el Centro Comercial Mall Portal del Vergel y 40 en el conjunto residencial la Balsa. Las preguntas fueron acerca del consumo de agua por día para cada persona encuestada, las cuales permitieron delimitar el uso racional del agua por individuo encuestado mediante una calculadora personal de la water footprint network, a la cual se ingresa con el siguiente link: <http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/personal-calculator-extended/>. La cual arrojó el resultado de la huella en metros cúbicos anuales y dos diagramas de barras; uno sobre los componentes del total de la huella hídrica, divididos en alimentos, doméstico, industrial y total.

La segunda gráfica establece la contribución individual por categoría de alimentos a la huella hídrica total, se divide en: cereal, carne, vegetales, frutas, lácteos, Grasas, azúcares, huevos y Otros.

Con los datos de la huella hídrica anual se calculó el promedio y se dividieron en 7 rangos según su huella hídrica, para representar los porcentajes de dichos rangos en un diagrama circular.

Perfiles Socioeconómicos:

Se realizaron 40 encuestas de perfiles socioeconómicos a la comunidad del conjunto residencial La Balsa y 20 encuestas que corresponden a los administradores y visitantes de los locales del centro comercial Mall Portal del Vergel. La obtención de perfiles

socioeconómicos se basó en la metodología AMAI que considera 6 características, según la versión del 2018; con cada característica va una calificación que determina el perfil, a través de preguntas basadas en la metodología AMAI, para determinar el perfil socioeconómico de la zona de estudio para la posterior comparación de la relación entre el perfil socioeconómico, el valor y buen manejo del recurso hídrico.

DOFA Ambiental

Esta matriz se realizó al final, con el fin de aportarle conocimiento a la comunidad objeto de estudio. Además de la determinación de posibles mejoras y la proposición de buenas prácticas para con la fuente hídrica. La matriz se realizó de la siguiente forma:

En primera medida, se hizo el análisis de los factores internos sobre los cuales podemos tener un control directo como lo son las fortalezas y las debilidades.

En segunda medida, se hizo el análisis de los factores externos, aquellos que están relacionados con el entorno de nuestra fuente hídrica y que nos pueden influenciar pero no podemos controlar, como lo son las oportunidades y amenazas.

En tercera medida, se procedió a ubicar los aspectos analizados anteriormente en un diagrama como este:

	Positivo	Negativo
Origen Interno	Fortalezas	Debilidades
Origen Externo	Oportunidades	Amenazas

FIGURA 5. Matriz DOFA. Fuente: Google imágenes.

Por último, se hizo una comparación entre los factores internos con los externos, generando así las estrategias finales que fueron comunicadas a la comunidad del Conjunto la Balsa del Vergel.

8. Resultados y discusión

8.1. Análisis calidad de agua ICA

Existen muchas formas de hallar la calidad del agua, dependiendo del lugar y las características de la fuente hídrica; para este proyecto, se usó el índice de calidad de agua, al ser uno de los más exactos y más usados para diferentes estudios.

Se analizaron las tres muestras de agua recogidas a lo largo de la quebrada en tres estaciones georreferenciadas.

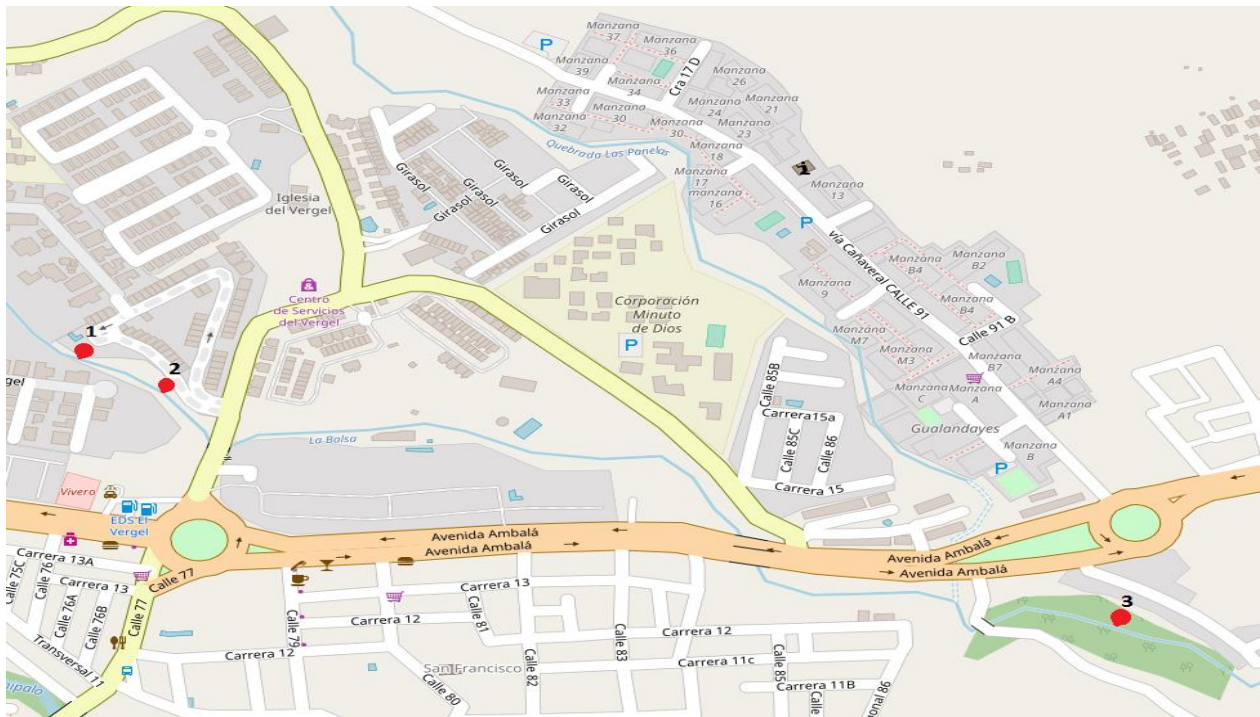


IMAGEN 7. Plano ubicación puntos de muestro

FUENTE: Open Street Map

Tabla 6. Comparación resultados ICA

			7,6	0,5						
Min	81,1	156	5	4	21,1	1,54	0,2	6000	314	
	102,2		8,8	0,8						
Max	2	230	4	7	21,1	4,57	0,5	20000	520	
	278,8		24,							
Sum	7	559	43	2,2	63,3	8,11	0,9	36000	1292	
	92,95	186,33	8,1	0,7						
Mean	67	3	4	3	21,10	2,70	0,3	12000,00	430,67	
	6,233	22,378	0,3	0,1						
Std. Error	18	1	6	0	0,00	0,94	0,10	4163,33	61,02	
	116,5	1502,3	0,3	0,0				52000000,		
Variance	58	3	9	3	0,00	2,67	0,03	00	11169,30	
	10,79	38,759	0,6	0,1						
Stand. Dev	62	9	2	7	0,00	1,63	0,17	7211,10	105,69	
% Coeficiente Variación= (S/X)*100				23,						
	11,6	20,8	7,6	5	0,0	60,4	57,7	60,1	24,5	

Antes de realizar el análisis no paramétrico de la prueba Kruskal Wallis, se analizaron los coeficientes de variaciones y se evidenció que los nitratos, fosfatos y coliformes no superan el 70%, probablemente están determinando una posible no distribución normal de los datos; de este modo, al no presentarse el supuesto de distribución normal se hace necesario hacer la prueba de Kruskal Wallis.

Los coeficientes de variación son determinantes para considerar si los parámetros medidos siguen una distribución normal, los parámetros de coliformes, nitratos y fosfatos aunque no superan el 70% están cercanos a ese punto de no distribución normal; por lo tanto con el análisis del coeficiente de variación se determina no hacer un análisis de varianza si no la prueba Kruskal Wallis; la cual determina si hay diferencias significativas en los parámetros analizados.

Mediante la prueba de Kruskal Wallis se denota que la probabilidad es menor a 0,05, es decir que hay una variación significativa entre los parámetros analizados entre los tres puntos de muestreo de la quebrada, y las variables de nitratos, fosfatos y coliformes son los que están generando la mayor variación en los tramos de la quebrada.

Con relación a las coliformes fecales, el valor promedio registrado supera el límite permisible (2.000 microorganismos /100 ml), acorde a lo dispuesto en el Decreto 1594 de 1984. En el caso de los fosfatos, es muy probable que su fuente principal sean los detergentes, al respecto el Fondo para la comunicación y Educación ambiental A. C (2007, p.1) menciona que los detergentes hechos a base de fosfatos provocan un efecto destructor en el medio ambiente porque aceleran el proceso de eutrofización de las aguas de lagos y ríos. Como el uso de detergentes fosfatados ha generado problemas muy graves en el agua, algunos países han prohibido el uso de detergentes de este tipo, en el caso de Colombia, existe una resolución que establece los límites máximos de fosforo y la biodegradabilidad de los tensoactivos presentes en detergentes y jabones (Resolución 0689, 2016). El aumento en nutrientes (N y P) junto con sedimentos suspendidos en ríos es una condición típica del síndrome de corrientes urbanas (Walsh C., et al, 2005, p.13).

Tabla 8. Localización puntos de muestro

Fuente: Propia

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	ALTURA (msnm)
1	Ingreso al conjunto	4 °26' 53" N 75 °11' 23" O	1230
2	Dentro del conjunto	4 °26' 48" N 75 °11' 20" O	1230
3	Después de pasar por el conjunto	4 °26,5' 67" N 75 °11,3' 28" O	1228

Tabla 9. Parámetros estación de muestreo punto 1

Fuente: Propia

PUNTO 1. Entrada de la quebrada al conjunto

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
------------------	-----------------	------------------

% Oxígeno disuelto	%	81,1
Turbiedad	NTU	173
pH	---	7,65
DBO	Mg/L	0,79
Temperatura	°C	21,1
Nitratos	Mg/L	1,54
Fosfatos	Mg/L	0,2
Coliformes fecales	UFC/100mL	10000
Sólidos suspendidos	Mg/L	458

RESULTADO ICA 56

Tabla 10. Parámetros estación de muestreo punto 2

Fuente: Propia

PUNTO 2. Dentro del conjunto		
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
% Oxígeno disuelto	%	102,22
Turbiedad	NTU	156
pH	---	7,94
DBO	Mg/L	0,87
Temperatura	°C	21,1
Nitratos	Mg/L	4,57
Fosfatos	Mg/L	0,5
Coliformes fecales	UFC/100mL	20000
Sólidos suspendidos	Mg/L	314

RESULTADO ICA 57

Tabla 11. Parámetros estación de muestreo punto 3

Fuente: Propia

PUNTO 3. Fuera del conjunto

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
% Oxígeno disuelto	%	95,55
Turbiedad	NTU	230
pH	---	8,84
DBO	Mg/L	0,54
Temperatura	°C	21,1
Nitratos	Mg/L	2,0
Fosfatos	Mg/L	0,2
Coliformes fecales	UFC/100mL	6000
Sólidos suspendidos	Mg/L	520

RESULTADO ICA 59

Los resultados de los parámetros obtenidos en el análisis de laboratorio se ingresaron en la calculadora del índice de calidad de agua en el sitio web Water Research Center, encontrado en el siguiente link: <https://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>; el cual arrojó el resultado del índice de calidad del agua de cada punto, por lo cual no se realizaron operaciones.

El resultado del índice de calidad de agua se encuentra clasificada en condiciones regulares para los tres puntos de muestreo (Tabla 6). El punto de muestreo con mejor calidad dentro de este rango al tener el mayor resultado es el punto de muestro 3, con un valor de 59, esto se debe a que este punto fue ubicado después de salir del conjunto La Balsa, en un sector rodeado de zonas

boscosas relativamente lejos de algún asentamiento humano, lo cual favorece al recurso hídrico ya que la demanda hídrica por parte de la población humana es menor, además de la contaminación generada por esta misma, como los residuos arrojados a la quebrada, vertimientos y demás, la calidad en este punto mejora debido a que durante el recorrido desde la salida del conjunto hasta este punto influyen factores físico naturales que pueden cambiar las condiciones del recurso hídrico.

Cada parámetro evaluado indica el estado del recurso hídrico, cada uno basado en diferentes variables, según los resultados obtenidos en el análisis del laboratorio LASERÉX y de los tomados in situ con los instrumentos de la Universidad de Cundinamarca.

8.1.1. Porcentaje de oxígeno disuelto

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas (IDEAM, 2011, p.4).

El principal factor que contribuye a los cambios en los niveles de oxígeno disuelto es el crecimiento de residuos orgánicos. El decaimiento de los residuos orgánicos consume oxígeno y frecuentemente se concentra en el verano, cuando los animales acuáticos requieren más oxígeno para soportar altos metabolismos (Reyes, 2009).

Según Iagua, (2015) “El oxígeno disuelto en agua varía de forma inversamente proporcional a la temperatura, es decir, una mayor temperatura implica una menor concentración de oxígeno disuelto en el agua”, esto se puede evidenciar en que la temperatura del agua no es tan alta, mientras que los valores de oxígeno disuelto si lo son; si el agua tuviera temperaturas altas, el porcentaje de oxígeno disuelto sería menor.

Las concentraciones de Oxígeno disuelto en aguas naturales dependen de las características fisicoquímicas y la actividad bioquímica de los organismos en los cuerpos de agua. El análisis del OD es clave en el control de la contaminación en las aguas naturales y en los procesos de tratamiento de las aguas residuales industriales o domésticas (Gaitán, 2004, p.2).

Drolc & Zagorc (como se citó en Mena, Salgado, Benavides, Vega & Coto, 2014) afirman que el oxígeno disuelto (OD) está presente en las aguas superficiales debido a la contribución de dos procesos: la difusión del aire del entorno, favorecida por el proceso de aireación, y la fotosíntesis de organismos acuáticos productores primarios, como plantas y algas; por lo que se puede concluir que los resultados de oxígeno disuelto en los tres puntos de muestreo son relativamente altos, debido a la presencia de especies arbóreas y arbustivas a las orillas de la quebrada las cuales cuando ejercen el intercambio de oxígeno y CO₂ en sus procesos de fotosíntesis, aumentan la disponibilidad de oxígeno en la atmósfera y por lo tanto en el agua. (p.1).

Cuando los niveles de oxígeno disuelto en el agua bajen de 5.0 mg/l, la vida acuática es puesta bajo presión. La menor concentración, la mayor presión. Niveles de oxígeno que continúan debajo de 1-2 mg/l por unas pocas horas pueden resultar en grandes cantidades de peces muertos (Lenntech BV, 2018).

En el punto 1, el valor de oxígeno disuelto es 7,3 mg/l equivalente a un porcentaje de 81,1, el valor de oxígeno disuelto en el punto 2 es de 9.2 equivalente a un porcentaje de 102,22, el valor de oxígeno disuelto en el punto 3 es de 8,6; equivalente a un porcentaje de 95,55.

Tabla 12. Nivel Oxígeno disuelto

Fuente: Ciencias con lo mejor de Vernier, 2018, p. 2

Nivel de DO	Porcentaje de Saturación de DO
Supersaturación ¹	≥ 101%
Excelente	90 – 100%
Adecuado	80 – 89%
Aceptable	60 – 79%
Pobre	< 60%

Con los resultados obtenidos, se puede interpretar que el punto de muestreo que presenta un mayor valor de oxígeno disuelto es el punto 2; el cual presenta condiciones de sobresaturación, al exceder un porcentaje de 100 (Tabla 12); el punto 3 tiene un nivel de oxígeno disuelto excelente por lo tanto su calidad es mejor, debido a que a mayor concentración de oxígeno disuelto, mejoran las condiciones de la fuente.

8.1.2. Fosfatos

La carga de fosfato total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan sólo 1 gramo de fosfato-fósforo ($\text{PO}_4\text{-P}$) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas (Pütz, 2010).

Los fosfatos, constituyentes naturales de rocas y minerales, forman parte de fertilizantes y estiércoles, de la materia orgánica proveniente de desechos urbanos, industriales y residuos agrícolas como así también de los detergentes de uso industrial y doméstico. En muchos casos,

estas fuentes de contaminación son arrastradas o arrojadas a las acequias, canales, arroyos, ríos y lagos, constituyendo un grave problema ambiental (Bermejillo, Morábito, Filippini y Salatino, 2010, p. 170).

De las posibles causas relacionadas a la presencia de fosfatos mencionados, se pueden encontrar para el caso de la quebrada la Balsa el vertimiento de detergentes usados por parte de la comunidad a lo largo de la quebrada y algunos fertilizantes usados para el cuidado de la zona verde que rodea la quebrada que atraviesa el conjunto, además de algunos cultivos que se encuentran cerca a la quebrada en las veredas cercanas al Vergel.

En el punto 1, los fosfatos hallados fueron de 0,2 mg/l, en el punto 2 se halló un valor de 0,5 mg/l, lo cual posiblemente se debe a que la quebrada se encuentra en la zona verde del conjunto, en donde son aplicados algunos fertilizantes que por escorrentía puede llegar al cuerpo de agua, así como la falta de conciencia sobre el cuidado del recurso hídrico, por lo que pueden verter sustancias cuyos componentes generen fosfatos; el punto 3, tuvo un valor de 0,2 mg/l este bajo resultado se debe a que el último punto no se encuentra localizado cerca a zonas residenciales por lo cual las personas no arrojan detergentes ni sustancias que contengan fosforo. Otro indicador del contenido de fosforo en este punto, se debe a que no existía tanta presencia de algas como en los puntos localizados en el conjunto, lo cual significa que el contenido de nutrientes de menor ya que la presencia de algas indica riqueza de nutrientes.

Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 0,1-0,2 mg/l PO₄-P en el agua corriente y entre 0,005-0,01 mg/l PO₄-P en aguas tranquilas (Pütz, 2010). Para el caso de la quebrada la Balsa, el agua pertenece a la clasificación de corriente, por lo tanto en el

punto 2, el cual tiene un contenido de 0,5 mg/l se encuentra en condiciones de eutrofización y los puntos de muestreo 1 y 3 presentan una eutrofización incipiente.

Según la Resolución 631 de 2015 para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales, el valor límite es de 1 mg/l, la quebrada está expuesta a vertimientos, por lo cual es importante tener presente el valor límite de fosfatos; en ninguna de las estaciones excedió el valor máximo permisible, siendo el valor máximo el punto 2, con 0,5 mg/l estando la mitad por debajo del valor máximo.

8.1.3. Turbiedad

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 microscópicos. Los valores de turbiedad sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua (Carpio, 2007, p.2).

La materia suspendida genera los siguientes efectos en las aguas: i) se deposita en los lechos de los ríos, ii) cubre el fondo de los ríos, de modo que afecta la reproducción de los peces, o afecta la cadena alimentaria de los mismos, iii) si la materia suspendida es materia orgánica, ésta sufre descomposición y flota sobre el agua, iv) los sólidos suspendidos pueden generar depósitos de lodos y situación anaerobia. La turbiedad junto con el color y el olor afectan la estética del agua, de modo que la hacen inaceptable para uso público (Trujillo, Duque, Arcila, Rincón, Pacheco y Herrera, 2014, p.21).

Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe ser más, en ningún caso, de 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU (González, 2011).

Kawamura (Como citó en Montoya, Loaiza, Torres, Cruz y Escobar, 2012) recomienda pre sedimentación para turbiedades del agua cruda superiores a 1000 UNT y establece 3000 UNT como valor máximo de turbiedad para tratamiento convencional. (p. 139); es decir que los valores de turbiedad en las 3 estaciones no dificultarían ningún tipo de tratamiento del agua y no se aumentarían costos al no exceder el límite mínimo para un tratamiento convencional y no necesitaría de procesos de pre sedimentación.

En el punto uno se encontró una turbidez de 173 NTU, en el punto 2 de 156 NTU y en el punto 3 fue de 230 NTU; se puede evidenciar que en el punto 3, localizado cerca a zonas verdes el cual no cuenta con la presencia de poblaciones asentadas allí es el punto de muestreo con mayor turbiedad, esto puede ocurrir debido a que hay mayor posibilidad que exista materia suspendida principalmente orgánica, como la descomposición de ramas, troncos y algunos organismos vivos que terminan en la quebrada por escorrentía o por vertimientos directos, además que es evidente la presencia de arena en mayor cantidad y pueden llegar sedimentos más fácilmente que en los puntos localizados dentro del conjunto al no tener ninguna clase de barrera y se presenta una erosión mayor que ayuda a transportar segmentos de suelo entre otras cosas al afluente.

8.1.4. Demanda biológica de oxígeno (DBO)

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 (IDEAM, 2007, p.2); por lo que la DBO es importante para determinar la carga orgánica que presenta el agua.

Según lo anteriormente mencionado, cuanta más materia orgánica haya en el agua, más alto será el valor de DBO, y este irá disminuyendo a medida que los desechos orgánicos son consumidos. El punto de muestreo con mayor DBO es el número dos con una DBO de 0.87 mg/L, lo que puede deberse a la materia orgánica proveniente de las hojas de las especies vegetales que se encuentran alrededor de la quebrada y los organismos heterótrofos que la habitan principalmente, seguido de los aportes antrópicos de la comunidad del conjunto residencial, pues este punto se encuentra ubicado dentro de la zona residencial objeto de estudio.

El punto uno con una DBO de 0,79 mg/L se encuentra relativamente cercano al punto de muestra número dos por lo que pueden tener un valor relativamente cercano probablemente por las mismas causas mencionadas anteriormente, el punto de muestreo número tres, por otro lado, tiene una DBO de 0,54 mg/L lo cual puede atribuirse a que es el punto con mayor porcentaje de oxígeno disuelto y a mayor oxígeno disuelto, menor DBO.

El incremento de temperatura acelera los procesos bacteriológicos y la tasa de utilización del oxígeno. Es decir, la tasa de velocidad de la reacción biológica, está en función de la temperatura; el porcentaje de descomposición depende de la temperatura del agua, a temperaturas altas, el porcentaje de descomposición orgánica es mayor, es decir que son directamente proporcionales (Del Ángel, 1994, p.8).

8.1.5. Sólidos suspendidos

Los sólidos generan problemas de colmatación y, la sedimentación puede formar deltas aguas arriba del reservorio y hasta destruir hábitats para los organismos acuáticos al disminuir la columna de agua. Además, existe una estrecha relación entre la concentración de los sólidos suspendidos y la calidad del agua, debido a su capacidad de adsorción de contaminantes como plaguicidas y nutrimentos, al control que ejercen sobre la turbiedad del agua y a su absorción de calor que aumenta la temperatura del agua (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008. párr.27).

Ramírez, Restrepo y Viña (1997) menciona “Su principal causa la constituyen los procesos erosivos y extractivos, y su efecto sobre los ecosistemas acuáticos se manifiesta en la reducción de la penetración de luz y con ello impedimento de fotosíntesis” (párr.30)

“Los sólidos suspendidos corresponden a partículas menores a 1.2 micras (limos, arcillas, materia orgánica finamente dividida, o incluso plancton y otros microorganismos)”

(CORTOLIMA, s.f)

Los valores encontrados respecto a solidos suspendidos fueron de 458 mg/l , 314 mg/l y 520 mg/l respectivamente para los puntos 1,2 y 3; con estos resultados, se puede establecer la relación directa que tiene la turbiedad con los sólidos suspendidos, especialmente para el punto 3, el cual obtuvo el mayor valor para turbiedad y solidos suspendidos, que demuestra una relación proporcional y dependiente; por lo tanto, las causas de la turbiedad establecidas en el punto 3 se asocian al origen de solidos suspendidos igualmente, además de la suma de los vertimientos generados antes de llegar al conjunto, mencionados en el planteamiento del problema.

Según la resolución 631 de 2015, Valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, (ARD) de las actividades industriales, comerciales o de

servicios; y de las aguas residuales (ARD Y ARND) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales son respectivamente de 100,0 y 90,0 mg/l; esto significa que ninguno de los tres puntos de muestreo se encuentra por debajo de estos valores, es decir están incumpliendo en todos los puntos de muestreo; así mismo está por encima del límite permisible respecto a actividades productivas de agroindustria y ganadería que incluye procesamiento de hortalizas, frutas, legumbres, raíces, tubérculos, beneficio de café, procesos pos cosecha de plátano y banano producción de azúcar y derivados a partir de caña de azúcar extracción de aceites de origen vegetal, Ganadería con un límite de 100,00 mg/l ; estos límites se exceden debido a que los vertimientos de la quebrada no son tratados, como es el caso de los vertimientos generados en el barrio las Delicias, localizado aguas arriba, el cual cuenta con 8 puntos de vertimientos según Cortolima, (2017).

8.1.6. Coliformes Fecales

La presencia de coliformes fecales se relaciona con la presencia de excremento de origen animal o humano en el agua. Dentro de este grupo se encuentra la bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*) que entra al agua procedente de aguas residuales principalmente, es usada, además, como un indicador de la presencia de microorganismos patógenos que provocan enfermedades infecciosas (Canal de Panamá, 2011). El punto de muestreo 2 es que mayor número de coliformes fecales obtuvo con 20000 UFC/100mL lo cual puede atribuirse a la presencia de animales en esta zona, silvestres y domésticos, los cuales aportan materia fecal a la fuente hídrica constantemente. En el conjunto residencial se aprecian bastantes habitantes que poseen mascotas y esta puede ser una de las razones por las que este sea el punto crítico de este estudio. Tanto el punto 1 como el 3 denotan menos cantidad de coliformes fecales, siendo 10000 y 6000 UFC/100mL respectivamente; lo cual puede ser porque el punto 1 es un lugar de difícil acceso para los

habitantes del conjunto residencial pero sin embargo, se cuenta con la presencia de los demás animales que habitan las laderas de la quebrada. El punto 3 arroja el menor resultado, el cual no es normal puesto que en este punto, toda persona tiene acceso a la quebrada y existen más probabilidades de una contaminación por materia fecal de origen animal y probablemente humano, lo cual se puede deber a las condiciones climáticas del día de toma de muestras que pudo haber afectado los resultados al cambiar sus condiciones por la precipitación.

Según Robartaigh (2017) “un alto nivel de coliformes fecales, por lo general indica la presencia de heces y otros materiales orgánicos sin tratar. La materia orgánica que acoge a la bacteria se descompone aeróbicamente, lo que puede disminuir seriamente los niveles de oxígeno.” Condición que se cumple en los tres puntos objeto de estudio.

Elevados niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos y estimular la proliferación de bacterias como la E. Coli, la cual forma parte de los coliformes fecales (Marco, Azario, Metzler, García, 2004, p. 72). La afirmación anterior nos indica que el punto de muestreo 2 es el que mayor turbiedad debería tener puesto que arrojó el mayor número de coliformes fecales, condición que para efectos del presente proyecto no se cumple.

8.1.7. Nitratos

Roldan (como citó CORTOLIMA, s.f) mencionó que el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias reduciendo por ende los niveles de este. Las diferentes formas del nitrógeno son importantes para establecer el tiempo transcurrido desde la polución de un cuerpo de agua. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos.

Los nitratos en las aguas superficiales y subterráneas se derivan de la descomposición natural, por microorganismos, de materiales nitrogenados orgánicos como las proteínas de las plantas, animales y excretas de animales (Pacheco y Cabrera, 2003, p. 48).

García et al., (como citó Pacheco y Cabrera, 2003) afirma que sólo el 10% de las excretas vuelve a las tierras cultivadas, pudiendo el resto ser arrastrado o percolado para llegar a las aguas superficiales o mantos freáticos, se ha comprobado que la concentración total de nitrógeno en distintos arrastres de aguas pluviales puede oscilar entre 50 y más de 5500 mg/l, lo cual demuestra la existencia de un problema considerable de contaminación ambiental (p.49).

Debido a su naturaleza soluble, los nitratos tienden a viajar grandes distancias en la superficie, específicamente en sedimentos altamente permeables o rocas fracturadas. Mientras que la contaminación por fuentes puntuales se origina de diversos medios tales como efluentes de tanques sépticos y depósitos de excretas, la contaminación no puntual se distribuye en amplias áreas como son los campos donde los fertilizantes nitrogenados han sido aplicados (Pacheco y Cabrera, 2003, p.47).

La organización mundial de la salud establece un valor límite de 50 mg/l para el agua potable.

Los resultados obtenidos para el primer punto respecto a la presencia de nitratos fueron de 1,54 mg/l ; para el punto 2 y 3 fueron de 4,57 mg/l y 2 respectivamente; se observa que el punto de muestreo con mayor cantidad de nitratos es el punto de muestreo 2, esto se puede relacionar con la cantidad de coliformes fecales halladas, las cuales fueron mayores en este punto igualmente, lo cual indica que la gran cantidad de heces fecales aumenta la aparición de nitratos en el agua.

8.1.8 Temperatura

Hutchinson (como citó Gómez, 2015, p. 44) afirma que entre las numerosas variables físicas y químicas del agua, la temperatura condiciona o determina fuertemente las condiciones de vida de los organismos acuáticos y es considerado un factor primario de supervivencia. La temperatura en los tres tramos de la quebrada objeto de estudio es la misma, lo cual puede atribuirse a que en las tres estaciones de muestreo se encuentran condiciones paisajísticas similares, principalmente vegetación en abundancia.

Bonetto (1976) señala que “en términos generales, puede expresarse que los grandes ríos, a considerable distancia de las cabeceras, presentan una temperatura que corresponde aproximadamente a la media mensual del aire en el punto de medida” (p. 126). La temperatura promedio de la ciudad de Ibagué es de 28 °C aproximadamente, por lo que es normal que la temperatura de la quebrada La Balsa sea de 21,1 °C. Puede decirse entonces que, en la quebrada La Balsa puede haber presencia de organismos vivos acuáticos.

Según la USGS (2017) la temperatura del agua también puede afectar la habilidad de la misma para retener oxígeno y la habilidad de los organismos para resistir ciertos tipos de contaminantes (p.24). La temperatura de la quebrada no es inapropiada para la proliferación de microorganismos por lo que puede decirse que su habilidad de retención de oxígeno es buena y que los organismos que allí habitan son capaces de resistir a la contaminación dada por la comunidad inmediatamente cercana.

8.1.9 pH

Debido a que el pH puede afectarse por componentes químicos en el agua, este es un indicador importante de que el agua está cambiando químicamente. El resultado del pH para el punto de muestreo 1 fue de 7,65 muy similar al pH del punto de muestreo 2, el cual fue de 7,94 respectivamente; ya en el punto 3 este aumenta a 8,84. Según la escala universal del pH, el punto 1 y 2 tienen un pH neutro y el 3 un pH básico.

La existencia de un pH neutro en los dos primeros puntos de muestreo pueden deberse a que existe un equilibrio entre los componentes químicos del agua de la quebrada y los que se arrojan en el conjunto residencial, lo que permite inferir que los habitantes del conjunto residencial no aportan contaminantes químicos fuertes a la fuente hídrica; por otra parte, la basicidad del punto de muestreo número 3 la atribuimos a la presencia de jabones en esta estación de muestreo, pues a esta cualquiera tiene acceso y se generan prácticas como el lavado de automóviles los cuales aportan sustancias químicas al cuerpo de agua y alteran sus componentes y a los organismos vivos que se encuentran allí.

El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales, valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones secundarias dañinas (UPTC, 2015, p.20). Con esta afirmación puede decirse que en general la fuente hídrica objeto de estudio cuenta con un pH que permite la presencia y proliferación de organismos vivos pero que se ve afectada en algunos tramos a los que la comunidad tiene acceso.

8.2. Resultados huella hídrica

La Huella Hídrica de un individuo, empresa o nación es definida como el volumen total de agua necesaria, directa e indirectamente, para alimentar las cadenas de producción y suministro

de los bienes y servicios producidos, consumidos y/o exportados por los individuos, las empresas o los países. De esta forma la Huella Hídrica de un individuo no está sólo relacionada con su consumo directo de agua, sino con sus hábitos de vida (Arévalo, Lozano y Sabogal, 2011, p.101).

El resultado de la huella hídrica de las 60 encuestas realizadas para el desarrollo del proyecto, divididas en 40 encuestas en el conjunto residencial y 20 en el centro comercial entre administradores de locales y clientes.

Debido a que tenía un gran número de preguntas, no se dividieron los resultados por pregunta; se dividieron los resultados obtenidos en 7 rangos desde 2000 a 9000 metros cúbicos anuales (Figura 6) y se convirtieron los resultados en porcentaje.

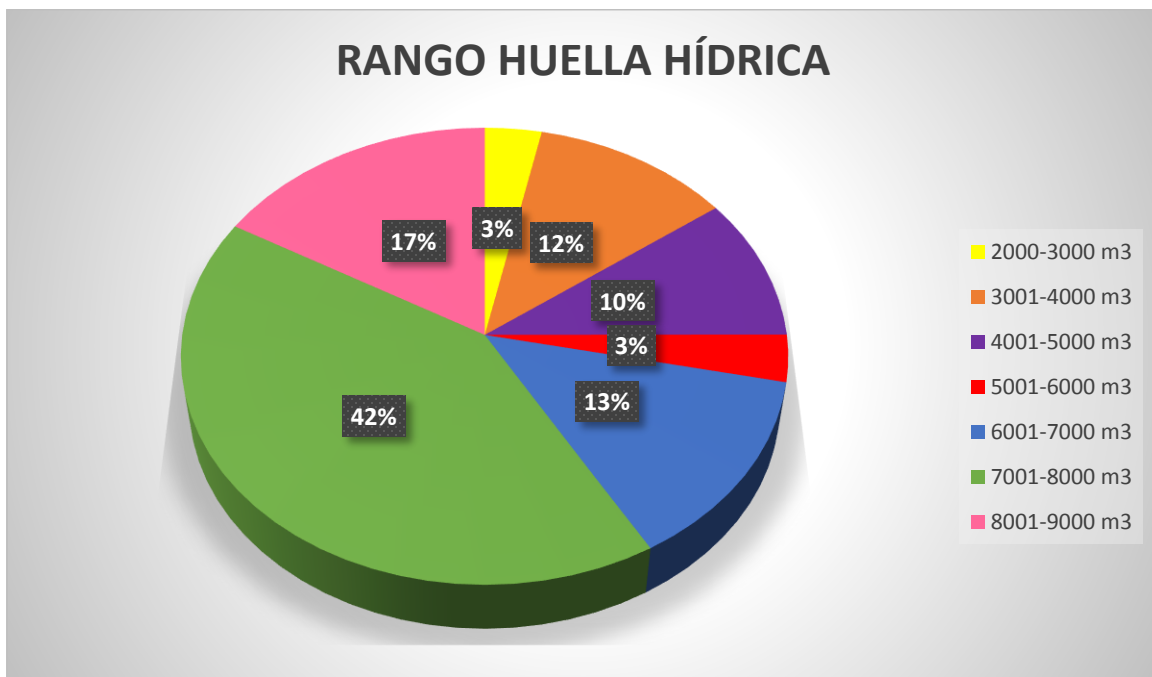


FIGURA 6. Rango resultado huella hídrica

FUENTE: propia

En el rango de 2000 y 3000 estuvieron dos (2) personas, entre 3001 y 4000 se encontraron siete (7) personas, entre 4001 y 5000 seis (6) personas, entre 50001 y 6000 fueron dos (2) personas, entre 6001 y 7000 fueron ocho (8) personas, el resultado que más se obtuvo oscila entre

una huella hídrica de 7001 a 8000 con un total de veinticinco (25) personas y finalmente el rango de 8001 y 9000 m³ se encontraban diez (10) personas, siendo el segundo mayor resultado; cabe resaltar que los dos rangos más altos respecto a la huella hídrica fueron los que se presentaron en mayor número en los resultados, esto indica que aún existen personas que no le dan un uso sostenible al agua ni utilizan prácticas sostenibles.

Una diferencia notable entre las personas encuestadas en el conjunto y en el centro comercial es que los valores de huella hídrica menores fueron encontrados en los clientes y administradores del centro comercial, esto se debe a que algunas de estas personas no poseen piscina o automóviles a los cuales realizar el lavado, por esto no gastan tanta agua.

WWF, 2012 afirma que “La producción mundial, incluidos los sectores agrícola, pecuario, industrial y doméstico, asciende aproximadamente a 9, 1 billones de m³ por año” este es un dato muy elevado que implica un enorme gasto de agua.

Según water footprint network en nuestra economía global, cada consumidor en promedio "come" hasta 5 000 litros de agua por día (entre 1 500 y 10 000 litros por día, dependiendo de dónde vive y qué come), para Colombia se reporta una HHA de 385,8 millones de m³ /año; dicho valor incluye la huella generada por los consumos directos de la población y el consumo de agua dado por el proceso de evaporación en los embalses que tienen como finalidad el abastecimiento doméstico (CTA, GSI-LAC, COSUDE, IDEAM, 2015, p.73).

Según Granada (2011) “El nivel de consumo básico de agua que rige actualmente para la población colombiana, que corresponde a 20 m³, es elevado; ya que hoy en día un hogar promedio consume una cantidad menor en las actividades básicas” p. 6

Se podría relacionar la alta huella hídrica con el estrato socioeconómico, ya que los estratos menores son conocidos por tener un consumo menor de recursos y viceversa para los estratos altos; la Dirección Geoestadística del DANE (s.f) estipula que “se hace necesario dejar de lado otras consideraciones sobre el consumo y aceptar que no es el valor total a pagar sino el valor unitario (metros cúbicos de agua/mes, Kilovatios/mes, etc.) el que resulta afectado por el estrato socioeconómico” p.3; la localización del conjunto y el centro comercial pertenece a estratos socioeconómicos relativamente altos, por lo que su demanda es mayor, además que poseen el nivel económico para poseer vehículos, contratar empleadas de servicio, contar con piscina, baños con duchas y tinas, todo lo anterior elevando la huella hídrica.

La huella hídrica global de un consumidor promedio para el periodo analizado de 2011 fue de 1169 m³ /año (azul más verde). 92% de esta huella se refiere a productos agrícolas, 5% a productos industriales y 4% a uso doméstico. Los países industrializados presentan huellas hídricas per cápita entre 1008 y 2207 m³ /año (Aldaya, Niemeyer, Zarate, 2011, p.65), en el caso del estudio, la huella hídrica promedio anual hallada fue de 6541,41; desde el año 2011 ha aumentado el consumo y demanda sobre el recurso hídrico, por lo cual se aumenta también la huella hídrica, aun así los resultados obtenidos son considerablemente altos, esto significa que la población encuestada no le da un uso racional y sostenible al agua, según Vélez-Upegui & Correa-Velásquez (citado en Delgado, Trujillo y Torres, 2013) por eso se hace necesario mejorar el conocimiento acerca de la gestión y cuidado del recurso hídrico.

Según Villafrades (2017) “El promedio mundial de huella hídrica es 1240 m³ al año por persona mientras que la huella hídrica de un país como Estados Unidos es 2480 m³ al año por persona comparado con Colombia cuya huella hídrica es alrededor de 1000 m³ al año por

persona” párr.5, el resultado promedio de la huella hídrica indica que está muy por encima del promedio en Colombia y sobrepasa también la huella hídrica promedio de Estados Unidos.

8.3. Resultados Perfil Socioeconómico

8.3.1. Análisis de cada pregunta de la encuesta de perfil socioeconómico

PREGUNTA 1. Pensando en el jefe o jefa de hogar, ¿cuál fue el último año de estudios que aprobó en la escuela?

De los 60 individuos entrevistados, ninguno respondió las opciones: Sin Instrucción, Preescolar, Primaria Incompleta, Primaria Completa, Secundaria Incompleta ni Preparatoria Incompleta; 35 individuos respondieron Secundaria completa; 16 individuos respondieron que Preparatoria completa; 1 individuo respondió Licenciatura Incompleta; 3 Licenciatura Completa y 5 individuos cuentan con Posgrado. La presencia de personas sin estudio en los individuos encuestados es nula, por lo que se puede afirmar que el resultado final del perfil socioeconómico teniendo en cuenta los puntajes para cada respuesta, será alto. Figura 7.

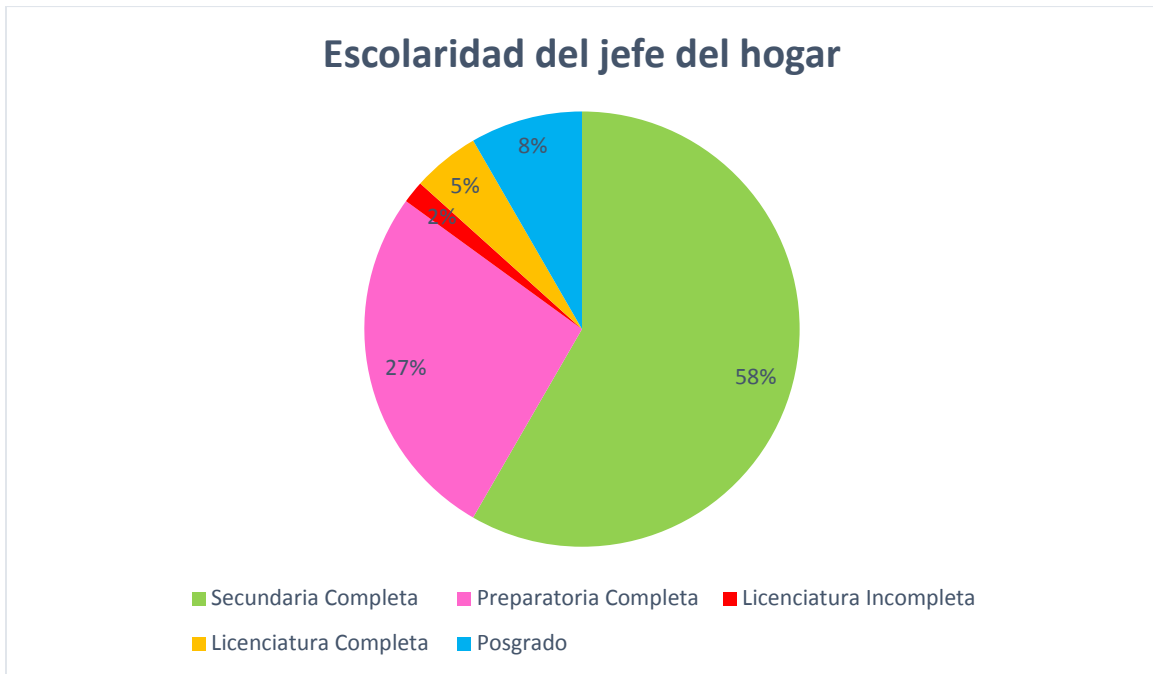


FIGURA 7. Resultado en porcentajes de la pregunta 1 sobre perfil socioeconómico
FUENTE: propia

PREGUNTA 2. ¿Cuántos baños completos con regadera y W.C. (excusado) hay en esta vivienda?

De los 60 individuos entrevistados, ninguno no cuenta con baños completos en su vivienda, el 34% dicen tener al menos 1 baño completo y el 66% tiene 2 ó más baños completos en su hogar; lo que apunta una vez más a que el perfil socioeconómico de la comunidad objeto de estudio es alto. Figura 8.

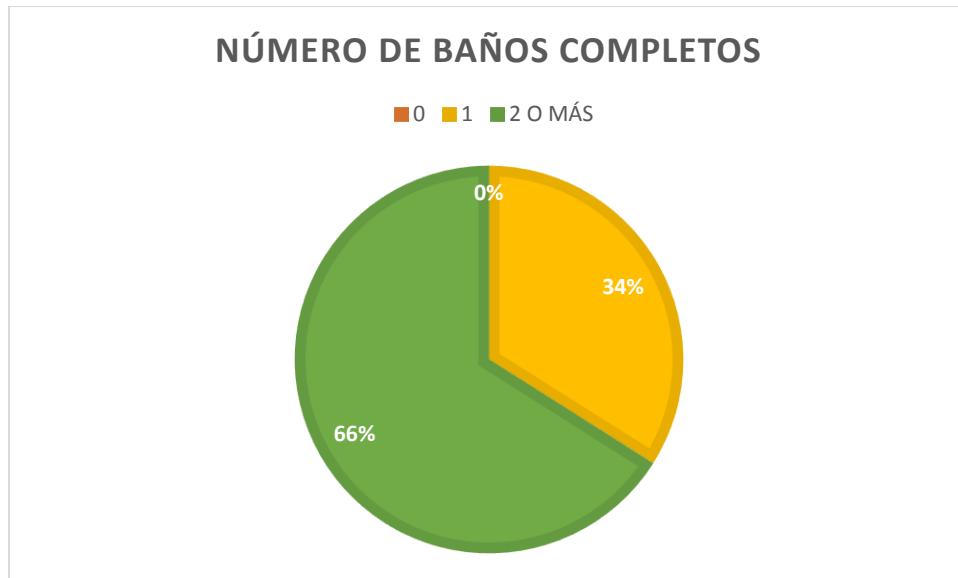


FIGURA 8. Resultado en porcentajes de la pregunta 2 sobre perfil socioeconómico
FUENTE: propia

PREGUNTA 3. ¿Cuántos automóviles o camionetas tienen en su hogar, incluyendo camionetas cerradas, o con cabina o caja?

Del 100% de individuos entrevistados, el 18% no tiene automóviles en su hogar, el 72% tienen un automóvil por familia y el 10% de la población objeto de estudio tienen 2 ó más automóviles en sus hogares. Figura 9.

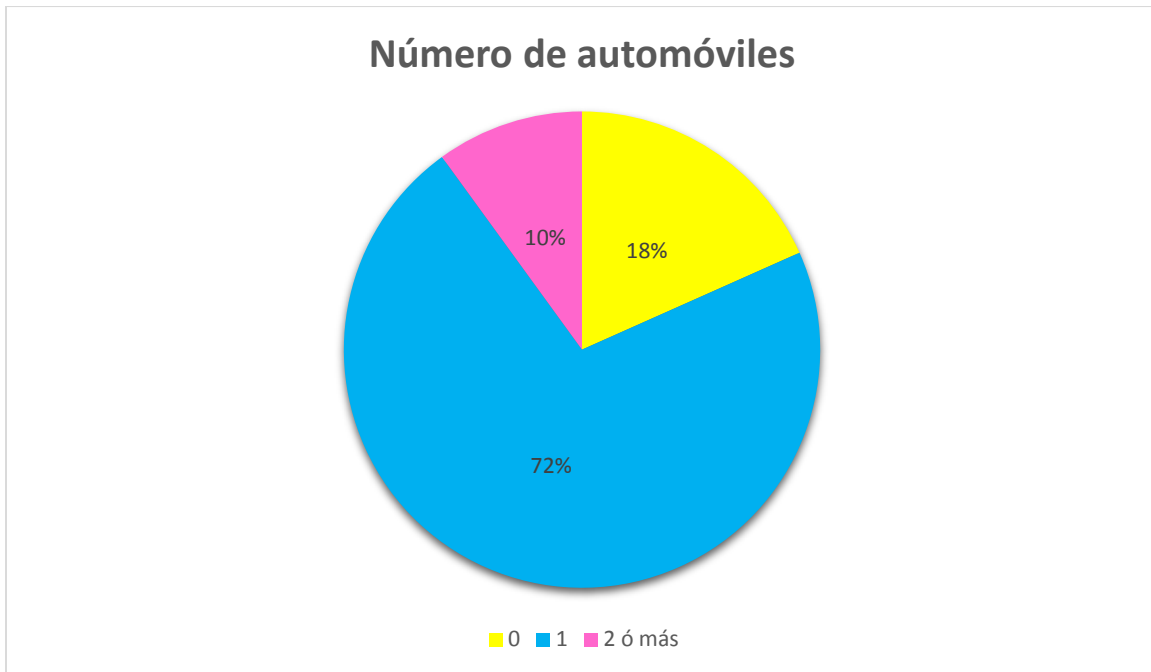


FIGURA 9. Resultado en porcentajes de la pregunta 3 sobre perfil socioeconómico
FUENTE: propia

PREGUNTA 4. Sin tomar en cuenta la conexión móvil que pudiera tener desde algún celular ¿este hogar cuenta con internet?

El 100% de los individuos entrevistados cuenta con servicio de internet en sus hogares.

PREGUNTA 5. De todas las personas de 14 años o más que viven en el hogar, ¿cuántas trabajaron en el último mes?

De los 60 individuos entrevistados, ninguno respondió que 0 personas mayores a 14 años en el hogar han trabajado en el último mes, el 30% respondió que trabaja 1 persona en el hogar, el 67% respondió que trabajan 2 personas en el hogar, el 2% afirma que trabajan 3 personas en el hogar y sólo el 1% respondió que trabajan 4 ó más personas en el hogar. Estos resultados probablemente arrojarán un perfil socioeconómico por encima del nivel medio debido a que en los hogares de las personas entrevistadas por lo menos una persona tiene trabajo. Figura 10.

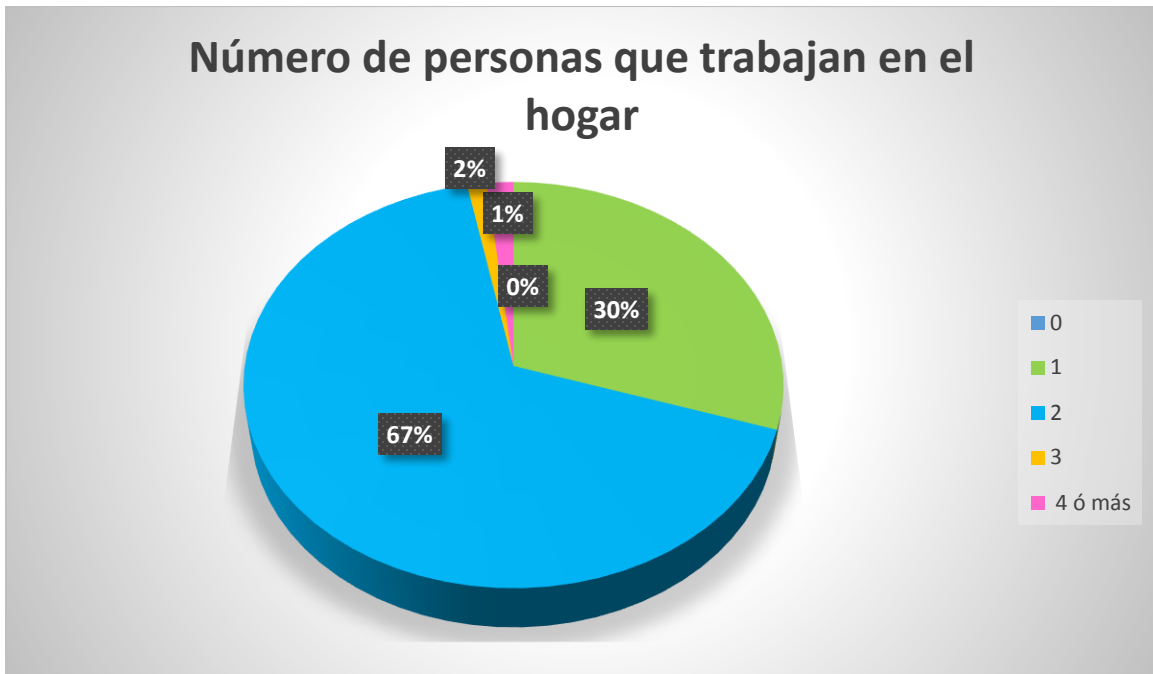


FIGURA 10. Resultado en porcentajes de la pregunta 5 sobre perfil socioeconómico
FUENTE: propia

PREGUNTA 6. En esta vivienda, ¿cuántos cuartos se usan para dormir, sin contar pasillos ni baños?

El porcentaje de individuos que no tienen habitaciones para dormir en sus viviendas es nulo así como los que tienen solo una habitación para dormir, el 5,01% cuenta con 2 dormitorios, el 23,33 % cuenta con 3 habitaciones para dormir en su vivienda y el 71,66 % tienen 4 ó más habitaciones para dormir en sus hogares. Figura 11.

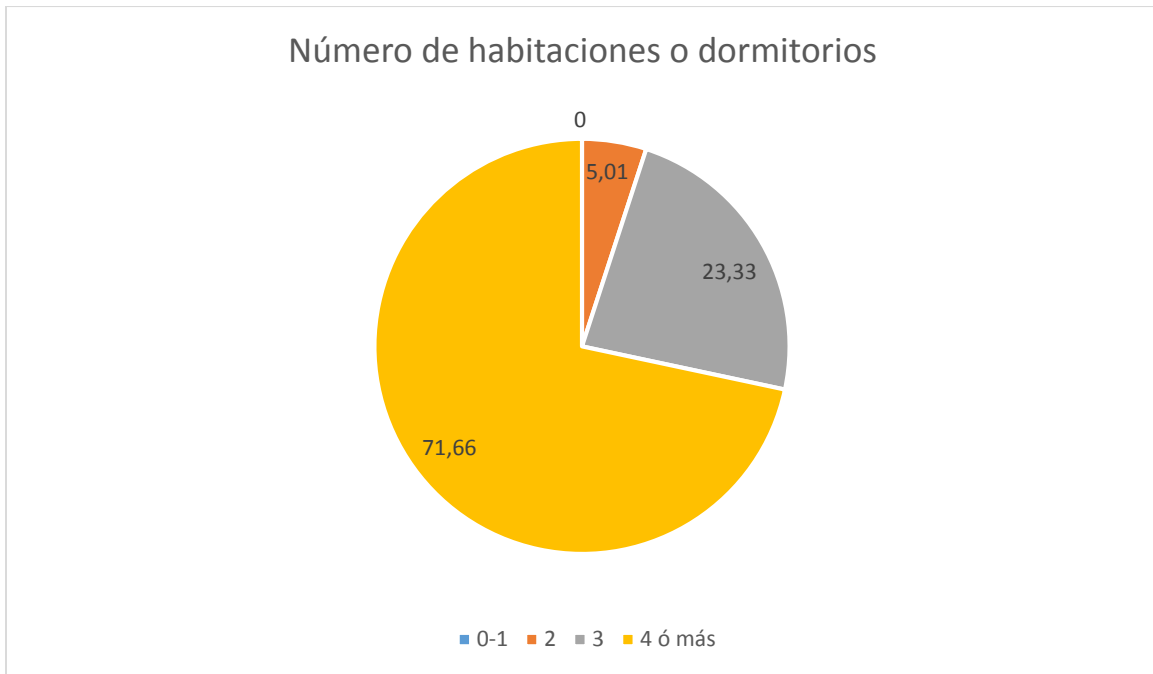


FIGURA 21. Resultado en porcentajes de la pregunta 6 sobre perfil socioeconómico
FUENTE: propia

8.3.2 Puntuación perfil socioeconómico

Los resultados obtenidos de las 60 personas encuestadas, se clasificaron en los cuatro niveles socioeconómicos existentes (Tabla 13).

Después del análisis pregunta por pregunta, se procedió a hallar los puntajes por cada individuo entrevistado los cuales fueron clasificados por rangos, los mismos dados por la regla AMAI 2018 para estimar el Nivel Socioeconómico. Los niveles socioeconómicos de la población entrevistada son del nivel medio emergente hacia arriba, 3 individuos se encuentran ubicados en el intervalo de puntuación entre 112 a 135, 9 individuos se encuentran ubicados en el intervalo de puntuación entre 136 a 165, 43 individuos entre 166 a 204 y 5 individuos entre 205 ó más

Tabla 13. Número de individuos por intervalo de puntaje para el cálculo del perfil socioeconómico de la comunidad entrevistada. Fuente: Propia

NIVEL SOCIOECONÓMICO	INTERVALO	N° DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE
A/B NIVEL ALTO	205 Ó MÁS	5	8%
C+ NIVEL MEDIO ALTO	166 A 204	43	72%
C NIVEL MEDIO TÍPICO	136 A 165	9	15%
C- NIVEL MEDIO EMERGENTE	112 A 135	3	5%

El perfil socioeconómico de la comunidad del Vergel puede decirse según este estudio que es el Nivel socioeconómico medio alto debido a que el 72% de la población entrevistada obtuvo una puntuación entre 166 a 204; lo que significa que las necesidades de espacio, sanidad, entretenimiento, comunicación, entre otros, están siendo cubiertas en esta población. De hecho esta zona de la ciudad de Ibagué se caracteriza porque habitan personas con recursos económicos estables, lo que se puede confirmar con el resultado del 8% que pertenecen al nivel alto. El 5% de la población entrevistada que se encuentra en el nivel socioeconómico emergente puede atribuirse a que los visitantes del centro comercial, unos pocos no viven en la zona sino en otras partes de la ciudad. El 15% que pertenecen al nivel medio típico, corresponden a las personas entrevistadas que se encuentran en un punto medio en cuanto al nivel socioeconómico, no son ni de escasos recursos, ni de grandes recursos (Tabla 13).

En este estudio, el perfil socioeconómico medio alto y la calidad del agua regular nos indican que la incidencia de la comunidad en el recurso es negativa pero muy baja, pues los niveles de contaminación de la quebrada no se encuentran elevados y la contaminación que aparece se puede atribuir a razones indirectas y no a las acciones antrópicas que son de manera intencional. En la parte de la huella hídrica, si puede afirmarse que la comunidad objeto de estudio demanda agua en exceso lo que puede encontrarse directamente relaciona con el perfil socioeconómico de

los individuos encuestados; de manera que estas personas más que al tener como suplir sus necesidades básicas, al poseer comodidades extremas, no hace un uso adecuado del recurso agua y su conciencia en cuanto al ahorro es poca o nula.

8.4. Matriz DOFA

La matriz DOFA diseñada sirve como apoyo para generar algunas estrategias; entre las cuales se pueden llevar a cabo:

DEBILIDADES	AMENAZAS
D1. Poca valoración del recurso hídrico por parte de la comunidad. D2. Mal estado del recurso hídrico. D3. Cercanía de la vegetación ribereña a la comunidad. D4. Bajos niveles de coordinación de la comunidad respecto al cuidado del recurso hídrico. D5. Poca conciencia y educación ambiental de la comunidad. D6. Contaminación del agua con químicos usados para el cuidado de las zonas verdes del conjunto residencial.	A1. Deterioro del recurso hídrico a causa de la actividad antrópica. A2. Niveles muy elevados de contaminación del recurso hídrico. A3. Pérdida de los beneficios directos e indirectos que brinda el recurso hídrico. A4. Bajo grado de conservación del recurso hídrico y su ecosistema.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
F1. Fuente de abastecimiento de agua para acueductos comunitarios. F2. Disponibilidad del recurso hídrico superficial en el conjunto residencial. F3. Fácil acceso al recurso hídrico. F4. Buenas relaciones ecosistémicas.	O1. Realización de estudios de las características fisicoquímicas y microbiológicas del recurso hídrico. O2. Mejora de la calidad de vida tanto para los seres humanos como para los organismos vivos. O3. Diseño de un plan de conservación y manejo adecuado del recurso hídrico. O4. Actuaciones de la entidad ambiental Cortolima con respecto al recurso hídrico. O5. Hipótesis de planta de tratamiento para el conjunto residencial.

FIGURA 32. Matriz DOFA

FUENTE: propia

La matriz DOFA diseñada sirve como apoyo para generar algunas estrategias; para impedir que las debilidades se conviertan en amenazas y para aprovechar las oportunidades estudiadas, entre las cuales se pueden llevar a cabo:

1. Realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos a la quebrada la Balsa, dentro del conjunto residencial.

2. Establecer programas que contengan metas coherentes para la reducción de la carga contaminante de los vertimientos identificados en la quebrada la Balsa

3. Promover programas orientados a la comprensión y toma de conciencia de los problemas ambientales derivados del impacto del recurso hídrico a través de la educación ambiental.

9. Conclusiones

Con base en los resultados arrojados por el índice de calidad del agua, se encontró que las tres estaciones objeto de estudio no se encontraban en buenas condiciones por lo que la quebrada La Balsa tiene una calidad media, como consecuencia de la actividad antrópica indirecta o accidental principalmente, sumado a la falta de conciencia ambiental por parte de la comunidad del conjunto residencial La Balsa.

La quebrada la Balsa con su aumento de concentraciones de fosfatos y nitratos, aunque no superan los límites permisibles en términos normativos de calidad, son parámetros característicos

y relevantes dentro del síndrome de corrientes urbanas, donde también es considerable una alta contaminación microbiana

Para efectos de este estudio, el perfil socioeconómico de la comunidad del Vergel es MEDIO ALTO; lo que significa que las necesidades básicas de la gran mayoría de la comunidad son abastecidas satisfactoriamente. Puede afirmarse también que, este es un factor importante a tener en cuenta en el análisis de las causas de la contaminación del recurso hídrico al que tiene incidencia directa la comunidad.

La huella hídrica promedio hallada en comparación con otros estudios, es muy alta, lo cual indica que la comunidad tanto del centro comercial Mall Portal de Vergel como del conjunto residencial La Balsa no hacen un uso racional del recurso hídrico en sus hogares lo que crea la posibilidad de que este comportamiento pueda suceder de igual manera sobre el cuidado de la quebrada La Balsa.

10. Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada La Balsa, se recomienda en un futuro implementar una planta de tratamiento de agua potable convencional debido a que en ninguno de los puntos de muestreo la calidad del agua es mala, por lo tanto no requiere tratamientos especiales que eleven los costos y la dificultad; esto con el fin de abastecer las zonas de Ibagué que tienen constantes inconvenientes con el suministro de agua potable y que sean cercanas a esta quebrada.

Se recomienda hacer más estudios a esta quebrada con el fin de diseñar e implementar planes y programas para el buen uso y manejo del recurso hídrico, entre ellos la realización de un inventario de fauna y flora presente en el conjunto y la comunidad del vergel.

Los administradores del conjunto deberían implementar señalización con mensajes alusivos al buen cuidado de la quebrada.

Se recomienda realizar más estudios de la calidad de agua, teniendo en cuenta las estaciones climáticas y aumentando los puntos de muestreo.

Se recomienda para futuras investigaciones realizar comparaciones con diferentes metodologías para hallar el nivel socioeconómico y la huella hídrica de la población.

11. Anexos

Anexo 1. Puntos de muestreo



PUNTO 1



PUNTO 2



PUNTO 3

Anexo 2. Toma de muestras



Anexo 3. Medición de parámetros in situ



Calibración de oxímetro



Oxígeno disuelto



Turbiedad



pH y temperatura

Anexo 4. Almacenamiento y transporte de muestras



Anexo 5. Fotos conjunto residencial la balsa



Bibliografía

Alcaldía municipal de Ibagué. 2016. PLAN DESARROLLO IBAGUÉ 2016-2019. Disponible en: <<http://www.ibague.gov.co/portal/seccion/contenido/index.php?type=2&cnt=57>>

Aldaya, Niemeyer, Zarate, 2011. Agua y Globalización: Retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos hídricos *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, n.º 230, 1-83

Arévalo, D., Lozano, J. y Sabogal, J. 2011. Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia Sector Agrícola *Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo*, ISSN-e 1988-0928, 101-126

Bonetto, A., (1965). Notas preliminares para el estudio biológico y pesquero del “Surubí” (*Pseudoplatystoma coruscans* y *P. fasciatus*) en el Paraná medio (Pisces Pimelodidae): 125-130.

Canal de Panamá. (2011). Informe de Calidad del Agua de la cuenca del canal de Panamá. Recuperado de: <https://micanaldepanama.com/wp-content/uploads/2012/06/2010.pdf>

Carpio. 2007. *Turbiedad por nefelometría (método b)*, p.2. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Ciencias con lo mejor de Vernier. 2018. *Oxígeno Disuelto, experimento 41*, p.2

Colmenares, S. 2013. Fauna doméstica. Disponible en: <<https://es.slideshare.net/shirle20/fauna-domestica>>

Consejo Municipal De Ibagué. 2000. Acuerdo 248 del 2000, por medio del cual se adopta el plan de ordenamiento de Ibagué y se dictan otras disposiciones

Consultora de agua, sf. Nitratos en agua potable, p.1. Recuperado de: http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/06_Nitratos_en_agua_potable.pdf

Corporación Autónoma regional de Cundinamarca. 2017. Educación para la cultura del agua en el territorio CAR.

CORTOLIMA, s.f. Calidad de aguas, p.394. Recuperado de: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_amoya/diagnostico/l211.pdf

Corporación Autónoma Regional del Tolima. 2017. Propuesta de meta de reducción de carga contaminante para el municipio de Ibagué.

CTA, GSI-LAC, COSUDE, IDEAM. 2015. Evaluación Multisectorial de la Huella Hídrica en Colombia. Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014. Medellín, Colombia. 14-160

DANE. S.f. La estratificación socioeconómica en el régimen de los servicios públicos domiciliarios. Grupo de Estratificación Socioeconómica. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/Estratificacion_en_SPD.pdf

Del Ángel. 1994. Contribución al estudio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (tesis pregrado). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.

Delgado, S., Trujillo, J. y Torres, M. 2013. La huella hídrica como una estrategia de educación ambiental enfocada a la gestión del recurso hídrico: ejercicio con comunidades rurales de Villavicencio. *Luna Azul*, (36), 70-77

Departamento administrativo nacional de estadística DANE, (2005). Sistema de información del medio ambiente, ficha técnica fósforo total. Recuperado de:

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Fosforos_totales_13.pdf

Dorado, J. 2015, p. 16. 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.

Earth System Science Partnership, 2006. Proyecto Global de Sistema de Agua. Recuperado el 03 de abril de 2018 de:

http://www.gwsp.org/fileadmin/downloads/gwsp_overview_2006_02_v1.1__Spanish__KM.pdf

Emagen. 2018. Ecología urbana. Disponible en: <<https://emagen.com.mx/ecologia-urbana/>>

Feijoo, K. 2014. ¿qué es la huella hídrica?, clima y sector agropecuario colombiano, adaptación para la sostenibilidad productiva. Disponible en <<http://www.aclimatecolombia.org/huella-hidrica/>>

Fondo para la comunicación y Educación ambiental A. C, (2007). Contaminación del agua por detergentes (eutrofización). Recuperado de: <https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-detergentes-eutrofizacion/>

Forero, A., Reinoso, G., Gutiérrez, C. 2013, p.2. Evaluación de la calidad del agua del río opia (tolima colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos

Foursquare. 2018. Conjunto residencial la balsa. Recuperado de:
<<https://es.foursquare.com/v/conjunto-residencial-la-balsa/50328d2ce4b06b7eec8ed13d>>

Gaitán, M. 2004. *Determinación de oxígeno disuelto método yodométrico modificación de azida*. IDEAM. p.2

Galindo, R. y García, J. 2017, p.103. ESTADO ACTUAL DEL HUMEDAL EL YULO (RICAURTE - CUNDINAMARCA, 2017)

García, M., et al. 2014, p.190,191. ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA

Gil, J. 2014, p.33. Determinación calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa (Trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad De Manizales

Glosarios.servidor. 2017. Defaunación. Disponible en:< <https://glosarios.servidor-alicante.com/ecologia/defaunacion#1WkuVQgBADx5GQfW.99>>

Gómez, S., (2015). Temperatura del agua continental y su influencia en las migraciones de los peces en la cuenca del Río De La Plata. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, n. s. 17(1). ISSN 1853-0400.

Gonzáles, 2011. La turbidez. Monitoreo de la calidad del agua. Recuperado de:
<http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>

Granada, L. 2011. Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia. Universidad Del Valle.

Greenberg, A., Trussell, R., Clesceri, L., Franson, M.1992. Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual, ediciones díaz de santos S.A. Recuperado de: <
<https://es.scribd.com/document/288385775/Metodos-normalizados-para-el-analisis-de-aguas-potables-y-residuales>>

Iagua, Agencia Catalana del Agua República de Cataluña. (2015) La Calidad del Agua. Recuperado de:
http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/main.html

IDEAM, 2007. Ficha Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría. Subdirección de hidrología - grupo laboratorio de calidad ambiental. Recuperado de:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno...Pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa> (p.2) TP0087 V02

IDEAM. s.f. índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA). Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_Fl.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 2011. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p

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, p.12.

LA ESTRUCTURA VERDE EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN URBANA. Leonel FADIGAS, 2009.

Lavie, E., & Morábito, J., & Salatino, S., & Bermejillo, A., & Filippini, M. (2010). Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42 (1), 169-184

Lenntech BV. 2018. *¿Por qué es importante el oxígeno disuelto en el agua?*. Recuperado en 20 de junio de 2018 de: <https://www.lenntech.es/por-que-es-importante-el-oxigeno-disuelto-en-el-agua.htm#ixzz5LTDpBzZt>

León, V. 1992. Índices de calidad del agua, forma de estimarlos y aplicación. morelos: vii congreso nacional de la sociedad mexicana de ingeniería sanitaria y ambiental

Manual de evaluación. 2018, p.5, 6. Manual de la evaluación para la huella hídrica, huella de ciudades

Mapade.org, 2016, p. 11. MAPAS DE IBAGUÉ. Disponible en: <<<http://www.mapade.org/ibague.html>>>

Marco, L., Azario, R., Metzler, C., García, M., (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). Recuperado de: [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)

Martínez, n., (2017). Informe sectorial: Agua potable y Saneamiento básico Agosto 2017, Findeter, Financiera de Desarrollo.

Mekonnen, M., Hoekstra, A. & Chapagain, A. 2005. Calculadora personal extendida huella hídrica. Water footprint Network. Recuperado en 10 de abril de 2018 de:

<http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/personal-calculator-extended/>

Mena, L., Salgado V., Benavides C., Vega I. & Coto J., (2014). *Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Burío Quebrada Seca, Heredia*. Observatorio ambiental. Recuperado de: http://www.documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/5653/Recurso_hidrico%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mena, L., Salgado V., Benavides C., Vega I. & Coto J., (2014). Comportamiento del oxígeno disuelto en el río Burío Quebrada Seca, Heredia. Observatorio ambiental. Disponible en: http://www.documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/5653/Recurso_hidrico%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Montoya, Loaiza, Torres, Cruz y Escobar, 2012. Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. *Revista EIA*, 8(16), 137-148

NSE., AMAI. 2018. Qué es nse. Disponible en < <http://nse.amai.org/nseamai2>>

Orellana, L, J.2009. Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes del muestreo del valle de sacta, universidad mayor de San Simón, Bolivia.

Osbahr, K., Morales, N. 2012, p.188. Conocimiento local y usos de la fauna silvestre en el municipio de san antonio del tequendama (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

Oyuela, J. 2018. Organización político-administrativa. Recuperado el 25 de febrero de 2018 de: <https://es.scribd.com/doc/203866285/IBAGUE-comunas-y-barrios>

Pacheco y Cabrera, 2003. Pacheco Ávila, J., & Cabrera Sansores, A. (2003). Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería*, 7 (2), 47-54.

Patiño, P., Torres, P., Cruz, C. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 8 (15): p. 79-94

Pérez-Castillo y Rodríguez. 2008. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 1905-1918

Plan de ordenación y manejo ambiental de la microcuenca de las quebradas las panelas y la balsa. Cortolima. 2009. Recuperado de: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/cuenca_panelas/DIAGNOSTICO/2.8AMENAZAS_GEOLOGICAS_E_HIDROLOGICAS.pdf

Planeta Azul, 2013. Impacto de la actividad humana en el agua. Recuperado de 03 de abril de 2018 de: <http://comunidadplanetaazul.com/agua/notas-a-gotas/impacto-de-la-actividad-humana-en-el-agua/>

Pütz,P. 2010. Eliminación y determinación de fosfato. Recuperado en 10 de junio de 2018 de: <http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>

Ramírez, A, Restrepo, R, & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), 135-153

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.

RES. 2016. ¿Qué es la huella hídrica? Disponible en: <https://www.ecointeligencia.com/2016/03/huella-hidrica/>

Reyes. 2009. *Evaluación microbiológica del medio acuático y productividad primaria en la producción de larva de camarón marino (Litopenaneus vannamei) en laboratorio según estación del año*. Universidad de San Carlos de Guatemala facultad de medicina veterinaria y zootecnia escuela de zootecnia

Robartaigh, P. (2017). El efecto de las bacterias coliformes fecales en el medio ambiente. Recuperado de: https://muyfitness.com/el-efecto-de-las-bacterias-coliformes-fecales-en-el-medio-ambiente_13108127/

Secretaria Distrital de Ambiente, 2018. Conozcamos el centro de recepción y rehabilitación de fauna silvestre. Disponible en: < <http://www.ambientebogota.gov.co/web/fauna-silvestre/conozcamos-la-fauna-silvestre>>

Sermarnap.1999, p.1. Índice de calidad de agua. Disponible en: < <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/5/Indice%20calidad%20del%20agua.pdf>>

Trujillo, Duque, Arcila, Rincón, Pacheco y Herrera. 2014. Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista ION*, 27(1), 17-34

UNAM. 2018. Riesgos para la fauna nativa - Fauna exótica. Disponible en: <http://www.repsa.unam.mx/index.php/objetivosrepsa/conservacion/problematika/riesgos-fauna?showall=&start=5>

Unesco. 2017. Agua y Educación. Guía General para docentes de las Américas y el Caribe. Proyecto WET Educación Hídrica para docentes. p. 210.

United Nations Environment Programme. 2017. Manejo de ecosistemas - acerca DE. Disponible en: < <http://web.unep.org/es/rolac/manejo-de-ecosistemas-acerca-de> >

Universidad de Pamplona.2005, p.43. Capitulo. iii. icas e icos de importancia mundial
UPTC, (2015). Análisis de aguas. Recuperado de:
https://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf

Urbanwildlifegroup. 2012. Comunidades animales de vida silvestre URBANA. Disponible en:
< <http://urbanwildlifegroup.org/>>

USGS, (2017). Medidas comunes del agua, temperatura. La ciencia del agua para escuelas.
Recuperado de: <https://water.usgs.gov/gotita/characteristics.html>

Villafrades. 2017. El agua y la huella hídrica en Colombia. Bucaramanga,
Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana

Walsh C. J., A. H. Roy, J. W. Feminella, P. D. Cottingham, P. M. Groffman, and R. P.

Morgan II. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. Journal of
the North American Benthological Society 24(3):706-723. 2005.

Walsh, C. J., A. Roy, J. W. Feminella, P. D. Cottingham, P. M. Groffman, y R. P. Morgan.
2005. THE URBAN STREAM SYNDROME: CURRENT KNOWLEDGE AND THE SEARCH
FOR A CURE. Journal of the north american benthological society. North American
Benthological Society, Lawrence, KS, 24(3):706-723, (2005).

WATER RESEARCH CENTER. 2018. Monitoring the Quality of Surface Waters (WQI
Calculator). Recuperado en 10 de junio de 2018 de: <https://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>

WWF Colombia, 2012. Huella Hídrica en Colombia. Recuperado de:
<https://www.iagua.es/noticias/colombia/12/07/13/huella-hidrica-en-colombia-18928>