



Determinación del índice de escasez y calidad del agua de la quebrada la Nacuma y Majavita



Paula Andrea Serrano Cala, Diana Isabel Pico Ortiz,¹
Haimar Ariel Vega Serrano²
Mario Alberto Barón Rodríguez³

¹Estudiantes Investigadores Ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro.
Paulis885@hotmail.com, isabel1850@hotmail.com.

²Ingeniero civil. Especialista en Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.
Docente Ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro. haimar.vega@mail.unilibresoc.edu.co

³Químico, PhD. Universidad Industrial de Santander. mario.baron@mail.unilibresoc.edu.co

Recepción Artículo: Julio 17 de 2013. Aceptación 24 julio de 2013

INNOVANDO EN LA U ISSN 2216 - 1236

RESUMEN

Problema central: Se han presentado variaciones en el clima de la Hacienda Majavita, afectando los afluentes aledaños haciendo incierta la cantidad de agua disponible para abastecer tanto a las personas como a la planta física de la casona Majavita en temporadas de verano intenso, haciendo que se genere o presente posible

Fotografía 1. Quebrada Majavita



escasez de agua para suplir las necesidades básicas. Objetivo: Determinar el índice de escasez y la calidad del agua de la Hacienda Majavita. Metodología: Se midieron los caudales de cada una de las fuentes hídricas por medio de aforos volumétricos, se recopilaron los datos del número de habitantes de la Casona Majavita, se calculó el índice de escasez con los datos recolectados en las fuentes, se determinó la oferta y demanda para la Casona Majavita con el cálculo del índice de escasez y la calidad del agua por medio de pruebas físico-químicas, microbiológicas y la identificación de macro invertebrados. Resultados se determinó una calidad de agua baja para las dos fuentes abastecedoras, un índice de escasez alto (consume más del 50% del agua ofertada), se realizó el SIG para la quebrada La Nacuma Conclusiones: Según el índice de escasez para las dos fuentes hídricas, en periodo de invierno, es de 57,36% indicando que la demanda es mayor al 50% de la oferta en las dos fuentes abastecedoras.

Palabras clave:

Biodiversidad, contaminación, demanda y oferta hídrica, índice BMWP, parámetros físico-químicos.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es el principal medio a través del cual el cambio climático afecta a los ecosistemas de la Tierra y por tanto a la vida y al bienestar de las personas.

En Colombia, la amenaza se relaciona con la disminución de las fuentes de agua provenientes de los ecosistemas de páramo y con el retroceso de los glaciares de alta montaña debido al deshielo. El hecho de que la producción agrícola no contara con el agua necesaria para su mantenimiento, sería la consecuencia más grave del calentamiento global en Colombia ya que se vería afectada la producción de alimentos para los colombianos. Adicionalmente, las zonas productoras van a sufrir cambios en su clima generando cambios en su capacidad de producir diferentes alimentos (OPEPA, 2011).

Las afectaciones por el cambio climático ya se empiezan a ver en las fuentes hídricas que abastecen de agua a la Hacienda Majavita, algunas de ellas por el periodo de estiaje se han secado y las otras están con caudales muy bajos, con lo que probablemente en poco tiempo no se tenga agua para cubrir las necesidades del recurso hídrico en la Hacienda.

Parte del conflicto entre el uso del territorio y la disponibilidad de agua en las distintas regiones del país queda registrada en las relaciones demanda-oferta hídrica, las cuales se evalúan para tres escenarios hidrológicos: para un año medio, para un año modal y para un año seco. De acuerdo con estos tres escenarios, en un año seco el porcentaje de población afectada por un índice de escasez alto alcanza el 8% del total de población colombiana, para un año medio y modal el 6% de la población es afectada por índices de escasez alto (IDEAM, 2008).

Una visión sostenibilista sobre la escasez del agua dulce en el mundo, principio que no se cumple a pesar de que disponemos de suficiente recurso para toda la población y para todos los ecosistemas del planeta. Se percatan que donde existe mayor presión demográfica es el continente asiático, acogiendo más de la mitad de la población mundial y que tan sólo dispone de 36% de los recursos hídricos

mundiales. Pero, es en África subsahariana donde se padece de forma más extrema la falta de agua y normalmente lo sufren las mujeres caminando distancias enormes para abastecer de mínimos a su familia (Rodríguez, 2008).

Indicadores, tendencias y escenarios hidrológicos para el Cambio Climático. Dicho informe contiene la metodología de cálculo de indicadores del balance hídrico nacional a nivel de sub-zonas hidrográficas, así como su estimación considerando como mínimo los siguientes índices: de escasez de cuenca, de escasez municipal, de vulnerabilidad por disponibilidad de agua para condiciones hidrológicas de año promedio, año seco y año modal (Navarrete, 2010).

En la quebrada La Nacuma se realizó la determinación de la calidad del agua, mediante la aplicación de índices de calidad y contaminación, cuyo objetivo principal radicó en realizar el diagnóstico de la calidad del agua de la quebrada Nacuma (fotografía 2), mediante la aplicación de índices ecológicos, QBR (Quality of Biological Riverside), BMWP (Biological monitoring working party) e índices de contaminación (ICO), determinados por medio de parámetros físico-químicos, para evaluar su comportamiento como fuente de abastecimiento para diversas labores en la Hacienda Majavita, en la que se determinó que la Quebrada Majavita en los puntos de muestreo en la parte alta (cascada) media y baja (bocatoma), durante los diferentes periodos estacionales presenta una variación en los parámetros de color y turbiedad, Se demuestra en los resultados físico-químicos y microbiológicos en los diferentes índices de contaminación llevan a la conclusión de que dichas aguas en su condición natural no son aptas para consumo humano y para ello requieren tratamiento por decreto 475 de 1998 reglamentarios de calidad de agua. Estos resultados respaldan los obtenidos por el proceso de BMWP obteniendo la calidad de agua ligeramente y moderadamente contaminadas para las tres estaciones de monitoreo (Parra, 2007).

Otro proyecto que se tiene en cuenta es: Monitoreo de la calidad del agua mediante los índices B.M.W.P y Q.B.R. de la micro cuenca la honda, municipios del Socorro y Palmas de Socorro departamento de Santander, el cual se basó en el monitoreo de la calidad de agua y del ecosistema de ribera de la

Microcuenca la Honda, mediante la aplicación de los índices ecológicos cualitativos de disimilaría de Jaccar y diversidad de Shannon – weaver y cualitativos B.M.W.P para los acueductos de Socorro y Palmas de Socorro Santander; se encontró que en el ecosistema hay procesos de retención de materia orgánica y nutrientes, que sin lugar a duda afectan directamente el normal desarrollo del ecosistema acuático, en esta micro cuenca se analizaron 3.304 morfo especies macro invertebradas pertenecientes a doce clases taxonómicas distintas, halladas durante ocho meses de monitoreo incluyendo dos periodos tanto de lluvia como de sequía que reflejan clases de calidad de agua y ribera, entre los rangos agua dudosa y crítica, es decir, aguas de ribera contaminadas y muy contaminadas (Torres,2004).

Este proyecto fue realizado para conocer la demanda actual sobre la fuente abastecedora y así hallar el índice de escasez y determinar con cuánta agua se cuenta para cubrir las necesidades de la Hacienda Majavita. También hallar la calidad del agua de la quebrada la Nacuma y determinar si el agua es apta para el consumo humano.

Esta información se establece para tomar decisiones acerca de la gestión del recurso hídrico, conocer la calidad de agua que se está utilizando en la Hacienda Majavita para el sostenimiento de la misma, también con el índice de escasez es la base para realizar una proyección a futuro de la cantidad de agua que se necesitara de acuerdo a la población.

I.1 Pregunta problema

¿Cuál es el índice de escasez y la calidad de las fuentes de abastecimiento de la Hacienda Majavita?

I.2 Objetivo General

Determinar el índice de escasez y la calidad de las fuentes de abastecimiento de la Hacienda Majavita.

I.3 Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua de acuerdo con los parámetros físico-químicos, microbiológicos y especies de macro invertebrados (Índice BMWP) en las quebradas La Nacuma y Majavita.

- Establecer el sistema de información geográfico para la quebrada La Nacuma.
- Determinar el índice de escasez de las dos fuentes hídricas de la Hacienda Majavita.

2 METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Investigación cualitativa y cuantitativa, puesto que el índice QBR y la identificación de los macroinvertebrados caracterizaron el estado de contaminación de la quebrada La Nacuma por medio de los índices de contaminación y se midieron los caudales para cuantificar cual era el índice de escasez de La Hacienda Majavita.

2.2 Variables

Tabla 1. Variables de la investigación

Tipo de variable	Variable	Unidad
Dependiente	Índices de Escasez	
Independiente	Contaminantes	l/hab
	Demanda hídrica	
	Macroinvertebrados	
	Parámetros físico-químicos	l/s
	Caudal	
	Tiempo	Días
Interviniente	Actividad humana	l/s
	Oferta hídrica	

Fotografía 2. Quebrada La Nacuma



2.3 Técnicas e instrumentos

Se establecieron los puntos de muestreo para las dos fuentes hídricas de la Hacienda Majavita y se procedió a medir los caudales y tomar las muestras para la realización de las pruebas físico-químicas y microbiológicas.

Antes de muestrear, se identificó el lugar para la toma de muestras de macroinvertebrados, para su posterior análisis en el laboratorio. Luego se

colectaron los macroinvertebrados, esto se hizo por medio de la red D-Net (construida previamente), para después llevar los especímenes hasta el laboratorio en tarros de compota, con ayuda de una clave taxonómica se clasifican los invertebrados hasta familias.

Cada espécimen arroja una puntuación para el índice B.M.W.P/ Colombia (Tabla 2), y esto indicó la calidad del agua según la suma que nos da la anterior tabla para las especies encontradas (Tabla 3).

Tabla 2. Puntuación para cada una de las familias de Macroinvertebrados.

Familias	Puntajes
Perlidae, Oligoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Phephenidae, Hibridae, Chordodidae, Lymnessiidae, "hidracáridos", Polythoridae, Gomphidae.	10
Leptophlebiidae, Eothyplociidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Dytiscidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Gyrinidae	9
Veliidae, Gerridae, Philopotamidae, Simuliidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelpusidae, Hebridae, Hydrobiidae.	8
Baetidae, Calopterygidae, Glossosomatidae, Cirixidae, Notonectidae, Leptoryhyphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Caenidae.	7
Ancylidae, Lutroridae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Limnycidae, Neritidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae	6
Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pleoroceridae, Tabanidae, Thiadidae, Pyralidae, Planorbidae	5
Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratiomidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae	4
Hirudinea (Glossiphoniidae, Cyclobdellidae), Physidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae.	2
Oligochaeta (Tubificidae).	1

Tabla 3. Clases de calidad de agua, valores B.M.W.P.

Clase	Calidad	BMWP/COL	Significado	Color
I	Buena	>150 101 - 120	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	AZUL
II	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas	VERDE
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	AMARILLO
IV	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

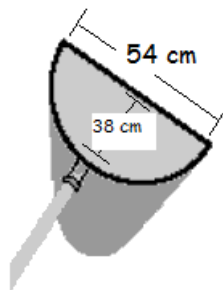
2.4 Equipos

Se utilizó un estereoscopio para la clasificación de los macroinvertebrados, un sensor de pH utilizado con el método electro-químico para medir el pH de una disolución, un sensor de turbiedad o turbidímetro, instrumento nefelométrico que midió la turbidez causada por partículas suspendidas en el líquido con un las lecturas se dan en UNT (Unidades Nefelométrico de Turbidez) y un sensor de color o colorímetro el que se refiere a un aparato que regula la absorbancia de ondas de luz para una solución específica. Este instrumento es comúnmente utilizado para determinar la concentración de un soluto conocido en una solución dada mediante la aplicación de la ley Beer- Lambert, la cual establece que la concentración de un soluto es proporcional a la absorbancia.

2.5 Materiales

Para la captura de los macroinvertebrados se usó una red D-Net o un colador y recipientes para preservar las muestras.

Figura 1. Red D-Net.



2.6 Procedimiento

Al iniciar se hizo un reconocimiento de las fuentes abastecedoras para establecer los puntos de muestreo, ya establecidos se procedió a tomar un litro de agua por cada punto de estudio para llevarlas al laboratorio de agua de la Universidad Libre Seccional Socorro, en donde se determinó: color, pH, turbiedad, coliformes totales y fecales; de forma alterna en campo se tomaron aforos volumétricos y se capturaron especies de macroinvertebrados los que solo se tomaron al inicio y final del desarrollo de la investigación colectados en campo con ayuda de una red D – Net y preservados con alcohol al 75% y por ultimo clasificados hasta familia con ayuda de un

estereoscopio y una clave taxonómica, para así darles una puntuación a cada especie (tabla 2) y por último otorgar la calidad del agua según el índice BMWP (tabla 3).

Para finalizar se indago con cinco personas para conocer cuál era el uso que se le daba al agua de las quebradas para hallar la demanda y por ultimo calcular el índice de escasez.

2.7 Población y muestra

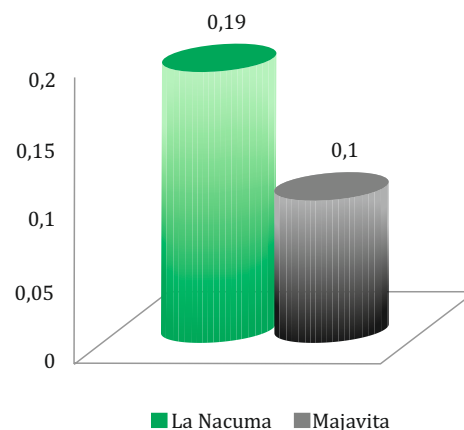
Se monitoreo la quebrada la Nacuma en cuatro puntos y la quebrada Majavita en dos puntos, mediante muestras puntuales realizadas cada ocho días, para un total de once muestras en cada sitio en el periodo comprendido entre junio y noviembre de 2012. Analizando parámetros físico-químicos (pH, turbiedad y color) y caudales.

3 RESULTADOS

3.1 Calidad de agua en las quebrada Nacuma y Majavita

3.1.1 Calidad de agua de acuerdo con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos

Figura 2. Caudal promedio en cada quebrada



Se puede establecer que el caudal promedio de la quebrada La Nacuma es de 0,19 l/s máximo 0,28 l/s, mínimo 0,09 l/s.

Para la quebrada Majavita el caudal promedio es de 0,10 l/s, máximo 0,13, mínimo 0,05 l/s (figura 2). Lo que indica que La Nacuma es la que mayor aporte de agua a la Hacienda Majavita.

En cuanto a las pruebas físico-químicas realizadas, el comportamiento se puede observar en la figura 4 para la quebrada La Nacuma.

Figura 4. Promedio de los parámetros físico-químicos para la quebrada La Nacuma

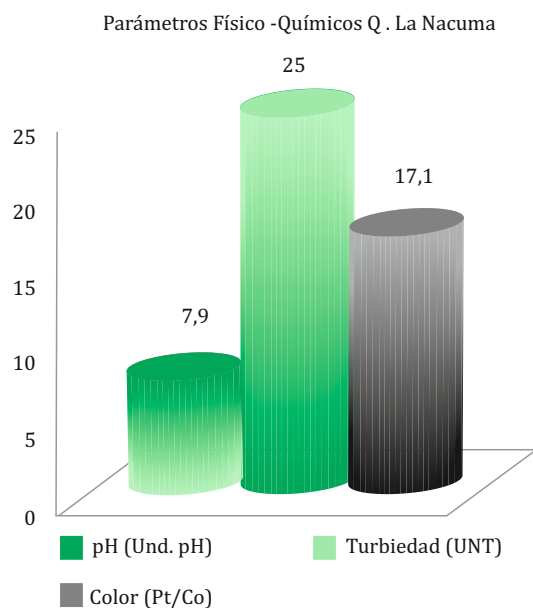
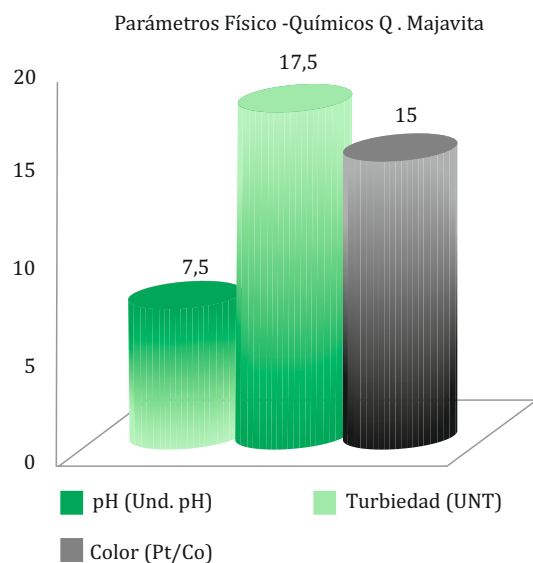


Figura 5. Promedio de los parámetros físico-químicos para la quebrada Majavita



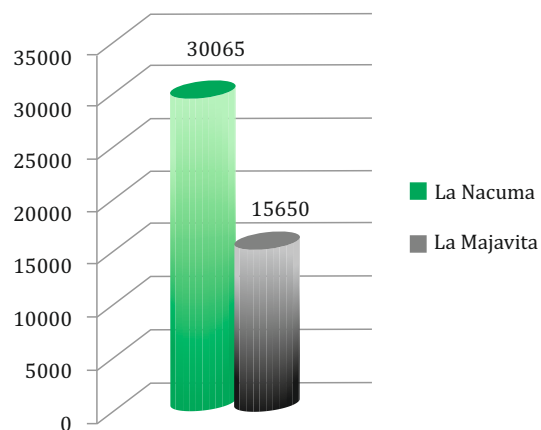
El promedio de la turbiedad para la quebrada Majavita es de 17,5 UNT, máxima 20,3 UNT, mínima 4,7 UNT y para la quebrada La Nacuma la turbiedad promedio es de 25,0 UNT, máxima 34,5, mínima 5,3 UNT indicando que la quebrada Majavita es de mejor calidad en cuanto al indicador turbiedad.

Si se compara el color en las dos fuentes hídricas se muestra que la fuente con mayor presencia de color es La Nacuma presentando un color promedio de 16,4 Pt/Co, máximo 27 Pt/Co, mínimo 1 Pt/Co; por su parte la quebrada Majavita cuenta con un color promedio de 10 Pt/Co, máximo 18 Pt/Co y mínimo 2 Pt/Co; por lo que se puede establecer que la quebrada Majavita encuentra en mejor estado con respecto a este parámetro físico químico.

Por ultimo al comparar el pH de los dos lugares de estudio se determina que la quebrada La Nacuma presenta una mayor concentración con un valor promedio de 7,9 Und. pH, máximo 8,1 Und. pH, mínimo 7,62 Und. pH y la quebrada Majavita presenta un valor promedio de 7,5 Und. pH, máximo 7,69 Und. pH y mínimo 7,13 Und. pH. Lo que refleja que la diferencia entre estos parámetros de calidad no es significativa.

El comportamiento de los parámetros microbiológicos se puede observar en la figura 6 y 7, donde los coliformes totales se presentaron en mayor cantidad en la quebrada La Nacuma con un promedio de 30065 UFC/100 ml mientras que en la Majavita se presentaron 15650 UFC/100 ml, incidiendo en que el agua óptima se encuentra en la quebrada Majavita en cuanto a parámetros microbiológicos.

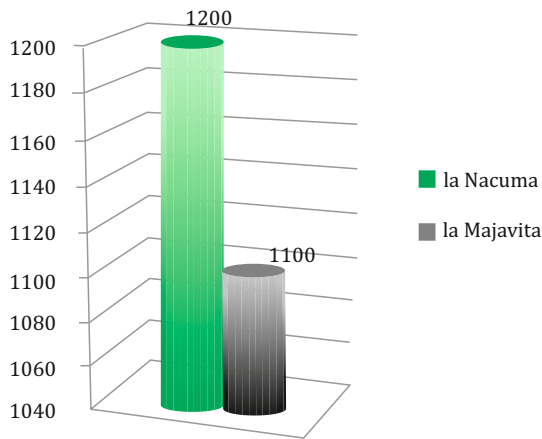
Figura 6. Comportamiento de los coliformes totales (UFC/100 ml) en las fuentes hídricas



Los coliformes fecales presentaron el siguiente comportamiento según la figura 11.

La quebrada que presentó mayor cantidad de coliformes fecales es La Nacuma con 1200 UFC/100 ml mientras que la quebrada Majavita presentó 1100 UFC/100 ml, indicando que la diferencia no es significativa y la calidad del agua en cuanto a coliformes fecales se encuentra bajo los mismos parámetros.

Figura 7. Comportamiento de los coliformes fecales (UFC/100 ml) en las fuentes hídricas



Según el resultado del índice B.M.W.P, hubo una puntuación de 44, lo cual se indica según la tabla que lo rige, siendo un agua moderadamente contaminada, con un color aparente amarillo y de calidad dudosa.

3.1.2 Determinación índice B.M.W.P

Tabla 2. Índice B.M.W.P

Familia	Puntuación
Vellidae	8
Hydropsychidae	7
Coenagrionidae	7
Baetidae	7
Hydrobiidae.	5
Leptophlebiidae	9
Aplotaxida	1
BMWP	44

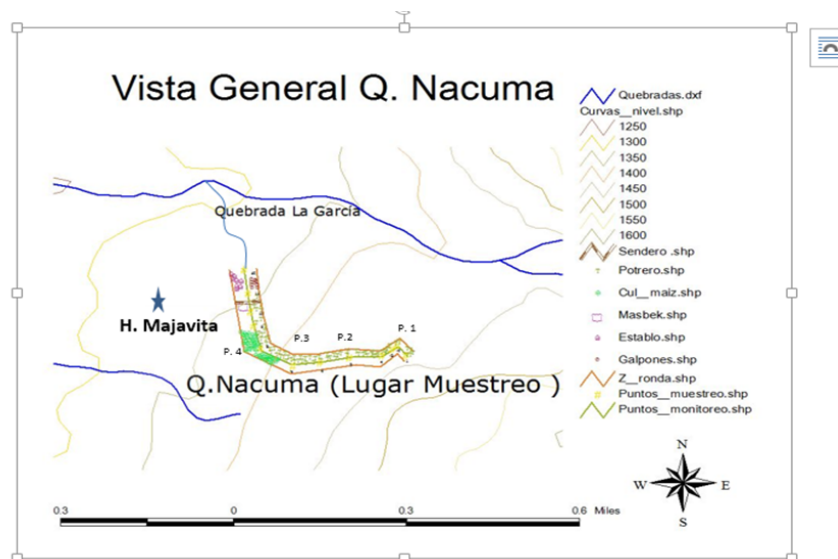
3.2 Sistema de información geográfico para la quebrada La Nacuma

Se estableció el sistema de información geográfico (SIG) para la quebrada La Nacuma tomando una base de datos de un muestreo realizado en la fuente hídrica, utilizando el programa de Arview como herramienta para establecer el SIG, teniendo como referencia las siguientes coordenadas:

Tabla 3. Coordenada quebrada La Nacuma

Punto	N	E	Z
Punto 1(parte alta)	1207332	1092080	1459
Punto 2(parte media)	1207306	1091828	1438
Punto 3(parte media)	1207272	1091805	1420
Punto 4 (parte baja)	1207352	1091643	1392

Figura 8. Vista general quebrada La Nacuma



3.3 Oferta y demanda de las quebradas La Nacuma y Majavita

Se determinó la oferta y la demanda hídrica para cada una de las fuentes hídricas que abastecen la Hacienda Majavita dando como resultado:

1. Oferta del recurso hídrico, se estableció mediante el cálculo de la fórmula:

Dónde:

O_n = Oferta superficial total.

R_e = Factor de reducción para mantener el régimen de estiaje.

R_{it} = Factor de reducción por irregularidades temporal de la oferta hídrica.

Después de realizados los cálculos pertinentes se obtiene que la oferta hídrica con que se cuenta para las diferentes actividades de la Hacienda Majavita es de 0,54 l/s equivalente a 326,59 m³ /semana que nos ofrece la quebrada La Nacuma, mientras que la quebrada Majavita ofrece 0,0363 l/s equivalente a 21,95 m³/semana para un total de 0,576 l/s, indicando una oferta de 348,36 m³/semana.

La demanda se estableció bajo los promedios de habitantes que se encuentran en la Hacienda Majavita y sus diferentes actividades:

Para los estudiantes que corresponden a los programas de Ingeniería Ambiental, Zootecnia y Licenciatura se tiene una demanda de 145,6 m³ /semana, para el uso doméstico se estableció una demanda de 12,6 m³ /semana, para el uso agrícola se estableció una demanda de 8,77 m³ /semana, para el uso de oficina se estableció una demanda de 7,65 m³ /semana, para el uso bobino se dio una demanda de 14 m³ /semana, en las aves se determinó que tienen un consumo de 11,2 m³ /semana. Para un total de gasto de la Hacienda Majavita de 199,82 m³/semana.

Indicando que la demanda para la Hacienda Majavita está en 199,82 m³ /semana.

Para establecer el índice de escasez se utilizó la siguiente fórmula:

$$I_e = \frac{D}{ON} * 100\%$$

Remplazando los valores de la fórmula, el índice de escasez de la quebrada La Nacuma es de 61,18% y para la quebrada Majavita 910,34%. Y el índice de escasez para la Hacienda Majavita de las dos fuentes hídricas que la abastecen es de 57,36%.

4. DISCUSIÓN

La quebrada la Nacuma tiene un pH promedio de 7,83 und pH, lo cual indica que el agua tiene un pH neutro, la turbiedad es de 19,8 UNT, el color se encuentra en 7,7 Pt/Co, los coliformes totales se encuentra en 20.000 UFC/100 ml, incidiendo en que el agua no es apta para el consumo humano y se requiere de un sistema de potabilización.

Los bioindicadores caracterizaron la quebrada La Nacuma como un agua dudosa con un color amarillo. La tabla caracteriza al lugar con una notable actividad antrópica y con un grado de contaminación medio, al comparar este resultado con la investigación ya realizada se establece que existe una leve variación porque en el año 2007 la calidad del agua estaba entre un agua moderadamente - dudosa y en la investigación actual se encuentra en dudosa.

En cuanto al índice de escasez hallado para la Hacienda Majavita tomando dos fuentes hídricas que son La Nacuma y la Majavita se obtiene un grado alto en el que supera el 50% del agua ofrecida potencialmente por la fuente abastecedora.

Con el sistema de información geográfica realizado para la Hacienda Majavita obtenemos una forma de ubicación y una base de datos sobre un muestreo realizado en diferentes puntos de la quebrada La Nacuma.

5. CONCLUSIONES

Según los parámetros físico-químicos, el agua más óptima para la Hacienda Majavita es la que aporta la quebrada Majavita, aunque no cumple con los parámetros para que sea apta para el consumo humano, para que lo sea se necesitaría un sistema de potabilización.

Según el índice de escasez realizado el agua que aportan las dos fuentes hídricas que abastecen a la Hacienda Majavita en periodo de invierno es de

57,36% lo que indica que la demanda es mayor al 50% de la oferta de las dos fuentes abastecedoras.

En el sistema de información geográfica se muestra información del muestreo realizado en diferentes puntos de la quebrada La Nacuma, donde se evidencia que la quebrada no cumple con los parámetros para ser un agua apta para el consumo humano.

Según el índice BMWP se puede concluir que el grado de contaminación de la quebrada es moderadamente contaminada, con un color aparente amarillo y de calidad dudosa.

5.I Planes para el futuro

Realizar captura de macroinvertebrados para hallar el índice BMWP en la quebrada Majavita, hallar más caudales y pruebas físico-químicas y microbiológicas.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Química María Fabiola Arenas Estévez, Doctor Mario Barón Rodríguez por su apoyo y colaboración y orientación en el desarrollo de las pruebas físico-químicas y al estudiante de Biología de la Pontificia Universidad Javeriana, José Manuel Ramírez Salamanca por la colaboración en la identificación de los macroinvertebrados.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Domínguez Efraín Antonio, Gonzalo Rivera Hebert, Vanegas Sarmiento Raque y Moreno Pedro. 2009. Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano.

Escobar J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. En: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aidis-ar/lcl1799e.pdf>

Hernández Diana, Moreno Jaime Andrés y Vargas Juan David. 2010. Indicadores, tendencias y escenarios hidrológicos para cambio climático en Colombia. Programa Conjunto de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano.

La adaptación al cambio climático tiene que ver sobre todo con el agua. Disponible en: www.unwater.org

Lorena Guerrero Gómez y Felkin Eduardo Sandoval. 2006. Colombia: los recursos hídricos y el marco legal. Disponible en:

http://www.usta.edu.co/programas/derecho/revista_inveniendi/revista/imgs/HTML/revistavirtual/

Macroinvertebrados en aguas. Disponible en:

http://www.ambientum.com/enciclopedia/aguas/2.01.19.31_1r.html

Nebel, Bernard J. 1999. Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible. 6ª. ed. Versión en español. Pearson Educación. México. Págs.: 300-302.

Parra H, Rodríguez D. 2007. Determinación de la calidad del agua de la quebrada Nacuma mediante la aplicación de índices de calidad y contaminación. Socorro-Santander: Universidad Libre seccional Socorro. 56 p.

Rivera Hebert Gonzalo, Marín Ramírez Rodrigo, Vanegas Sarmiento Raquel. 2009. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, metodología del cálculo de índice de escasez.

Rodríguez de Robles, Beatriz Escribano. 2008. Una visión sostenibilista sobre la escasez del agua dulce en el mundo, IDEAM.

Rodríguez, 2008. Una visión sostenibilista sobre la escasez del agua dulce en el mundo. En: <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/4234/1/Escribano.pdf>