	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
	Dependencia	Aprobado		Pág.
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>i(131)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ANAKAROLINA ALVAREZ LOBO JOSE SAID FLOREZ GOMEZ
FACULTAD	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	DIANA MILENA VALDES SOLANO
TÍTULO DE LA TESIS	MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA LA BRAVA DE LA RESERVA ADAMIUAIN EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER, POR MEDIO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y VARIABLES FISICOQUÍMICAS

### RESUMEN

**(70 palabras aproximadamente)**

EN EL PRESENTE DOCUMENTO SE MUESTRA UN ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA QUEBRADA LA BRAVA DE LA RESERVA ADAMIUAIN, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICO Y ALGUNOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN CADA ZONA DE MUESTREO, CON EL FIN DE APORTAR INFORMACIÓN VALIOSA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA QUE ABASTECE ACTUALMENTE A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ADAMIUAN

### CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 131	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 18	CD-ROM:1
--------------	-----------	-------------------	----------



**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA LA BRAVA DE LA  
RESERVA ADAMIUAIN EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER,  
POR MEDIO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y VARIABLES  
FISICOQUÍMICAS**

**Autores:**

**ANAKAROLINA ALVAREZ LOBO**

**JOSE SAID FLOREZ GOMEZ**

**Trabajo de grado para optar el título de ingeniero ambiental**

**Directora:**

**DIANA MILENA VALDES SOLANO**

**Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**UNVIERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Ocaña, Colombia**

**Agosto de 2016**

## Dedicatoria

*Este trabajo de grado se la dedico a Dios, ya que sin el nada podemos hacer. Dios es el que nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas. Gracias por las pruebas que me hace crecer como persona y me permite dar lo mejor de mí.*

*A mis padres, Mildred Lobo y Jesús Álvarez por haberme dado la vida, por su apoyo incondicional y enseñarme que las metas son alcanzables y que una caída no es una derrota sino el comienzo de una lucha que siempre termina en logros y éxitos. A mi hermana Indhira y demás familia por el apoyo que siempre me brindaron en el transcurso de cada año de mi carrera. A Esnelinyerth castro, por ser parte importante y especial en mi vida, Gracias por comprenderme y ayudarme en toda mi carrera y ocupar un espacio significativo en mi corazón.*

**ANAKAROLINA ALVAREZ LOBO**

*Dedico este importante logro a Dios, a mis Padres Dalida Gómez Carvajalino y Said Alfonso Flórez Meneses por brindarme buenos principios y valores para salir adelante, a mis hermanos, sobrinos, amigos y todas aquellas personas que creyeron y depositaron su confianza en mí, quienes me brindaron su apoyo para culminar mi ciclo profesional en el programa de ingeniería ambiental.*

*Los caminos están hechos de obstáculos pero no de misiones imposibles.*

**JOSE SAID FLOREZ GOMEZ**

## Índice

Capítulo 1. Monitoreo de la calidad del agua en la quebrada la brava de la reserva ADAMIUAIN en el municipio de Ocaña norte de Santander, por medio de macroinvertebrados acuáticos y variables fisicoquímicas.....	1
1.1 planteamiento del problema .....	1
1.2 Formulación Del Problema .....	4
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos. ....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Delimitaciones.....	7
1.5.1 Delimitación Operativa.....	7
1.5.2 Delimitación Conceptual. ....	7
1.5.3 Delimitación Geográfica.....	8
1.5.4 Delimitación Temporal.....	8
Capítulo 2. Marco referencial .....	9
2.1 Marco histórico .....	9
2.1.1 Marco histórico a nivel internacional. ....	9
2.1.2 Marco histórico a nivel nacional. ....	12

2.1.3 Marco histórico a nivel local.....	18
2.2 Marco contextual.....	19
2.3 Marco conceptual.....	25
2.4 Marco teórico.....	33
2.5 Marco legal.....	36
Capítulo 3. Diseño metodológico.....	42
3.1 tipo de investigación.....	42
3.2 Población.....	42
3.3 Muestra.....	42
3.4 Recolección de información.....	43
3.5 Análisis de la información.....	46
Capítulo 4. Administración del proyecto.....	47
4.1 recursos humanos.....	47
4.2 Recursos institucionales.....	47
4.3 Recursos financieros.....	47
Capítulo 5. Resultados.....	49

5.1 Parámetros fisicoquímicos como pH temperatura, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, DBO, DQO, conductividad, dureza, turbiedad, color, y caudal en cada estación para realizar comparaciones. ....	49
5.2 Reconocimiento de las familias de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca de la quebrada la brava en tres estaciones preliminarmente elegidas en tiempo seco y de lluvia. ....	67
5.3 Realización del análisis comparativo entre los parámetros biológicos y fisicoquímicos encontrados.....	84
5.4 Propuesta de estrategias de conservación de la calidad del agua de la quebrada la brava, teniendo en cuenta el estado actual de la misma. ....	86
6. Conclusiones .....	88
7. Recomendaciones .....	91
Referencias.....	93
Apéndices.....	99

## Lista de tablas

Tabla 1. Puntuación asignada a las familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP.....	43
Tabla 2. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP col (modificado de Roldán 2003 en Álvarez 2006).....	45
Tabla 3. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia en las estaciones de muestreo.....	46
Tabla 4. Recursos financieros.....	48
Tabla 5. Características de las zonas estudiadas.....	49
Tabla 6. Demanda química de oxígeno quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	51
Tabla 7. Demanda biológica de oxígeno quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	53
Tabla 8. Oxígeno disuelto de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	54
Tabla 9. PH de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	56
Tabla 10. Turbidez de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	57
Tabla 11. Turbidez de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	58
Tabla 12. Color quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	59
Tabla 13. Conductividad quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	61
Tabla 14. Solidos totales quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	62
Tabla 15. Solidos disueltos quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	63
Tabla 16. Temperaturas quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	64
Tabla 17. Caudales quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	65
Tabla 18. Registros históricos de caudales de la quebrada la Brava.....	66

Tabla 19. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 1 en tiempo seco (marzo 31- Abril 15 del 2016).....	68
Tabla 20. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 2 en tiempo seco (marzo 31- Abril 15 del 2016).....	68
Tabla 21. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 3 en tiempo seco (marzo 31- Abril 15 del 2016).....	70
Tabla 22. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 1 en tiempo de lluvia (mayo 10-junio 09).....	71
Tabla 23. Identificación de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados clasificados por grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo en la zona 2 tiempos de lluvia (mayo 10-junio 09). .....	72
Tabla 24. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 3 en tiempo de lluvia (mayo 10-junio 09).....	73
Tabla 25. Número total de individuos por estación. ....	74
Tabla 26. Familias más abundantes en temporada seca de las tres zonas en la Quebrada La Brava. ....	76
Tabla 27. Familias más abundantes en temporada de lluvia de las tres zonas en la Quebrada La Brava.....	79
Tabla 28. varianza para el número de especies en la zona de estudio .....	82



## Lista de figuras

Figura 1 Mapa de la las zonas de monitoreo de la quebrada la Brava.....	8
Figura 2. Demanda química de oxígeno quebrada la brava periodo seco y lluvioso.....	52
Figura 3. Demanda biológica de oxígeno quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	53
Figura 4. Oxígeno disuelto de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	55
Figura 5. PH de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso.....	56
Figura 6. Turbidez de la quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	57
Figura 7. Dureza de la quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	58
Figura 8. Color quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	60
Figura 9. Conductividad quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	61
Figura 10. Solidos totales quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	62
Figura 11. Solidos disueltos quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	63
Figura 12. Temperaturas quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	64
Figura 13. Caudales quebrada La Brava periodo seco y lluvioso.....	66
Figura 14. Registros históricos de caudales de la quebrada la Brava.....	67
Figura 15. Número total de individuos por estación.....	74
Figura 16. Familias más abundantes en temporada seca de las tres zonas en la Quebrada La Brava.....	78
Figura 17. Familias más abundantes en temporada de lluvia de las tres zonas en la Quebrada La Brava.....	81
Figura 18. Dendograma de agrupamiento de las especies de las zonas de muestreo.....	84

## Resumen

En este trabajo de investigación se realizó un análisis de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica Quebrada la Brava de la reserva ADAMIUAIN, mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológico y algunos parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, DBO, DQO, conductividad, dureza, turbiedad, color y caudal en cada zona de muestreo , con el fin de aportar metodológicamente información que pueda suplir necesidades del estado de conservación de la fuente hídrica que abastece actualmente a la empresa de servicios públicos de ADAMIUAN .

En la cuenca, se establecieron 3 zonas de muestreo las cuales fueron seleccionadas considerando los diversos estados que se presentan en cada una de las zonas previamente elegidas y así poder ejecutar una comparación entre los índices biológicos y fisicoquímicos después de obtener los resultados hallados de cada una de las zonas para mirar la calidad del agua en la quebrada. Las pruebas fisicoquímicas fueron recolectadas en frascos de vidrio previamente esterilizados estos se realizaron en dos temporadas del año una en tiempo seco entre los meses de marzo y abril y en tiempo de lluvia entre los meses de mayo y junio para luego realizar las pruebas en los laboratorios de aguas y biología de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, la fauna bentónica fue recolectada utilizando red Surber y métodos manuales de captura, las muestras se depositaron en frascos de vidrio con alcohol al 70% y luego se llevaron al laboratorio de biología para identificar los invertebrados acuáticos hasta nivel

taxonómico de especies, se realizaron los análisis estadísticos que permitieron determinar el número de individuos por cada zona.

Los resultados obtenidos muestran que la composición de la comunidad bentónica es determinada por las condiciones fisicoquímicas y ambientales que se presenta en cada una de las zonas estudiadas durante los dos periodos climáticos antes mencionados, también fueron hechas algunas recomendaciones que se deben realizar en la reserva ADAMIUAIN para seguir en el buen uso y funcionamiento de la quebrada y biota existente.

## Introducción

Los ecosistemas acuáticos se encuentran entre los sistemas más degradados por fuentes de contaminación, ya que reciben desagües por escorrentía, cloacales e industriales, y por lo tanto una alta carga de materia orgánica que hace que se encuentren en un nivel crítico, el impacto negativo provocado por el hombre coloca en riesgo la vida en el agua, por el exceso de carga orgánica que agota el oxígeno y la presencia de la agricultura moderna que se ha convertido en una de las más graves amenazas para la comunidad acuática y para la salud humana, por el uso de abonos para fertilizar los cultivos, causando eutrofización en los ríos quebradas y demás ecosistemas dulceacuícolas, Por ello es que se ve la necesidad de conservación y cuidado de las mismas, el agua ha sido uno de los principales recursos esenciales para la vida, por lo tanto se entiende que los ecosistemas dulceacuícolas tienen una gran importancia el cual esta enfatizado en la necesidad de regular su estado de conservación y asegurar así una adecuada calidad del agua.

Durante años, el análisis del estado de los ecosistemas acuáticos se realizó mediante el uso de indicadores fisicoquímicos y biológicos, pero en los últimos años se ha potenciado la realización de estudios integrales en los que también se incluyen el análisis de distintos grupos de seres vivos. La mayoría de las comunidades dulceacuícolas o todas son el reflejo de la muchas de las condiciones fisicoquímicas encontradas en los ecosistemas que a su vez nos brindan la información necesaria del estado de las aguas en un periodo de tiempo determinado del muestreo, los macro invertebrados son especies sensibles a las condiciones de perturbaciones en las aguas. Los macro invertebrados acuáticos son uno de los grupos (junto con diatomeas, micrófitos anfibios y peces) son las familias más utilizadas en monitoreo de calidad del agua. El

estudio, diversidad y la distribución de los macro invertebrados acuáticos brinda la información necesaria sobre el estado actual de intervención de las fuentes hídricas para obtener un conocimiento preciso de la calidad de agua en cuanto la potabilidad para animales, humanos y usos industriales entre otros beneficiarios.

Se consideran macroinvertebrados acuáticos a todos aquellos organismos invertebrados habitantes, en algún momento de su ciclo vital, de hábitats acuáticos todos ellos redimen un papel importante en los ecosistemas acuáticos tanto en la transformación de la materia orgánica en el medio como por representar una importante fuente de alimentación de cara a otros organismos superiores, siendo por tanto unos excelentes indicadores biológicos del estado ecológico de las aguas. Adicionalmente, el uso de estas metodologías proporcionan una serie de ventajas, entre las que se pueden mencionar, requieren de equipos simples y relativamente baratos, las metodologías son sencillas, una rapidez en la obtención de resultados y una gran confiabilidad, ya que denotan información referentes a las variaciones que a través del tiempo es modificado, lo que convierte a estos métodos en una herramienta primordial en la vigilancia rutinaria de las cuencas y ríos en general, la presencia de muchas familias en la quebrada la brava de la reserva ADAMIUAIN nos brinda un importante resultado de la calidad de este recurso mucho más que afluentes los ecosistemas acuáticos son ecosistemas muy numerosos y complejos con diversos componentes fisicoquímicos , que presentan diversidad de diferentes organismos siendo estos fundamentales para el correcto uso y manejo de las fuentes hídricas

# **Capítulo 1. Monitoreo de la calidad del agua en la quebrada la brava de la reserva ADAMIUAIN en el municipio de Ocaña norte de Santander, por medio de macroinvertebrados acuáticos y algunos parámetros fisicoquímicas**

## **1.1 planteamiento del problema**

La Quebrada La Brava se ubica a las afueras de Santa Clara entre la Vereda Los Curitos, Pueblo Nuevo y Venadillo con un área aproximada de 700 ha, y hace parte del sistema hidrográfico de Ocaña. Esta Quebrada nace en la Cordillera Oriental a los 5°17'32,53" Latitud Norte y a los 70°15'02,74" de longitud Oeste, abastece en la actualidad el Acueducto Independiente "ADAMIUAIN" y al sistema de riego en grandes extensiones y cultivos de la vereda venadillo. (PMA, 2014)

La quebrada la Brava ha venido presentado deterioro a través de los años, Las características geológicas de la cuenca son aptas para la explotación agropecuaria, el daño que se le hace a la cobertura vegetal compuesta por ecosistemas boscosos ricos en fauna y flora, es con la finalidad de implantar cultivos, en terrenos de alta pendiente, debido a estas implementaciones se ha venido exponiendo el suelo al arrastre erosivo por causa de las precipitaciones y de los vientos. Los eventos naturales causados por estos procesos erosivos amenazan directamente la estabilidad de los ecosistemas a lo largo de la quebrada y así también se ve afectado de manera directa el futuro de la comunidad.

Según lo mencionado en el plan de desarrollo del año 2014 y el actual se puede observar un importante fenómeno de crecimiento de la población de los Barrios Santa Clara, Bermejil, Los Sauces y José Antonio Galán, debido a la violencia en los municipios de la provincia de Ocaña tales como (Teorama, San Calixto, Convención, entre otros), los cuales radican en asentamientos en terrenos invadidos por ser éste de bajo nivel socio económico y de fácil adquisición; éste aumento de población obliga a que la cobertura del acueducto independiente ADAMIUAIN sea mayor y por lo tanto mayor aún el problema. (Estudio técnico e institucional (ADAMIUAIN)s.f)

Los deterioros ambientales producidos en la cuenca se deben principalmente a la falta de concientización, tradicionalismos y educación por parte de los habitantes de la zona, debido al manejo irracional de los recursos naturales, la deforestación, las técnicas inadecuadas de explotación, la contaminación de la cuenca hidrográfica “Quebrada La Brava”, acentuadas con la desigual e inapropiada distribución del recurso hídrico y agravados por la falta de planificación del desarrollo urbano y rural, que promuevan la formación de asentamientos. (ADAMIUAIN, 2012)

Debido a este problema se verá afectada de gran manera la calidad del agua que está llegando al acueducto, generando diversos problemas de índole ecológico y social. El uso de Bioindicadores, pueden ser una gran herramienta para conocer el estado de la calidad del agua de la cuenca, a consecuencia, muchas de las actividades humanas que modifican o destruyen los ecosistemas naturales pueden causar deterioro de los servicios ecológicos. (ADAMIUAIN, 2016) Esto se debe a que requiere un número enorme de especies y poblaciones que nos permitan

mantener un equilibrio en el paisaje. Se perderían los indicadores de la calidad medioambiental y la sostenibilidad de la fuente hídrica puesto que estos son susceptibles a las perturbaciones inducidas por el hombre o a las modificaciones ambientales climáticas.

El estudio, diversidad y la distribución de los macroinvertebrados acuáticos brinda la información necesaria sobre el estado actual de intervención de las fuentes hídricas para obtener un conocimiento preciso de la calidad de agua en cuanto la potabilidad para animales, humanos y usos industriales entre otros beneficiarios. Según el siguiente artículo se puede corroborar la importancia de los macroinvertebrados el cual se titula “Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles”.

Desde siempre los ecosistemas fluviales se encuentran sometidos a numerosas perturbaciones causadas por las actividades humanas. La regulación y rectificación de cauces, la contaminación por materia orgánica, la eutrofización y las actividades mineras, entre otros, producen cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas que albergan los ríos. Una de las comunidades que responde a estas perturbaciones es la de macroinvertebrados bentónicos, es decir invertebrados que habitan en el lecho fluvial y que son visibles a simple vista. El estudio de esta comunidad permite evaluar el grado de alteración al que está sometido un ecosistema fluvial. En este artículo se hace una revisión de los atributos de esta comunidad que pueden ser utilizados como indicadores de calidad ambiental y mostraremos algunos casos en los que se ha aplicado a ecosistemas fluviales españoles. Además se discuten



las necesidades futuras en la biovaloración fluvial utilizando dicha comunidad. (A. Alonso, 2005)

## **1.2 Formulación Del Problema**

¿Es posible que a través de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y algunos parámetros fisicoquímicos se conozca la calidad del recurso hídrico para la quebrada la Brava?

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1 Objetivo General.** Realizar el monitoreo de la calidad del agua de la quebrada la Brava (reserva ADAMIUAIN) del municipio de Ocaña, Norte de Santander por medio de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos y algunos parámetros fisicoquímicos.

**1.3.2 Objetivos Específicos.** Determinar algunos parámetros fisicoquímicos como pH temperatura, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, DBO, DQO, conductividad, dureza, turbiedad, color, y caudal en cada estación para realizar comparaciones.

Identificar las familias de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca de la quebrada la brava en tres estaciones preliminarmente elegidas en tiempo seco y de lluvia.

Realizar análisis comparativo entre los parámetros biológicos y fisicoquímicos encontrados.

Proponer estrategias de conservación de la calidad del agua de la quebrada la Brava, teniendo en cuenta el estado actual de la misma.

#### **1.4 Justificación**

El agua es una de las sustancias más difundidas y abundantes en el planeta tierra. Es parte integrante de la mayoría de los seres vivos tanto animales como vegetales, y está presente en cantidad de minerales. El agua potable es fundamental para la vida; las civilizaciones han florecido cerca de abastecimientos adecuados de ese líquido. (BARBA HO, 2002, pág. 5)

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos. (Holding, 2006)

La calidad del agua es fundamental para el alimento, la energía y la productividad. El manejo juicioso de este recurso es central para la estrategia del desarrollo sustentable, entendido este como una gestión integral que busca el equilibrio entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental. (Garcia, 2010)

Adicionalmente, el uso de estas metodologías proporcionan una serie de ventajas, entre las que se pueden mencionar, requieren de equipos simples y relativamente baratos, las metodologías son sencillas, una rapidez en la obtención de resultados y una gran confiabilidad, ya que denotan información referentes a las variaciones que a través del tiempo es modificado, lo que convierte a estos métodos en una herramienta primordial en la vigilancia rutinaria de las cuencas y ríos en general. Así, la bioindicación puede contribuir en la solución de problemas ambientales y el uso sostenible de los recursos. (Garay, 2013)

Es necesario apreciar el impacto y deterioro provocado al agua por las actividades antrópicas en la actualidad y así conocer el estado actual de la micro cuencas de la quebrada la Brava, debido a que de la calidad del agua depende el bienestar y salud de las personas, además de toda la biota de la reserva ADAMUIAIN. (CRISTO, 2016)

La calidad del agua es fundamental para el alimento, la energía y la productividad; El manejo juicioso de este recurso es central para la estrategia del desarrollo sustentable, entendido este como una gestión integral que busca el equilibrio entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental (Luque, s.f.)

El monitoreo de la calidad de agua con la utilización de indicadores biológicos proporciona una técnica práctica, con mayor facilidad y eficacia para conocer la calidad del agua desde el punto de vista ecológico, por estas razones es necesario realizar el monitoreo de la calidad del agua en la microcuenca de la quebrada la Brava en la reserva forestal ADAMIUAIN “del municipio de Ocaña Norte de Santander considerando esta como una de las principales

afluentes que abastecen a la población rural y urbana, la cual han venido presentando una progresiva degradación, esto se debe a la creación de huertas, potreros para la ganadería y la generación de combustible para la cocción de sus alimentos, que conlleva a un deterioro de la zona de estudio, Teniendo en cuenta la facilidad para realizar el estudio sobre la evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores que por su presencia o ausencia son claves para diagnosticar la calidad de una fuente hídrica, apoyada con la comparación y análisis de parámetros fisicoquímicos los cuales nos ayudan a definir qué estrategias de conservación, mitigación y prevención podemos efectuar en estas zonas de gran importancia en cuanto a la calidad del agua.

## 1.5 Delimitaciones

**1.5.1 Delimitación Operativa.** El cumplimiento de los objetivos que son planteados en el presente trabajo puede verse afectados por:

Fenómenos climáticos y la no accesibilidad a la reserva forestal ADAMIUAIN.

Dispersión en la información documental existente. La problemática de orden público que sufre el país puede llegar a ser una limitante que impida el libre desplazamiento por la zona de estudio. La descoordinación existente entre los organismos inherentes al tema objeto del estudio.

La limitada o escasa información sobre registros climatológicos en el área de estudio.

**1.5.2 Delimitación Conceptual.** La temática del presente trabajo contiene conceptos tales como, macroinvertebrados bentónicos, indicadores biológicos, quebrada la brava, calidad del agua, taxas y ADAMIUAIN,

**1.5.3 Delimitación Geográfica.** El desarrollo del trabajo se llevará cabo en la reserva forestal y faunística ADAMIUAIN en el municipio de Ocaña Norte de Santander. Con unas coordenadas iniciales de latitud  $08^{\circ}14'3.69225''$ N y longitud  $73^{\circ}23'52.54527''$ W y unas coordenadas finales de latitud  $08^{\circ}14'45.77198''$  N y longitud  $73^{\circ}23'27.10685''$ . (ver figura 1 mapa de la quebrada la Brava)

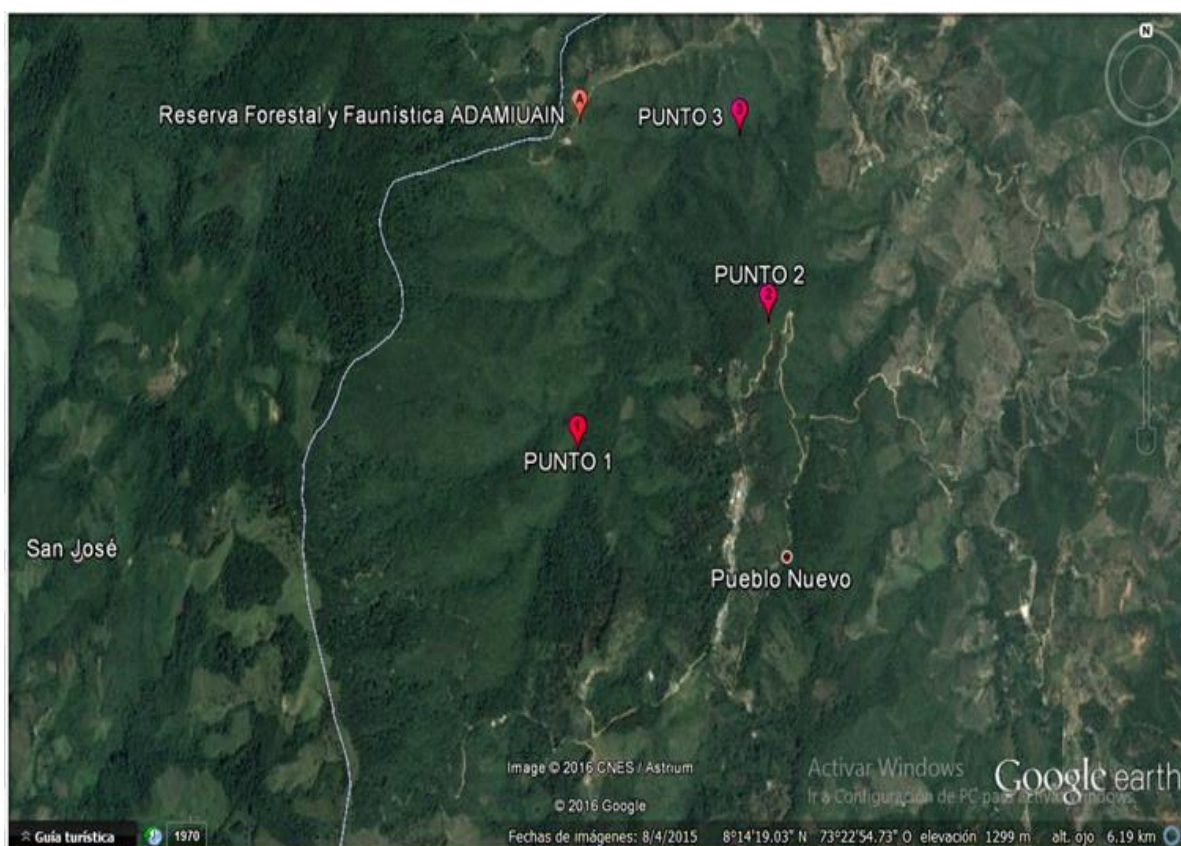


Figura 1 Mapa de la las zonas de monitoreo de la quebrada la Brava

**1.5.4 Delimitación Temporal.** La ejecución del presente trabajo será realizada durante el primer semestre del año 2016 en los meses de marzo y abril época (seca) y mayo y junio época (lluvia)

## Capítulo 2. Marco referencial

### 2.1 Marco histórico

**2.1.1 Marco histórico a nivel internacional.** Los primeros estudios limnológicos de zonas templadas – Europa y Norteamérica, principalmente – se conocen desde la segunda mitad del pasado siglo; prueba de ello son los valiosos estudios de Agassiz (1850) quien relaciona por primera vez los organismos acuáticos con las condiciones físicas y químicas del agua presente en los lagos de los Alpes Suizos. Posteriormente se destacan a nivel mundial los trabajos de Forel (1892) considerado el padre de la limnología, debido a que en su obra presenta la relación biológica y química de los factores bióticos y abióticos existentes en el lago Le Léman de Suiza. Igualmente, Nauman (1931) presentó un trabajo comparativo entre los lagos suecos y bálticos estableciendo entre sí los conceptos de oligo, meso y eutrófico, que marcan el inicio del desarrollo de los estudios de eutroficación en los lagos. (Agassiz, 1850)

El uso de macro invertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa. Hoy en día, constituye una herramienta muy útil y de relativamente bajo costo, por lo que es ampliamente utilizado en todo el mundo. A diferencia de los análisis fisicoquímicos, los cuales representan la condición del agua en el momento del muestreo, los indicadores biológicos muestran tendencias a través del tiempo, es decir, se pueden comparar condiciones pasadas y presentes. (Springer, 2010)

De igual manera, mediante el uso de indicadores biológicos es posible detectar eventos puntuales de toxicidad y contaminación a aguas, los cuales a menudo no son detectados por las mediciones fisicoquímicas estándares. Sin embargo, el uso de bioindicadores también tiene sus limitaciones, especialmente para determinar la calidad de agua para consumo humano, porque no necesariamente detecta la presencia de patógenos o condiciones químicas potencialmente peligrosas para la salud humana. (Springer, 2010)

Además, las comunidades de organismos indicadores pueden verse afectados por otros factores ambientales, como la calidad del hábitat o las condiciones climáticas. Por lo tanto, es importante utilizar ambos métodos, el fisicoquímico y el biológico, en forma integral, lo cual ya se contempla en muchos artículos ambientales citados en diferentes partes del mundo.

En la literatura se encuentran muchas referencias sobre este tema y a menudo se señalan las ventajas que tienen los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua sobre los otros grupos (como por ej. algas o peces); por lo tanto, para el monitoreo de la condición ambiental de ríos y quebradas es el grupo de organismos acuáticos más utilizado.

Entre la lista de atributos que poseen los macroinvertebrados para la bioindicación acuática, se pueden mencionar su amplia distribución, tanto a nivel geográfico, como con respecto a la variedad de ambientes que habitan, su gran diversidad taxonómica, la cual resulta en un amplio rango de respuestas ante las perturbaciones o la contaminación, su carácter relativamente sedentario, el cual facilita un análisis espacial de la contaminación, sus ciclos de vida relativamente largos, que permiten observar los efectos de la contaminación a lo largo del

tiempo (p.ej. contaminaciones intermitentes o de concentraciones variables) y los métodos de muestreo son sencillos y de bajo costo. (Springer, 2010)

Una lista más exhaustiva de estas ventajas, incluyendo también las dificultades que se pueden presentar. A nivel mundial existe una gran diversidad de metodologías para el uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua, las cuales incluyen tanto métodos cualitativos como cuantitativos y se han desarrollado una gran variedad de índices para diferentes países, ecorregiones y cuencas. Finalmente, se ofrece información sobre la aplicación de la bioindicación y del biomonitoreo acuático en Costa Rica y en la región Centroamericana. (Springer, 2010)

**Historia de la bioindicación.** La degradación de los recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación del hombre en las últimas décadas. Los primeros esfuerzos por determinar el daño ecológico causado por los residuos domésticos e industriales en las corrientes de agua fueron realizados (Kolkwitz & Marsson 1908-1909) creando de esta manera la base del sistema saprobio, ampliamente utilizado actualmente en Alemania y algunos países europeos. No fue hasta mediados de los años 50 cuando comenzaron a utilizarse diferentes metodologías de evaluación de calidad del agua mediante el uso de los indicadores biológicos. (ROLDAN PEREZ G. , 1999)

**Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macro invertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles.** Desde siempre los ecosistemas fluviales se encuentran sometidos a numerosas perturbaciones causadas por las actividades humanas. La regulación y rectificación de cauces, la contaminación



por materia orgánica, la eutrofización y las actividades mineras, entre otros, producen cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas que albergan los ríos. Una de las comunidades que responde a estas perturbaciones es la de macro invertebrados bentónicos, es decir invertebrados que habitan en el lecho fluvial y que son visibles a simple vista. El estudio de esta comunidad permite evaluar el grado de alteración al que está sometido un ecosistema fluvial. En este artículo se hace una revisión de los atributos de esta comunidad que pueden ser utilizados como indicadores de calidad ambiental y mostraremos algunos casos en los que se ha aplicado a ecosistemas fluviales españoles. Además se discuten las necesidades futuras en la biovaloración fluvial utilizando dicha comunidad. (CAMARGO, 2015)

**2.1.2 Marco histórico a nivel nacional.** En Colombia inició con trabajos realizados por el profesor Joaquín Molano Campuzano quien realizó una serie de observaciones y estudios en varios ríos y lagunas del país en orden de determinar mediciones fisicoquímicas del agua y observaciones del plancton. Posteriormente en 1966 el profesor Roberto Galán Ponce presentó estudios limnológicos de carácter aplicado al tratamiento biológico del agua y al conocimiento del fitoplancton en lagunas y ríos de los alrededores de la sabana de Bogotá (Bastidas & Lemus, 2010.)

La bioindicación en Colombia se remonta a los años setenta con los trabajos de Roldán, *et al.*, (1973), cuando por primera vez se realizó un estudio de la fauna de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación del río Medellín. Posteriormente Matthias y Moreno (1983) realizaron un estudio fisicoquímico y biológico del mismo río utilizando los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua.

Bohórquez y Acuña, (1984) realizaron los primeros estudios para la sábana de Bogotá. Roldán (1988) publicó la primera guía para la identificación de los macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia, y luego se comprobó su aplicación para la mayoría de los países neotropicales. También en 1992 publicó el libro Fundamentos de Limnología Neotropical y posteriormente adaptó el sistema del BMWP para evaluar la calidad del agua en Colombia mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos. Zúñiga de Cardoso (1997) hicieron una adaptación de esta metodología para algunas cuencas del valle del Cauca. Reinoso (1998) realizó un estudio del río Cobeima en el departamento del Tolima. Después Zamora (1999) realizó una adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia, y finalmente, Roldán (2001) adaptó el sistema para la cuenca de Piedras Blancas en el departamento de Antioquia. Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar el método BMWP / Col. Como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos del país. (ClaudiaMontes, s.f.)

“La bioindicación con macroinvertebrados acuáticos en Colombia se remonta a los años” 70 al estudiar el Río Medellín, donde observaron cambios en la estructura de las comunidades, encontrando diferencias en el número y tipo de taxa de un tramo poco perturbado respecto a una zona donde los vertimientos industriales y domésticos se incrementaban (ROLDÁN et al. 1973). En el Río Anorí (MACHADO & ROLDÁN, 1981) estudiaron las características fisicoquímicas y biológicas de sus principales afluentes, observando cómo estos presentan pocas variaciones fisicoquímicas a lo largo del tiempo.

En un estudio realizado por JARAMILLO (1995) se cuantificó los grupos de macroinvertebrados presentes en el licor mixto y se determinó su relación con la eficiencia en la planta de tratamiento de aguas residuales de El Retiro en el Departamento de Antioquia. En 1999, GARCÍA estudió la distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el Río Guadalajara de Buga con relación a la calidad de agua. POSADA et al. (1999) caracterizaron la calidad fisicoquímica y biológica de las aguas en la cuenca de la Quebrada Piedras Blancas, Antioquia.

En 2001, MACHADO realizó una caracterización fisicoquímica y biológica de las cuencas de los ríos Tapias y Tareas en el Departamento de Caldas con el fin de evaluar la evolución fisicoquímica y biológica de las corrientes. JARAMILLO (1995) evaluó la importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. GUERRERO et al. (2003) realizaron un estudio sobre las comunidades bentónicas y su relación con la calidad del agua en la cuenca del Río Gaira “Pozo Azul”.

En el 2006 BERNAL et al., caracterizaron la comunidad de macroinvertebrados de la Quebrada Palo blanco en la cuenca del Río Otún del Departamento de Risaralda. Para el 2008 GUTIÉRREZ utilizó los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la granja Yamboró, Huila. En el mismo año, DUQUE evaluó la calidad del agua de la parte alta de tres quebradas en la microcuenca Llanitos (Villa María, Caldas) a través de análisis fisicoquímicos y de macroinvertebrados acuáticos. ” Mediante estos índices se va a obtener un valor numérico adimensional que engloba las magnitudes de ciertos parámetros individuales,

cuyo número y tipo varía según el índice. Se usan para evaluar la calidad de un agua y su evolución con el tiempo y tienen como inconveniente su poca robustez debido a que simplifican mucho la calidad al definirla mediante un único valor numérico. (BASTIDAS GALVEZ, s.f)

El uso de macroinvertebrados para valorar y determinar la calidad del agua, tiene cuando menos 100 años de antigüedad. De estas técnicas, los insectos acuáticos (entre un 70 -90% de la fauna de macroinvertebrados dulceacuícola) han sido el grupo más estudiado para evaluar la calidad del agua por muchos investigadores. Por ejemplo, los métodos biológicos para determinar la calidad de las aguas, han sido usados en Europa desde principios de siglo, sin embargo, sólo en la década de los 50 se tuvo mayor consideración en las respuestas que ofrecían plantas y animales como evidencia directa de la contaminación. (KOLWITZ R. M., 1908)

Los primeros intentos para usar los organismos vivos para medir el grado de deterioro de los cuerpos de agua corriente estuvieron dirigidos a detectar la contaminación orgánica de las aguas, que fue durante mucho tiempo el principal factor de perturbación. Así comenzaron a desarrollarse listas de especies presentes en sitios con diferente grado de alteración.

Debido a lo tedioso y difícil que resultaba hacer comparaciones con estas listas generales de especies, las mismas se sustituyeron por listas de especies indicadoras, es decir por especies que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares. Con esta lista se construyeron diversos esquemas que agruparon las especies por categorías y estas se asociaron a condiciones con distintos grados de contaminación orgánica. El primero de estos esquemas fue el desarrollado por Kolwitz y Marson (1908), quienes introdujeron la idea de la sprobidad la cual se utilizan en todos los organismos acuáticos, desde los hongos y las algas hasta los

vertebrados, como indicadores de la calidad del agua este como una medida del grado de contaminación orgánica de un cuerpo de agua. Donde hay poca contaminación orgánica el nivel de saprobididad es bajo, y será alto donde existe una gran contaminación.

La asociación del concepto de saprobididad y el de especies indicadoras permitió evaluar el grado de contaminación orgánica y la recuperación progresiva de diferentes sitios determinando la presencia de ciertos tipos de organismos. (KOLWITZ & MARSON, 1808)

**Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos.** Se determinara la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos en la Estación Piscícola, Granja Montelindo (Universidad de Caldas), ubicada en la Vereda Santágueda (Municipio de Palestina). Los puntos de muestreo seleccionados corresponden a la entrada y a la salida de agua de la Estación y al recorrido dentro de la misma, áreas donde se tomaron muestras puntuales sujetas a los parámetros fisicoquímicos para analizar la calidad. En el estudio se encontraron 55 familias, de las cuales sobresalen: Chironomidae con un 32,5%, seguida de Thiaridae con un 26,7% y Palaemonidae con una presencia del 6,7% de la población total; las demás se encuentran por debajo del 5% de representatividad. Según el BMW`P/Col. el agua que circula en la Estación Piscícola es de clase tres o medianamente contaminada y no presenta una disminución en la calidad al circular por la estación ni al ser devuelta al caño El Berrión. (GRAJALES, 2009)

**Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica del agua en la parte media del río Cabí (Quibdó – Chocó)** Entre octubre del 2001 y enero del 2002, se llevó a

cabo un estudio limnológico en la parte media del río Cabí, ubicado al sur oriente del municipio de Quibdó departamento del Chocó. La finalidad del mismo, fue establecer la calidad ecológica de las aguas en este tramo del río por medio de Índices Bióticos. La comunidad de macroinvertebrados estuvo conformada por 3 clases y 10 órdenes, distribuidos en 27 familias y 40 géneros. El orden Trichóptera fue el más abundante debido a la abundancia de micro hábitat y las condiciones de temperatura. Se destaca, la poca variación de las variables tanto climáticas como fisicoquímicas. El resultado del estudio muestra, que la parte media del río Cabí presenta condiciones que pueden clasificarse en términos generales, como buena calidad ecológica. (ASPRILLA, 2006)

**Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua** En julio de 2002 se realizó el estudio de algunos parámetros fisicoquímicos y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos asociados a cuatro cariotipos (piedra, hojarasca, sedimento y macrófitas) en el sector de Pozo Azul sobre la cuenca del río Gaira (Magdalena, Colombia). Se discute la relación entre la estructura de la comunidad y la calidad del agua del sector. Los parámetros fisicoquímicos estuvieron determinados en gran medida por las características geográficas del sistema. El agua se caracterizó por estar saturada de oxígeno y por la ausencia de compuestos intermedios de la estabilización de la materia orgánica como nitritos y amonio. Se colectaron 588 individuos distribuidos en 11 órdenes y 38 familias. (GUERRERO, 2002)

Los órdenes más representativos fueron Trichoptera, Coleóptero, Díptera y Ephemeroptera, siendo el último de ellos el más abundante. Las familias más representativas

fueron Baetidae, Simullidae, Perlidae, Chironomidae e Hydropsychidae, en ese mismo orden de abundancia. Para la relación de la estructura de la comunidad con la calidad del agua se calculó el índice BMWP, adaptado por la Universidad del Valle, Cali, Colombia, que estableció para este caso un agua de óptima calidad y oligosapróbica, según la ecología sapróbica, estado alcanzado luego de la estabilización frente a pequeñas alteraciones inducidas por las actividades del cultivo del café en la zona. (GUERRERO, 2002)

**2.1.3 Marco histórico a nivel local.** El presente documento será el resultado de una investigación que tiene por objetivo monitorear la calidad del agua, para el desarrollo de la investigación se hará un recorrido por el tramo de estudio para delimitar los puntos de muestreo el cual se realizó el 01 de febrero del 2016. Después de esta fase se realizaran muestreos de agua para la medición de parámetros físico-químicos, microbiológicos y biológicos.

Luego se hará la clasificación de los macroinvertebrados y se aplicaron los índices BMWP, (biological monitoring working party) para determinar la calidad del agua según el rango de tolerancia de estos organismos a las posibles contaminaciones presentes por causa de labores agrícolas y efectos naturales. Para complementar la investigación se hará el análisis de parámetros físicoquímicos y biológicos mediante el empleo de las gráficas de transformación ambiental e impacto ambiental para determinar así mismo la calidad del agua. Una vez conocida la calidad del agua de la microcuenca quebrada la Brava se determinaran los usos teniendo como base el decreto 1594 del 84 y el índice de calidad fluvial según Poch. Con el desarrollo de la investigación se identificarán los órdenes y las familias de estos organismos presentes, clasificándolos por categorías de tolerancia a la contaminación. Con la aplicación de los análisis

físicoquímicos se corroboraran los resultados obtenidos de la interpretación de los índices biológicos. (ROLDÁN PÉREZ, 1999)

Estos parámetros rigen el comportamiento de los macroinvertebrados en el habitat. La aplicación de los índices biológicos e índices de transformación de parámetros físicoquímicos que establecerán si hay contaminación por materia orgánica u otros contaminantes. (MIGDA SULAY SANABRIA, s.f.)

## 2.2 Marco contextual

Para empezar a Hablar del contexto local relacionado con el tema en estudio, es importante hacer una pequeña reseña histórica de la localización y aspectos físicos de asociación de amigos usuarios ADAMIAUAN de Ocaña norte de Santander.

**Localización.** Ocaña a se encuentra sobre la cordillera oriental andina. La rodean montañas que alcanzan los 2.600 msnm. Su temperatura promedio es de 22 °C y dista de Cúcuta 218 km. Se encuentra entre los límites de Norte de Santander y Cesar , es el punto de encuentro de muchos Bumangueses y Cucuteños con rumbos terrestres hacia la costa caribe colombiana. El área donde se encuentra Ocaña, se denomina Provincia de Ocaña, ésta tiene un área de 8.602 km<sup>2</sup> con una altitud mínima de 761 msnm. (ROSO, 2013)

**Climatología.** En la zona de estudio la temperatura varía entre 24 a 26°C; tiene un promedio anual de lluvias que va desde marzo, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre, diciembre y un período de verano entre los meses de junio, julio, agosto. El clima de esta región se ve



afectado por el régimen de los vientos alisios y por el desplazamiento de la zona de confluencia intertropical que determina los períodos de sequía y de lluvia. Los vientos alisios de NE, actúan entre los meses de diciembre y abril, período que coincide con la estación seca. De mayo a noviembre los alisios disminuyen su influencia y las precipitaciones aumentan. (ADAMIUAIN E. t., 2014)

**Humedad.** El grado de humedad de la atmósfera tiene un promedio del 75%.

Temperatura: En general la zona presenta las temperaturas más altas en los meses de noviembre a marzo entre 24°C y 26°C y las temperaturas más bajas en los meses de julio a 31 agosto entre los 16°C y 18°C. Presenta también temperaturas medias en los meses de febrero a mayo que oscilan alrededor de los 23°C. (Rojas & Cuadros, 2014)

**Precipitación.** En cuanto a su pluviosidad la zona presenta volúmenes pluviales multianuales. Entre 1000 mm y 2000 mm. En las épocas de mayor precipitación se presentan grandes crecientes que provienen de la parte alta de la quebrada.

**Evaporación.** La mayor evaporación se presenta en los meses de febrero y en junio, los meses secos alcanzan promedios hasta 7 mm/día.

**Nubosidad.** La característica del cielo durante gran parte del año es de permanencia descubierta aunque en épocas de invierno se encuentra cubierto por la acción de los vientos parte de la nubosidad más predominante se encuentra en la parte montañosa y en épocas de sequía si predominan algunas nubes son conectivas; propias de tormentas eléctricas.

**Relieve.** El territorio Norte de Santander está constituido por un terreno muy quebrado, en el cual, si bien predominan las altitudes medias, no faltan al sur y al oeste las grandes alturas con vegetación paramuna. Este relieve contrasta al nordeste con una franja en llanada, dividida desigualmente por una Línea de lomas que se extiende más allá de la frontera internacional. El Municipio de Ocaña, que por lo general está formado por rocas ígneas encierra zonas metamórficas a manera de caña que se introduce en el occidente desde el sur del municipio hasta Convención. Alrededor de la ciudad encontramos las rocas granitoides gruesas con isleos intercalados de feldespatos, cuyos elementos han sido muy descompuestas por la erosión. Cubren el terreno formando una depresión extendida especialmente de La Floresta Ábrego. (OCAÑA, s.f.)

La depresión se halla rodeada de formaciones porfídeas (materiales eruptivos paleozóicos, muy cuartozos) más duras que las rocas del fondo. La particularidad de que los estratos cretáceos y metamórficos que cubren el flanco del cordón orográfico de Ocaña por la vertiente del Magdalena se encuentran levantados y adosados a este relieve andino con buceamiento al occidente, prueban claramente que se elevó un núcleo ígneo con la consiguiente reapertura y resquebrajamiento de la cubierta cretácea, con lo cual los estratos superiores pudieron ser barridos fácilmente por la acción de los agentes atmosféricos y de las aguas corrientes. (PAEZ GARCIA, 2012)

Esto explica por qué se desgastan más las rocas granitoideas que las porfídeas por lo cual la erosión ha podido ser más eficaz en la zona de la hoya de Ocaña. Esta es una depresión meseta

alargada en la cual se recogen las aguas altas del Catatumbo, le son característicos sus fondos cortados por la erosión en cuchillas enormes de cantos blancuzcos rodeados de relieve, que escalonan sus cumbreras rojizas como si fuera el resultado de una erosión general en tiempos geológicos en que el macizo se hallaba menos realzado. La falta de árboles y el predominio del pajonal lo ponen al descubierto. (Geografía Histórica y Económica, s.f.)

Las mismas rocas ígneas granitoideas constituyen el fondo de la depresión y la base de la vertiente, la cual presenta formaciones esquistas en las alturas, con lo que resultan propicias al cultivo, especialmente de la cebolla que es el más importante producto agrícola de la región. Como alturas de relativa importancia encontramos el Agua de la Virgen, Pueblo Nuevo. Buena Vista, y el Alto de los Patios. (Quintero G. A., s.f.)

**Quebrada la brava.** Se ubica a las afueras de Santa Clara y hace parte del sistema hidrográfico de Ocaña. Esta Quebrada nace en la Cordillera Oriental y abastece en la actualidad el Acueducto Independiente “ADAMIUAIN” y sistema de riego en grandes extensiones y cultivos. Esto conlleva a que haga parte de un componente urbano (por su uso) y un componente rural (como cuenca) y por consiguiente merece más atención encaminada a una mejor explotación de sus recursos por parte de la comunidad “ADAMIUAIN” en la actualidad.

**Geología.** Los predios rurales de esta zona presentan suelos arcillosos y arenosos erosionados en un 15% debido a la ampliación de la frontera agrícola, al establecimiento de Potreros y por efecto de las lluvias y vientos. (ROJAS & CUADROS, 2014)

**Geología regional.** Las rocas más antiguas que se presentan dentro del área de estudio han sido consideradas de edad redevónica, las cuales enmarcan la margen occidental de la quebrada, otros sectores internos son caracterizados por un relieve quebrado abrupto. (ROJAS & CUADROS, 2014)

**Estratigrafía.** En la Quebrada Brava afloran rocas del grupo formación Bucaramanga y las Formaciones Silgara, adicionalmente afloran depósitos aluviales y coluviales de edad cuaternaria.

**Formación Bucaramanga.** Constituida por Gneises Anfibólicas, gneises cuarzo feldepático; anfibolitas y algunos mármoles y cuarcitas. (ROJAS & CUADROS, 2014)

**Formación silgara.** Constituidas por filitas verdes y rojizas, esquistos gris a gris verdoso, metuareniscas, cuarcita y mefalimolitas. A estas le siguen rocas ígneas intrusivas de edad jurásica que conforman el territorio central de la quebrada o área de estudio, constituida por cuarzo monzonita de grano fino a grueso con etapas de volcanismo efusivo de carácter ácido. Proceso morfogenéticos actuales, Los procesos de evolución morfológica que en la actividad se registra en el área de estudio obedece fundamentalmente a la acción natural dentro la cual se conjugan diversos factores como Constitución y condiciones geológicas de la zona constituidas por rocas de origen metamórfico y sedimentario, las cuales poseen un mayor o menor grado de resistencia o susceptibilidad a los procesos de degradación, dadas sus características y condiciones fisicoquímicas que se constituyen.

**Geomorfología general.** Transcurrido una serie de eventos geológicos de carácter orogénico, entre el jurásico y el cretácico dentro de un ambiente muy húmedo ocurren fuertes descomposiciones químicas de las rocas, lo cual da lugar a la formación de suelos residuales espesos y que al estar sujetos a la acción mecánica de los elementos, a la acción climática y a muy intensas infiltraciones, entraron en desequilibrio lo cual se tradujo en fenómenos de remoción en masa que afectan tanto al cauce como a las vertientes.

**Morfoestructura.** Paisaje montañoso actual: Con morfología abrupta, crestas alargadas y continuas, laderas cortas y pendientes fuertes.

**Relieve de llanura aluvial.** Aluvión activo Construido por los depósitos aluviales ubicados a lo largo del cauce actual de la quebrada Brava, comprende pequeñas barras laterales y de mitad de canal no estabilizadas y sin vegetación.

**Morfodinámica.** Se analizan y describen los procesos que actualmente están modificando

El relieve y los agentes que inciden. Procesos de meteorización: La alta pluviosidad presente, combinada con sectores de pendientes fuertes en zonas montañosas y agravadas por el uso equivocado de los suelos favorecen el desarrollo del régimen torrencial generando escorrentías superficiales que evolucionan a surcos y cárcavas en lapsos cortos de tiempo.

**Proceso de erosión en la vertiente.** Los fenómenos erosivos que han dado origen a la zona actual han estado constituidas principalmente por grandes remociones en masa a través de

43 fenómenos de solifluxión, al transporte de material por medio de sistemas de drenaje a Depósitos, En sectores más bajos son susceptibles de deposición o colmatación por Obstrucción ante gargantas estrechas. (ROJAS & CUADROS, 2014)

**Características de la erosión actual.** Los fenómenos erosivos existentes en la zona alta de La Quebrada Brava es de gran importancia, si se toma en cuenta que de continuar la acción Del hombre sometiendo estas tierras a la sobre Explotación, cultivos pastoreo, estos terrenos tendrán un gran daño ecológico natural. (ROJAS & CUADROS, 2014)

**Procesos de erosión en los cauces.** El paisaje que se observa actualmente es el resultado de un prolongado proceso de erosión a través de la profundización paulatina de sus lechos, a transportes masivos y torrenciales de grandes volúmenes de material, a la conformación de depósitos de diversos espesores y constituciones.

**Erosión extensiva.** La erosión extensiva se deriva esencialmente de la acción hídrica, conjugadas con la pendiente del terreno. El régimen de agresividad climática que impera en la región y susceptibilidad del suelo a la erosión.

### **2.3 Marco conceptual**

Teniendo en cuenta la temática de estudio, se resaltan los conceptos de mayor importancia que se encuentran en el desarrollo del presente proyecto.

Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

La Asociación de Amigos Usuarios Acueducto Independiente Barrios Santa Clara, José Antonio Galán y Bermejales "ADAMIUAIN" es una empresa de economía solidaria prestadora de servicios públicos sin ánimo de lucro; fundada el 11 de mayo de 1985 por iniciativa de un grupo de habitantes del sector Norte de la Ciudad de Ocaña, liderados por el señor Cristóbal Navarro, con el deseo de satisfacer la necesidad de agua potable presente de la comunidad.

(ADAMIUAIN, 2012)

(Del griego benthos, "fondo marino") a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos. El bentos se distingue del plancton y del necton, formados por organismos que habitan en la columna de agua, el Índice biológico británico modificado y adaptado a las características Geomorfológicas y climáticas de los ríos.

Este índice da puntuación a familias de Macroinvertebrados que son utilizados como indicadores, de acuerdo con la Correspondiente sensibilidad a la contaminación.

Son aquellos Organismo vivo que se utiliza para determinar y evaluar el índice de contaminación de un lugar, especialmente de la atmósfera o del agua, la Biota se organiza jerárquicamente desde el nivel del genoma hasta los individuos, Especies, poblaciones y comunidades.

Es la composición de especies, la identidad taxonómica de las especies Presentes, la riqueza de especies, y el número de especies diferentes presentes.

Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito. Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra los cuales puede evaluarse el cumplimiento.

Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

Es un conjunto de diversidad poblacional que habita un ambiente común y que se encuentran en interacción recíproca .esa interacción regula el número de individuos de cada población el número y tipo de especie existentes en la comunidad y determinan los procesos de selección natural.

El agua no se encuentra, naturalmente, en estado puro y siempre Contiene cierto número y cantidad de sustancias que provienen de diversas fuentes que provocan la Precipitación, su propia acción erosiva, el viento, su contacto con la atmósfera. Y así en las Que reciben vertidos artificiales se encuentran sólidos y coloides en suspensión.



Es la zona donde nacen las corrientes hidrológicas, por ende se localizan en las partes más altas de la cuenca. Generalmente la rodean y por su función –principalmente de captación de agua presentan la mayor fragilidad hidrológica. (ORDOÑEZ GALVES, 2011).

Se define como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte. La noción incluye diversidad dentro de una especie (diversidad genética), entre especies y entre ecosistemas.

(D.B.O.).Se define como D.B.O. de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. (Andreo, s.f.)

Se expresa en mg /L. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C ; esto se indica como D.B.O<sub>5</sub>.

Según las reglamentaciones, Resolución 2115/07 se fijan valores de D.B.O. máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De

acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo. (FERRERO, DURAN, & LARA, 1974).

Se define una especie como los miembros de poblaciones que se reproducen o pueden reproducirse entre sí en la naturaleza y no de acuerdo a una apariencia similar. Aunque la apariencia es útil para la identificación de especies, no define una especie.

Es un sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan. Una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

suelen formar una serie de cadenas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema y posee un concepto en biología es una unidad sistemática y una categoría taxonómica situada entre el orden y el género; o entre la superfamilia y la subfamilia si estuvieran descritas. La familia es la categoría taxonómica más importante después de las de género y especie.

se utiliza en la geografía y en ciencias de la Tierra para referirse a los procesos asociados a los ríos, arroyos, a los depósitos y relieves creados por ellos. Cuando los flujos o ríos están asociados a los glaciares, el término que se utiliza es glaciofluviales o fluvio-glaciares.

Es una categoría taxonómica que se ubica entre la familia y la especie; así, un género es un grupo de organismos que a su vez puede dividirse en varias especies (existen algunos géneros que son mono específicos, es decir, contienen una sola especie).

Se considera como la capacidad de un elemento para informar acerca de las condiciones y/o características del sistema al que pertenece. Igualmente un índice es la jerarquización u ordenación de indicadores bajo la finalidad de cuantificar una o un conjunto de características del sistema en estudio, sin necesidad de abordarlo en su totalidad.

Se utiliza comúnmente para referirse a animales invertebrados tales como insectos, crustáceos, moluscos y anélidos entre otros, los cuales habitan principalmente sistemas de agua dulce.

Existen varias definiciones acerca del punto en el cuál los macroinvertebrados se separan de los microinvertebrados, pero en términos generales se acepta un tamaño de 500 $\mu$ m (0.5 mm) o superior para los macroinvertebrados. Los macroinvertebrados pueden pertenecer al necton cuando son nadadores activos, al neuston cuando habitan la superficie del agua, o al bentos si permanecen la mayor parte del tiempo en el fondo del cuerpo del agua, ya sea en sustratos orgánicos como el detrito, plantas acuáticas, hojarasca, ramas y troncos, o cualquier sustrato inorgánico, como rocas, grava, y arena. Estos organismos además pueden habitar tanto ecosistemas loticos como lenticos (Wetzel R.G y G.E. Likens, 2000)

La manera más sencilla de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en situaciones que se consideren admisibles o deseables y que vienen definidas por ciertos estándares o criterios (ZÚÑIGA DE CARDOZO, 1996).

Está relacionado íntimamente con los cambios de acidez, basicidad Y alcalinidad del agua, es importante porque indica la cantidad de iones concentrados en el medio, también el pH en agua dulce puede ser modificado por la actividad biológica o por intercambio del CO<sub>2</sub> con el aire. (PÉREZ ROLDAN, s.f.).

Es un relieve natural muy estrecho, más pequeño que un valles pero más grandes que un barranco, aunque algunas quebradas pueden acabar convirtiéndose en valles durante un periodo de tiempo que puede abarcar los miles de años, en la mayoría de los casos, las quebradas surgen como resultado de la erosión, iniciando como el sitio por donde transita una pequeña corriente de agua o río. Conforme pasa el tiempo, el agua comienza a crear una ranura profunda en la superficie de la tierra, lo que a su vez atrae más agua que se empieza a drenar de otros lugares, acelerando de forma efectiva el proceso de erosión.

son organismos de tamaño superior a 0.5 mm de largo, no tiene espina dorsal, lo que significa que tienen una identificación prioritaria como índices de calidad de agua debido a que pueden ser evaluados sin necesidad de instrumentos sofisticados y costosos, los macroinvertebrados son especies vulnerables a cambios en un sistema hídrico debido a la contaminación de un cauce , tienen un ciclo de vida largo en comparación con otros organismos,

lo que permite realizar estudios cuantificados de calidad del agua. 26 Pertenecen a la siguiente taxonomía: Insecta, Mollusca, Oligochaeta, Hirudinae y Crustácea principalmente, algunas desarrollan toda su vida en el medio acuático como el orden (Oligochaeta y Mollusca), otros por el contrario tienen una fase de su ciclo aéreo, lo macroinvertebrados permiten estudiar los cambios en un cuerpo de agua durante un período de tiempo, el (BMWP/Col.) Biological Monitoring Working Party, fue establecido en Inglaterra en 1970 como un método sencillo y rápido que permite la evaluación de la calidad de un curso de agua mediante el análisis de la fauna acuática como los macroinvertebrados considerados como indicadores biológicos de calidad del agua, los Organismo que se alimenta de animales o plantas muertos o en proceso de descomposición. (Rosenberg y Resh, y otros, s.f.)

Es uno de los factores físicos de mayor importancia para los organismos acuáticos, que son muy sensibles a mínimas variaciones térmicas del ambiente.

Rige una serie de fenómenos importantes que se operan en el seno del agua, como por ejemplo, la solubilidad del oxígeno, elemento indispensable para la vida acuática. La disminución de los niveles disponibles de oxígeno como consecuencia del incremento de la temperatura trae grandes perjuicios, especialmente a los peces que se resienten ante el déficit de este vital componente del ambiente acuático, la contaminación es uno de los factores que causa el aumento de temperatura ocasionando disminuciones en los niveles de oxígeno y por lo tanto reducción de especies acuáticas. En biología, un taxón o taxón es un grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín, una descripción si es una especie, y un tipo. Cada descripción formal de un

taxón es asociada al nombre del autor o autores que la realizan, los cuales se hacen figurar detrás del nombre. En taxón es taxa.

## 2.4 Marco teórico

Las siguientes teorías enmarcan el tema en estudio, aportan un conocimiento científico sobre aspectos de interés para la comprensión y ejecución del trabajo.

**Teoría sobre macroinvertebrados acuáticos.** El uso de macroinvertebrados para la tipificación de los ríos (Illies & Botosaneanu, 1963) o para comprender su funcionalismo con respecto al flujo de energía en la cuenca sobre la que discurre el curso de agua (Cummins, 1979) ha mostrado el gran interés que presentan sus comunidades como indicadoras globales del conjunto de características fisicoquímicas y biológicas que son propias de un determinado tramo. Cada comunidad de animales que viven sobre las piedras en una zona del río es el resultado de una selección de aquellos organismos capaces de vivir en unas determinadas condiciones en las que debemos incluir variaciones espaciales y temporales (PRADA & RIERADEVALL, s.f.)

**Teoría los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas.** El uso de los macroinvertebrados acuáticos (y muy especialmente los insectos) como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) está generalizándose en todo el mundo. Un resumen de esta tradición y de los métodos actualmente usados, así como una valoración de sus ventajas e inconvenientes se puede encontrar en Bonada et al. (2006) donde se incluye una visión histórica del tema, y una extensa bibliografía. Los beneficios del uso de herramientas integradoras y no solo las características fisicoquímicas del agua para la medida de

su calidad han sido explicitados también en muchos libros y manuales y forma parte de la legislación de muchos estados. Particularmente interesante es el proceso abierto en la Unión Europea donde la indicación biológica es el núcleo de todo el sistema de monitoreo y evaluación de la calidad del agua de sus 27 países, dando incluso a luz a un nuevo concepto, el “Estado Ecológico”, y ello ha significado una revolución en la forma como los gobiernos europeos deben contemplar los indicadores biológicos de calidad del agua. (Fernández, 2009)

Los conflictos entre la explotación y la preservación de los ecosistemas son frecuentes en América del Sur y en algunos (Parra, 1992) y en algunos casos su efecto sobre los ecosistemas acuáticos es incluso más dramático. (Pringle, 2000) Existe una abundante literatura sobre el tema en América del Sur, tanto en zonas alto andinas como en tropicales. También existe una buena tradición en la evaluación biológica de los efectos de la contaminación para conocer el efecto de los vertidos de ciudades y los impactos producidos por sólidos en suspensión o la actividad minera. (Fernández, 2009)

Los efectos de la contaminación han generado una gran cantidad de estudios de impacto ambiental en dichos países, pero muchos de ellos nunca son publicados, por lo que existe una extensa, pero restringida en su difusión, literatura gris que no se refleja en publicaciones científicas y además raramente estos estudios han originado protocolos estandarizados. Este hecho ya fue indicado y posteriormente puesto de manifiesto en nuestra revisión sobre el uso de los macroinvertebrados como indicadores de calidad en los ríos alto andino. (Parra, 1992)

**Teoría de sucesión ecológica.** Las aguas superficiales de los continentes fueron las más visiblemente contaminadas durante muchos años, pero precisamente al ser tan visibles los daños que sufren, son las más vigiladas y las que están siendo regeneradas con más eficacia en muchos lugares del mundo, especialmente en los países desarrollados. Desde hace siglos se conocen problemas de contaminación en lugares como la desembocadura del Nilo o los canales de Venecia, pero ahora este problema se encuentra mucho más extendido. (industriales) (Navarra, 2011)

**Redes de vigilancia de calidad de las aguas superficiales.** Las redes de control de la calidad de los ríos y lagos, son sistemas de vigilar la calidad de las aguas y el estado ambiental de los ríos. Con ellas se pueden detectar las agresiones que sufren los ecosistemas fluviales y se recoge información de tipo ambiental, científico y económico sobre los recursos hídricos. (NABARRA, s.f.)

La evaluación de la calidad de las aguas es una materia difícil, en la que se discute cuáles son los mejores indicadores para evaluar el estado del agua.

El problema reside fundamentalmente en la definición que se haga del concepto "calidad del agua"; 0, se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella, según la Directiva Marco de las Aguas, como aquellas condiciones que deben mantenerse en el agua para que ésta posea un ecosistema equilibrado y que cumpla unos determinados Objetivos de Calidad que están fijados en los Planes Hidrológicos de Cuenca. (Orjuela & Peña, 2011)



En España esta red de control se denomina Red ICA (Red Integrada de Calidad de las Aguas) que desde el año 1992 recoge los datos obtenidos en las distintas redes existentes en ese momento como son la Red COCA (Control de Calidad General de las Aguas), la Red COAS (Control Oficial de Abastecimientos) y la Red ICTIOFAUNA que controla la aptitud del agua para la vida piscícola.

Para saber en qué condiciones se encuentra un río se analizan una serie de parámetros de tipo físico, otros de tipo químico y otros biológicos y después comparar estos datos con unos baremos aceptados internacionalmente que nos indicarán la calidad de ese agua para los distintos usos: para consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas. (NABARRA, s.f.)

## **2.5 Marco legal**

Las leyes son normas jurídicas dictadas por una autoridad competente con el fin de regir las actividades humanas para el bienestar de todos. A continuación se detallan las leyes que tienen relación con el tema en estudio.

**Decreto 1449 de 1977. Ministerio de Agricultura.** Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.

**Artículo 2o.** En relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, los propietarios de predios están obligados, no incorporar en las aguas, cuerpos o sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, tales como basuras, desechos, desperdicios, o cualquier sustancia tóxica, o lavar en ellas utensilios, empaques o envases que los contengan o hayan contenido.

No provocar la alteración del flujo natural de las aguas o el cambio de sus lechos o cauce como resultado de la construcción o desarrollo de actividades no amparadas por permiso o concesión del INDERENA, o de la violación de las previsiones contenidas en la resolución de concesión o permiso, Entre otras

**Decreto 2811 de 1974, libro II parte III.** Art. 77 a 78 Clasificación de aguas.

**Artículo 77.-** Las disposiciones de esta parte regulan el aprovechamiento de las aguas no marítimas en todos sus estados y formas, como: a) Las meteóricas, es decir las que están en la atmósfera; b) Las provenientes de lluvia natural o artificial; c) Las corrientes superficiales que vayan por cauces naturales o artificiales; d) Las de los lagos, ciénagas, lagunas y embalses de formación natural o artificial; e) Las edáficas; f) Las subterráneas; g) Las subálveas; h) Las de los nevados y glaciares; i) Las ya utilizadas, servidas o negras.

**Artículo 78.-** Con excepción de las meteóricas y de las subterráneas, las demás se consideran aguas superficiales y pueden ser detenidas, cuando están acumuladas e inmóviles en depósitos naturales o artificiales, tales como las edáficas, las de lagos, lagunas, pantanos, charcas, ciénagas, estanques o embalses; y corrientes, cuando escurren por cauces naturales o artificiales.

**Art. 86: Derecho a uso del agua.** Toda persona tiene derecho a utilizar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades elementales, las de su familia y las de sus animales, siempre que con ello no cause perjuicios a terceros. El uso deberá hacerse sin establecer derivaciones, ni emplear máquina ni aparato, ni detener o desviar el curso de las aguas, ni deteriorar el cauce o las márgenes de la corriente, ni alterar o contaminar las aguas en forma que se imposibilite su aprovechamiento por terceros. Cuando para el ejercicio de este derecho se requiera transitar por predios ajenos, se deberá imponer la correspondiente servidumbre.

**Art 89:** La concesión de un aprovechamiento de aguas estará sujeta a las disponibilidades del recurso y a las necesidades que imponga el objeto para el cual se destina.

**Art 134: Prevención y control de contaminación.** Corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Para dichos fines deberá:

Realizar la clasificación de las aguas y fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas. A esta clasificación se someterá toda utilización de aguas; b) Señalar y aprobar los métodos técnicos más adecuados para los sistemas de captación, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua para uso público y privado; c) Ejercer control sobre personas naturales o

jurídicas, públicas o privadas, para que cumplan las condiciones de recolección, abastecimiento, conducción y calidad de las aguas;

**Decreto 1449 de 1977.** Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática.

**Artículo 2º.-** En relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas,

**Ley 09 de 1979.** Código sanitario nacional.

**Artículo 51º.-** Para eliminar y evitar la contaminación del agua para el consumo humano la presente Ley establece: Regulaciones sobre la toma de aguas y las condiciones de los lugares cercanos al sitio donde se efectúa esta actividad; Regulaciones sobre canales o tuberías que dan paso al agua desde la fuente de abastecimientos hasta la planta de potabilización o, en defecto de ésta, hasta el tanque de almacenamiento; regulaciones sobre las estaciones de bombeo y los equipos destinados a elevar el agua de la fuente de abastecimiento o de cualquier otra parte del sistema de suministro; Regulaciones sobre los procesos necesarios para la potabilización del agua; Regulaciones sobre almacenamiento del agua y su transporte hasta el usuario, con excepción de los aspectos correspondientes a la fontanería o instalación interior.

**Artículo 54** Los elementos y compuestos que se adicionen al agua destinada al consumo humano y la manera de utilizarlos, deberán cumplir con las normas y demás reglamentaciones del Ministerio de Salud

**Art. 55** aguas superficiales. El establecimiento de núcleos urbanísticos, edificaciones o concentraciones de éstos, cerca de las fuentes que provean agua para el consumo humano, deberán ajustarse a las regulaciones dictadas en el Título I de la presente Ley.

**Potabilización de agua. Art. 69** Toda agua para consumo humano debe ser potable cualquiera que sea su procedencia.

**Decreto 1594 de 1984.**

**ART 22.** Para destinar las aguas en forma genérica a los diferentes usos de que trata el artículo 29 del presente decreto, se deberá desarrollar un plan de ordenamiento del recurso por parte de las EMAR o del Ministerio de Salud en donde aquellas no existan.

**Art 23.** Para el ordenamiento de que trata el artículo anterior deberá tenerse en cuenta:

- a) Los factores pertinentes señalados en los Decretos 2811 de 1974, 2857 de 1981, 1875 de 1979 y 1541 de 1978.
- b) Los usos existentes. c) Las proyecciones de usos de agua por aumento de demanda y por usuarios nuevos. d) El establecimiento de los modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad

de dilución de sustancias no biodegradables. e) Los criterios de calidad y normas de vertimiento establecido, vigente en el momento del ordenamiento. f) La preservación de las características naturales del recurso. g) La conservación de límites acordes con las necesidades del consumo y con el grado de desarrollo de las características del recurso hasta alcanzar la calidad para el consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia

**Constitución política de Colombia 1991:** por lo cual se reglamenta los derechos colectivos y del ambiente.

**Artículo 79.** Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. A través de este artículo se reconoce el derecho de todas las personas de disfrutar de un ambiente sano.

**Artículo 80.** El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación y su restauración, además controlará los factores de deterioro ambiental.

**Artículo 98 numeral 8.** Es deber de la persona y del ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

## Capítulo 3. Diseño metodológico

### 3.1 tipo de investigación

La investigación es mixta , por lo que se busca evaluar la calidad del agua de la cuenca “Quebrada la Brava” mediante estudio de macroinvertebrados presentes en la cuenca en relación con parámetros físicos.

### 3.2 Población

En el trabajo se tendrán en cuenta los macroinvertebrados encontrados de las cuencas “Quebrada la Brava en la reserva forestal ADAMIUAIN en los diferentes tramos de estudio.

### 3.3 Muestra

Para la selección de los puntos de estudio se hará un recorrido por las microcuenca quebrada la Brava donde se establecerán 3 zonas de muestreo, cada punto de muestreo será de 30 metros; se tomaran muestra en cada micro hábitat presente en la zona de muestreo realizando un muestreos por mes y se analizara la estructura de la comunidad de organismos con el cálculo del índice BMWP

Para los parámetros fisicoquímicos se tomaran muestras de agua en potes de vidrio y conservadas en cajas de hicopor con hielo para su posterior análisis en el laboratorio de aguas y biología de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

### 3.4 Recolección de información

Para el estudio de los diferentes parámetros fisicoquímicos tales como como PH, temperatura, solidos disueltos, oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, conductividad, dureza, turbiedad, color, y caudal se graficará la variación de cada parámetros físicos en cada una de las zonas de muestreos con el fin de determinar la calidad del agua en relación con los macroinvertebrados.

Para el análisis biológico se empleó el índice BMWP, el cual determina la calidad del agua según el grado de tolerancia a la contaminación de cada familia encontrada. El índice BMWP, se emplea asignando valores de tolerancia a la contaminación a las familias encontradas, los cuales van de 0 a 10. El puntaje 0 es asignado a las familias más tolerantes a la contaminación y 10 a las menos tolerantes.

#### Tabla 1.

*Puntuación asignada a las familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP*

<b>FAMILIA</b>	<b>PUNTUACION</b>
Perlidae, Oligoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psephenidae, Hidridae, Chordodidae, Lymnessiidae, Hidracáridae, Polythoridae, Gomphidae.	10
Leptophlebilidae, Euthyplocidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Dystisidae, Eurytomopodidae, Eurytomopodidae, Gyrinidae.	9

Fuente: Autores del proyecto



Veliidae, Gerridae, Philopotamidae, Simuliidae, Pleidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelpusidae Hebridae, Hydrobilidae.	8
Baetidae, Calopterygidae, Glossosomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohiphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Coenidae	7
Ancyllidae, Lutrochidae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Linmychidae, Neritidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae.	6
Hydroppsyhidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pyrilidae, Pleuricoridae, Tabanidae, Thiaridae, Planerbidae	5
Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratiomidae, Empididae, Dolichopodida Sphaeridae, Lymnacididae.	4
Hirudinea (Glossiphoniidae, Cyclobdellidae), Physidae, Hidrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae.	2
Oligochaeta (Tubificidae)	1

“Tabla 1” “Continuación”

**Tabla 2**

*Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP col*

*(modificado de Roldán 2003 en Álvarez 2006)*

<b>CLASE</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>VALOR DE BMWP</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>COLOR</b>
I	Buena	Mayor de 120 101 a 120	Aguas muy limpias, aguas no contaminadas	azul
II	Aceptable	61 a 100	Aguas Ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	30 a 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16 a 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	Menor de 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente : autores del proyecto.

**Tabla 3**

*Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia en las estaciones de muestreo*

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>SP</b>	<b>N° INDIVIDUOS</b>	<b>BMWP</b>
	<b>CLASE</b>	<b>RANGO DE CALIDAD</b>	$\Sigma$ <b>CALIDAD</b>	$\Sigma$ <b>SIGNIFICADO</b>

Fuente: autores del proyecto.

### **3.5 Análisis de la información**

El análisis de la información se llevará a cabo mediante tablas y gráficos, siendo el medio más adecuado para presentar los resultados de la investigación. Seguidamente se realizará un análisis cualitativo analítico de los datos para brindar una mejor comprensión de la información.

## **Capítulo 4. Administración del proyecto**

### **4.1 recursos humanos**

Para el desarrollo del presente proyecto es necesario la participación de las siguientes personas.

Anakarolina Álvarez Lobo

Jose Said Florez Gomez

Diana Milena Valdés Solano

### **4.2 Recursos institucionales**

El apoyo de las siguientes instituciones será necesario para la ejecución del proyecto:

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Biblioteca UFPSO

Laboratorio de aguas y laboratorio de biología de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

E.S.P Adamiuain

### **4.3 Recursos financieros**

Los gastos incurridos en la ejecución del presente proyecto tienen un valor de \$ 443.500 M/C, expresados así:

**Tabla 4***Recursos financieros*

<b>ITEMS</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>EGRESOS</b>
Aporte de los responsable	\$ 443.500	
Internet		\$ 50.000
Papelería		\$ 50.000
Impresiones		\$ 50.000
Transporte		\$ 60.000
Botas de caucho		\$ 30.000
Pinzas metálicas de punta fina		\$ 3.000
Frascos plásticos pequeños		\$ 10.000
Alcohol		\$ 20.000
Papel para etiquetar		\$ 2.000
Hojas de campo		\$ 2.000
Lupa		\$ 3.000
Estacas		\$ 3.000
Cinta métrica		\$ 1.000
Red de Patada		\$ 10.000
Red Surber		\$ 10.000
Parametros del laboratorio		\$ 600.000
Bandeja de loza blanca		\$ 1.500
alimentación		\$ 100.000
machete		\$ 3.000
botiquín		\$ 25.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.043.500</b>	<b>\$1.043.500</b>

Fuente: autores del proyecto

## Capítulo 5. Resultados

### 5.1 Parámetros fisicoquímicos como pH temperatura, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, DBO, DQO, conductividad, dureza, turbiedad, color, y caudal en cada estación para realizar comparaciones.

Características físicas encontradas en las zonas estudiadas quebrada la brava de la reserva forestal ADAMIUAÍN.

**Tabla 5**

*Características físicas de las zonas estudiadas*

Nombre de la estación	Nombre del río	Sustrato	Morfología del terreno	Tipo de vegetación	Uso del suelo
Zona 1	Quebrada la brava	Roca, grava, sedimento fino	Plana	Arbustos arboles matorrales	Bosque natural
Zona 2	Quebrada la brava	Roca, grava, sedimento fino	Plana	Arbustos arboles matorrales herbácea	Bosque natural Ganadería intensiva
Zona 3	Quebrada la brava	Roca, grava, sedimento fino	plana	Arbustos arboles matorrales herbácea	Bosque natural Ganadería intensiva

Fuente: Autores del proyecto

En general, las zonas estudiadas presentaron características por sustratos rocosos y grava y en muchos casos con presencia de sustratos finos, desde. Arcillas limos y arenas. Dentro de la vegetación ribereña, se encontró mayoría de árboles, arbustos y herbáceas al igual que pequeños matorrales y alguno cultivos abandonado de café y plátano y cabezas de ganado en la zona 2 (aguas media arriba a 1.3 km arriba de la bocatoma).

Se observó que se forman pozas pequeñas a lo largo de la zona de estudio conteniendo en ella un habitat buena para albergar peces, cangrejos y otras especies de fauna. En cuanto a la amplitud del cauce en tiempo seco se pudo corroborar que sus láminas de agua están entre 50 cm a 1 m y sus profundidades entre 2 y 10 cm, en los tiempos de lluvias la amplitud en la lámina de agua va de 1 m a 3m y profundidades de 14 cm a 40 cm.

**Características físicas y químicas de las estaciones de muestreo.** Las características fisicoquímicas de las zonas de muestreo fueron evaluadas y comparadas durante los dos periodos de muestreo realizadas entre los meses de (marzo a abril y mayo a junio del 2016) los resultados indicados en marzo y abril son asociados a periodos de sequía (verano) y los de mayo a junio a periodos de lluvias (invierno). como indican los resultados las características fisicoquímicas del agua se encontraron directamente relacionadas con las condiciones climáticas adicionalmente a esto se encontraron relacionadas a los sistemas productivos presentes.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO).** Al observar la tabla N°6 y la figura N°2 podemos decir que La demanda química de oxígeno presentó un comportamiento no asociable a

las condiciones climáticas presentes en el momento del muestreo, ya que en la zona 1 fue mayor en la temporada seca y menor en la zona 2 y 3 al igual que sucedió en las temporadas de lluvia.

El valor máximo encontrado en época de sequía se presentó en la en la zona uno con un valor de 65 mg/l al igual que en la temporada de lluvias con un valor de 63mg/l. el valor más bajo se encontró en la zona 3 con 13 mg/l en época seca y 6 mg/l en época de lluvia.

**Tabla 6**

*Demanda química de oxígeno quebrada la Brava periodo seco y lluvioso*

*Rango permisible <200 mg/l*

<b>DQO (mg/L)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	65	18	13
TIEMPO DE LLUVIA	63,0	16,0	6,0

Fuente: autores del proyecto



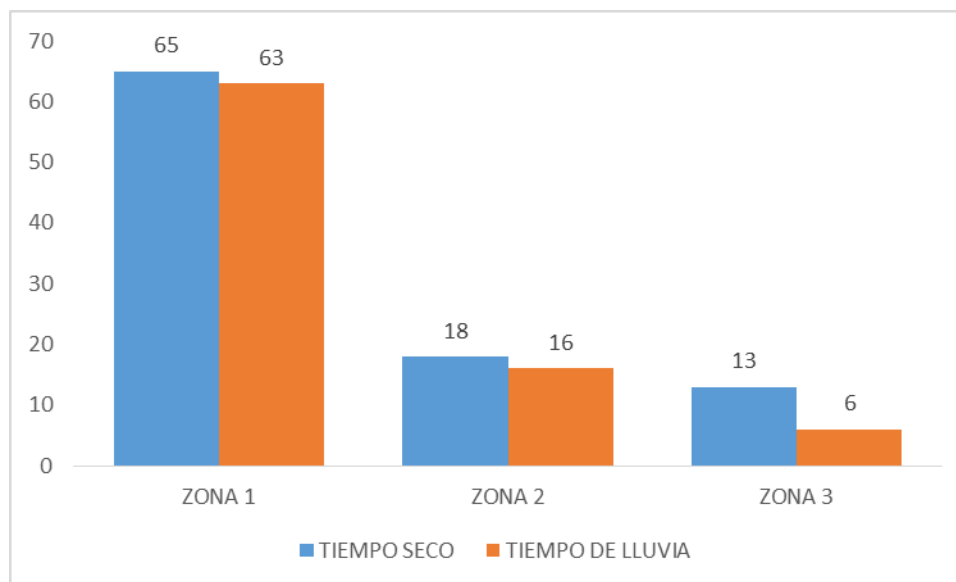


Figura 2. Demanda química de oxígeno quebrada la brava periodo seco y lluvioso

**Demanda biológica de oxígeno (DBO).** Analizando la tabla N° 7 y la figura N° 3 nos podemos inferir que la demanda biológica de oxígeno fue mayor en temporada seca en las tres zonas del muestreo, el valor máximo encontrado en la época seca se presentó en la zona 1 con un valor de 2,4 mg/L y en época de lluvia con un valor de 2,5mg/L. el valor más bajo encontrado en la época de sequía fue en la zona 2 con un valor de 1,9 mg/L en tiempo seco y 1,8mg/L en tiempo de lluvia de forma contraria el estudio realizado la (DBO) no presenta un comportamiento de crecimiento a medida que avanza en el tramo de investigación manteniendo sus niveles en un rango de permisible para la potabilización.

**Tabla 7**

*Demanda biológica de oxígeno quebrada la Brava periodo seco y lluvioso*

Rango permisible <20 mg/l

<b>DBO5 (mg/L)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	2,4	1,9	2,1
TIEMPO DE LLUVIA	2,5	1,8	2,0

Fuente: autores del proyecto

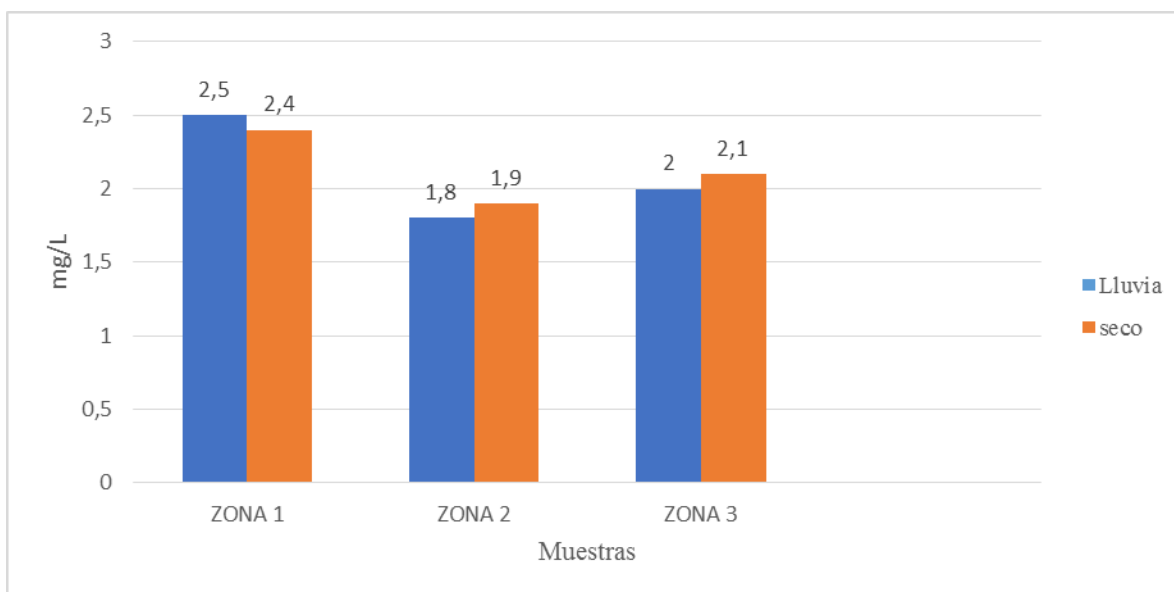


Figura 3. Demanda biológica de oxígeno quebrada la Brava periodo seco y lluvioso

**Oxígeno disuelto.** Analizando la tabla N°8 y figura N°4 se puede observar que las concentraciones de oxígeno disuelto en las tres zonas de muestreo fueron muy equilibradas, el valor máximo encontrado se presentó en la en la zona 1 en época seca con un valor de 13,2mg/l

y en época de lluvia con un valor de 11,0mg/L. el valor más bajo en tiempo seco se encontró en la zona 3 con un valor de 8,6mg/L y en tiempo de lluvias con un valor de 7,5 mg/L.

Se encuentran en los rangos permisibles según el decreto 1594 de 1984 acta para la potabilización Los valores obtenidos indican la buena calidad del recurso hídrico estudiado, se observó valores constantes y un poco diferencia entre las diferentes zonas y muestras analizadas. La concentración de oxígeno disuelto es importante para evaluar la calidad de las aguas superficiales y para controlar el proceso de desechos, el oxígeno disuelto es uno de los valores fisicoquímicos más asociados a la vida acuática al incidir casi en todos los procesos químicos y biológicos.

### **Tabla 8**

*Oxígeno disuelto de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso*

*Rango permisible >4 mg/l*

<b>OXIGENO DISUELTO (mg/L)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	13,2	12,9	8,6
TIEMPO DE LLUVIA	11,0	10,8	7,5

Fuente: Autores del proyecto

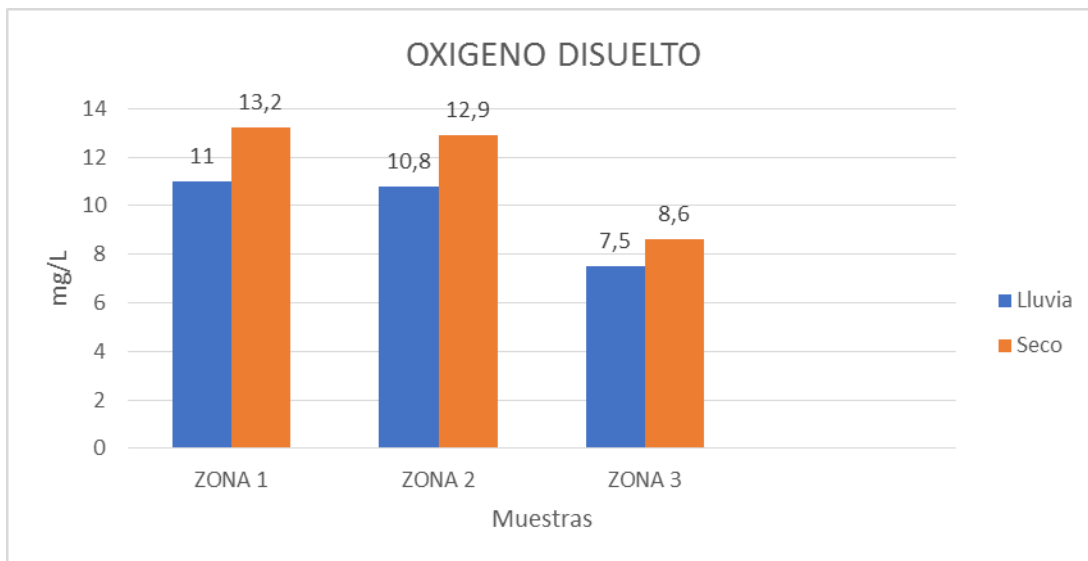


Figura 4. Oxígeno disuelto de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso

**Potencial de hidrogeno (pH).** Según la tabla N°9 y figura N°5 Los valores de pH fueron muy similares en todas las estaciones, estos niveles se encuentran entre 7.8 a 8.2 lo cual establece que es un pH ligeramente alcalino, óptimo para todos los procesos biológicos que se puedan llevar a cabo por los organismos acuáticos presentes en el área de estudio. Según el decreto 3930/2010, decreto 475 1988 y la resolución 1594 de 1984. Este se encuentra en el rango permisible para la potabilización del agua.

**Tabla 9**

*PH de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso*

*Rangos permisibles 6,5 a 9,0*

POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
TIEMPO SECO	8,0	8,2	7,8
TIEMPO DE LLUVIA	8,0	8,2	8,1

Fuente: autores del proyecto.

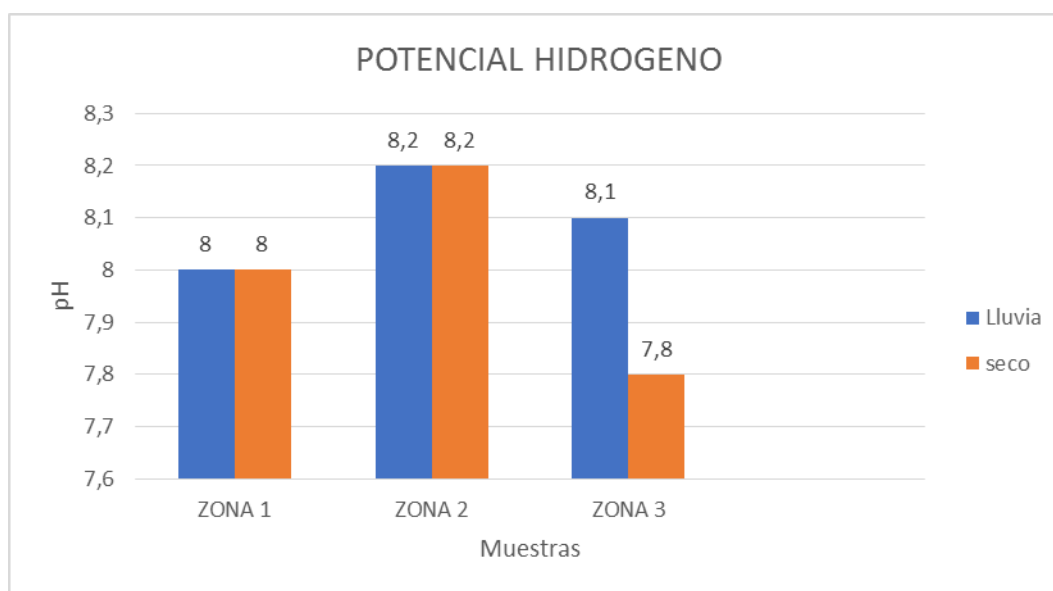


Figura 5. PH de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso

**Turbidez.** Analizando la tabla N°10 y la figura N° 6 La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad y se pudo observar que en ambos periodos de muestreo la turbidez arrojó un rango de 0 NTU. La nula

concentración encontrada indica la ausencia de minerales en el lecho de la quebrada y que según lo establecido en el decreto 1594/84 y la resolución 2115/07.

**Tabla 10**

*Turbidez de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso*

*Rangos permisibles 2 NTU*

<b>TURBIDEZ (NTU)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	0,0	0,0	0,0
TIEMPO DE LLUVIA	0,0	0,0	0,0

Fuente: autores del proyecto

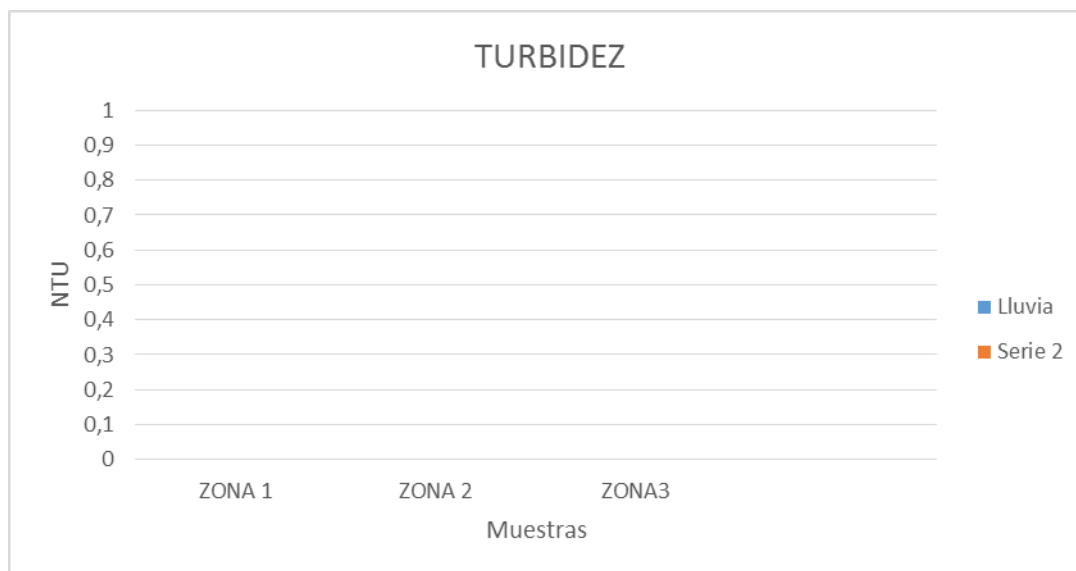


Figura 6. Turbidez de la quebrada La Brava periodo seco y lluvioso

**Dureza.** Analizando la tabla N°11 y la figura N°7 se observó que Los valores fueron muy similares en todas las estaciones, los niveles de dureza se encuentran entre 76 a 79 mg/L, lo cual establece que son aguas medias según resolución número 2115 del 2007 y se encuentran en los límites máximos permisibles (LMP) para la potabilización.

**Tabla 11**

*Turbidez de la quebrada la Brava periodo seco y lluvioso*

*Rangos permisibles 300mg/l*

<b>DUREZA (mg/L)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	78	77	76
TIEMPO DE LLUVIA	79	78	76

Fuente: autores del proyecto.

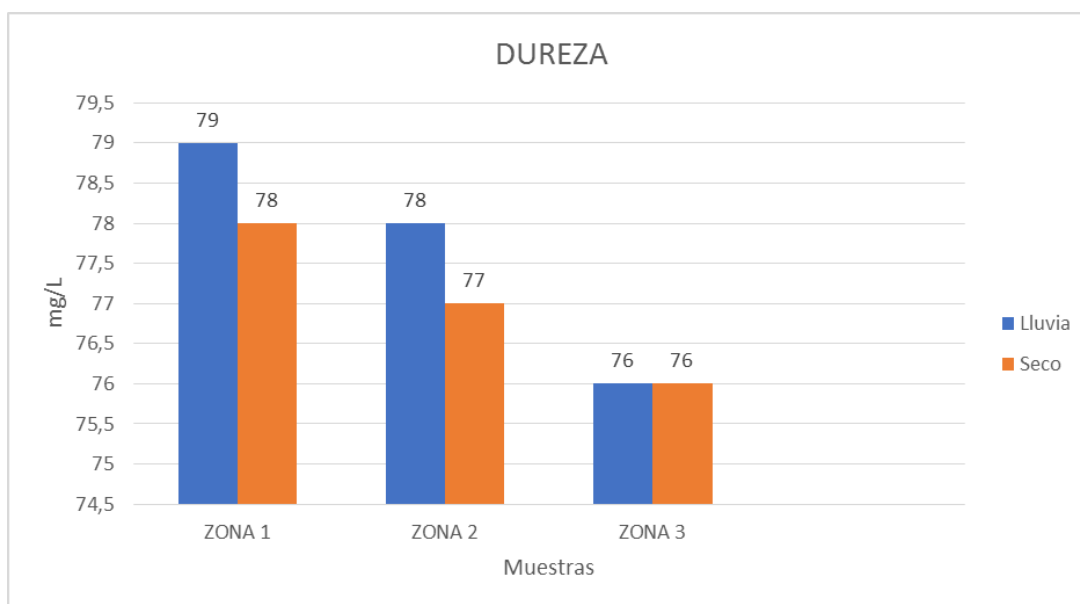


Figura 7. Dureza de la quebrada La Brava periodo seco y lluvioso

**Color.** Se puede observar en la tabla N°12 y figura N°8 que los valores para el color se encuentran en un rango bajo, entre 15 y 26 unidades de platino cobalto (UPC), muy cercano a los permisibles para el agua potable y muy por debajo del valor máximo aceptable para que el recurso hídrico sea sometido a un proceso de potabilización como se establece en el decreto 3930/2010 cuyo valor máximo es de 75 UPC.

Se presenta mayor color en la zona 2 en tiempo de lluvia y en la zona 3 el color se mantiene en las dos temporadas

**Tabla 12**

*Color quebrada la Brava periodo seco y lluvioso*

*Rangos permisibles < 75 UPtCo*

<b>COLOR (UPtCo)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	21	23	15
TIEMPO DE LLUVIA	22	26	15

Fuente: Autores del proyecto.



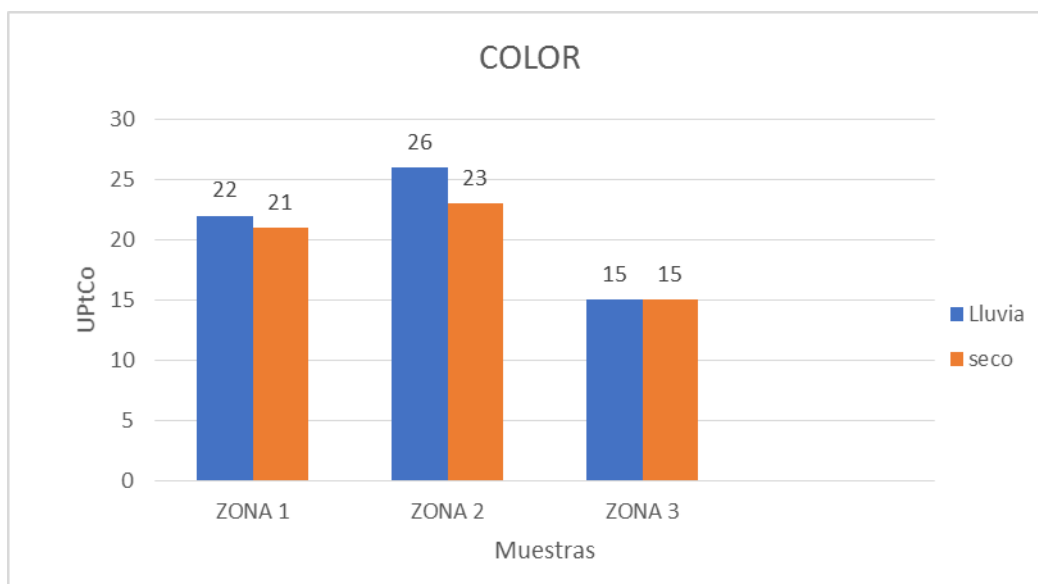


Figura 8. Color quebrada La Brava periodo seco y lluvioso

**Conductividad.** Como se aprecia en la tabla N°13 y la figura N°9 la conductividad presenta valores que van de 119,1 a 205 micro siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), según la resolución 2115 del 2007, el valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que nos indica que se encuentra en el rango permisible según esta resolución. Siendo los niveles más altos en la temporada seca en la zona 1) y en temporada de lluvia en la zona 3 y más bajas en la zona 2 y zona 1 en temporada de lluvia.

**Tabla 13.**

*Conductividad quebrada La Brava periodo seco y lluvioso*

*Rangos permisibles 1000 us/cm*

<b>CONDUCTIVIDAD(<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	200	198	202
TIEMPO DE LLUVIA	119,1	185,9	203,0

Fuente: autores del proyecto.

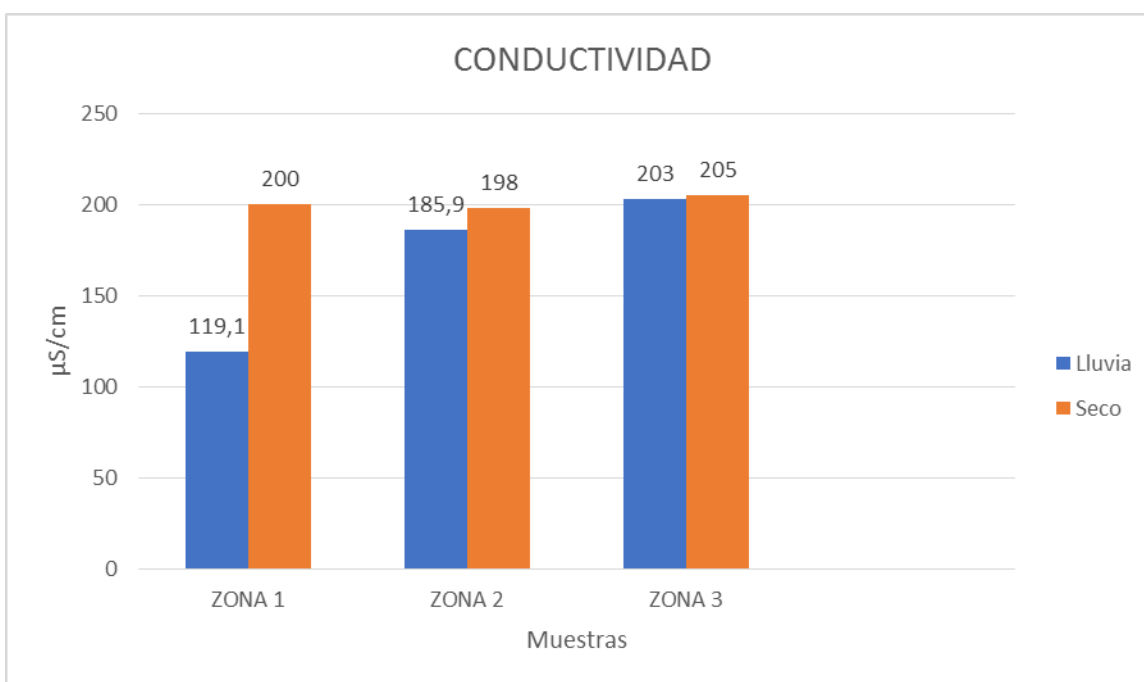


Figura 9. Conductividad quebrada La Brava periodo seco y lluvioso

**Sólidos totales.** Como se aprecia en la tabla N°14 y la figura 10 el parámetro sólidos totales fue mayor en la temporada de lluvia en las 3 ZONAS, debido al aumento de los caudales y arrastre de material y sedimentos, en la temporada seca se vio un aumento de ellos en la zona 3

debido a la gran cantidad de materia orgánica en el agua .Según el (Dec 475/98) con un parámetro máximo de 500 mg/l, se mantiene en el rango permisible para la potabilización.

**Tabla 14**

*Solidos totales quebrada La Brava periodo seco y lluvioso*

*Rangos permisibles 500 mg/l*

<b>SOLIDOS TOTALES (mg/L)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	90	86	93
TIEMPO DE LLUVIA	94	88	96

Fuente: Autores del proyecto

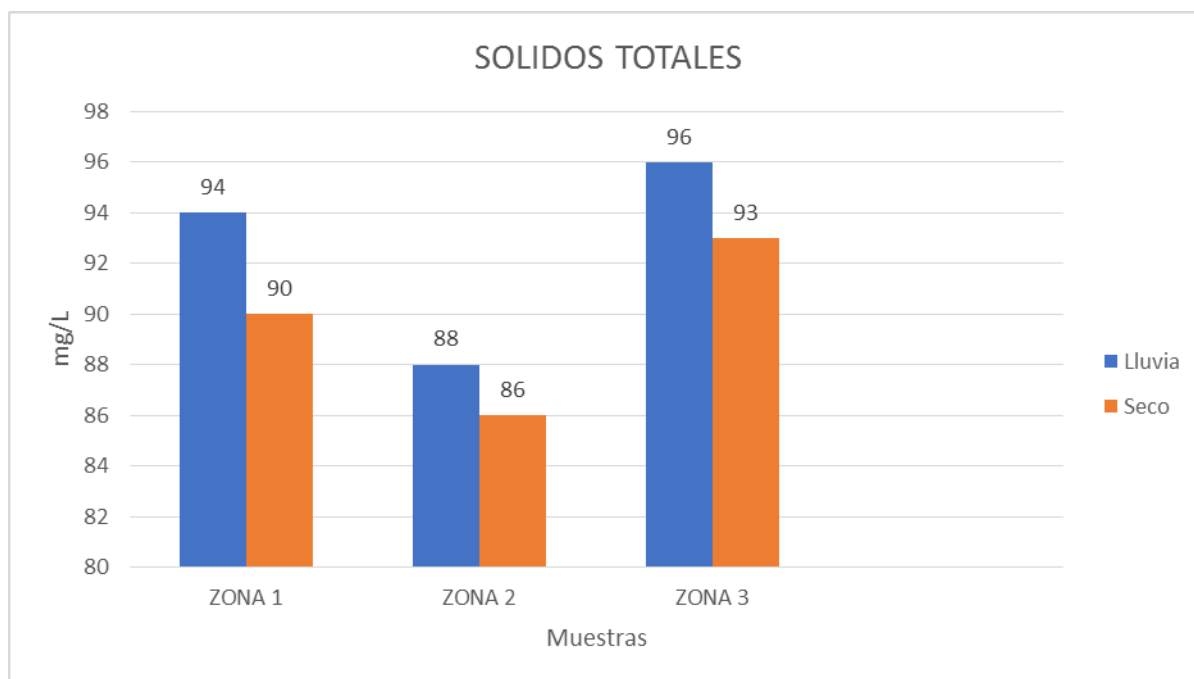


Figura 10. Solidos totales quebrada La Brava periodo seco y lluvioso

**Sólidos disueltos.** Como se aprecia en la tabla N°15 y figura N°11 los parámetros de sólidos disueltos fueron muy similares en todas las estaciones en las dos temporadas siendo los rangos entre 25 a 32 mg/L. Según el Decreto número 475 de 1998. El valor permisible es hasta 500mg/L. Lo que indica que se encuentra dentro de estos valores.

**Tabla 15**

*Sólidos disueltos quebrada La Brava periodo seco y lluvioso*

*Rangos permisibles 500mg/l*

<b>SOLIDOS DISUELTOS (mg/L)</b>	<b>ZONA 1</b>	<b>ZONA 2</b>	<b>ZONA 3</b>
TIEMPO SECO	27	30	25
TIEMPO DE LLUVIA	26	32	29

Fuente: autores del proyecto

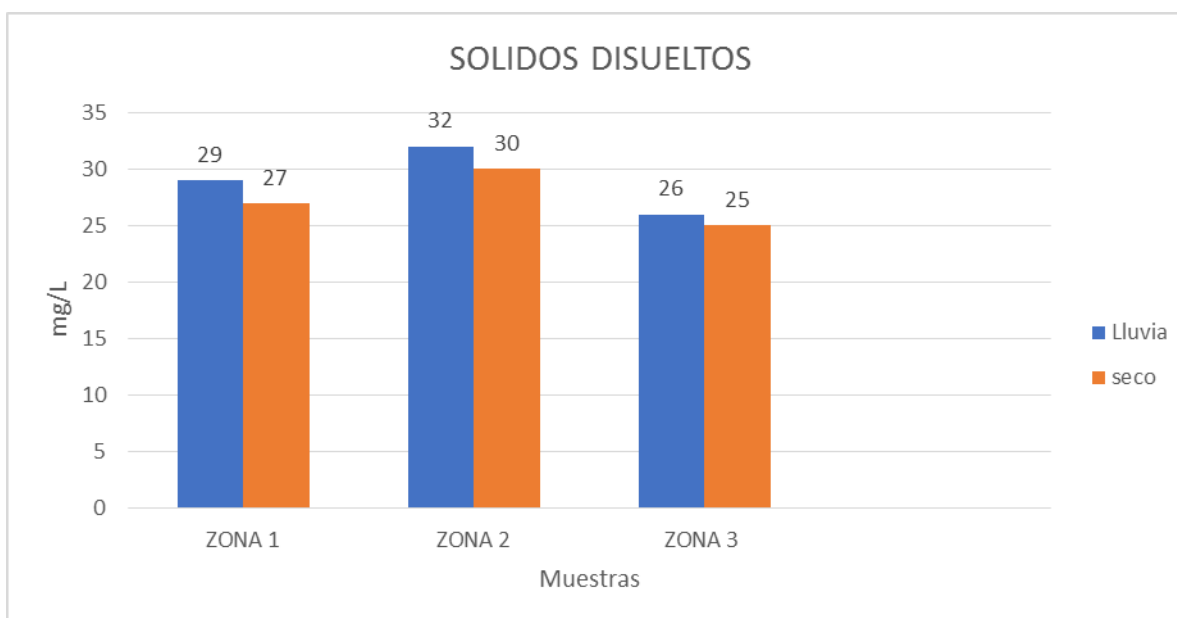


Figura 11. Sólidos disueltos quebrada La Brava periodo seco y lluvioso

**Temperatura del agua.** Según la tabla N° 16 y la figura N 12 se pudo observar que las temperaturas del agua son similares para las tres zonas de muestreo en ambos tiempos las temperaturas de la zona una son de menor grado que en la zonas 2 y 3 debido al bosque que se encuentra en ella permitiendo así no dejar traspasar la luz solar a la misma

**Tabla 16**

*Temperaturas quebrada La Brava periodo seco y lluvioso*

Temperatura °C	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
TIEMPO SECO	18	19	19
TIEMPO DE LLUVIA	18	19	19

Fuente: autores del proyecto

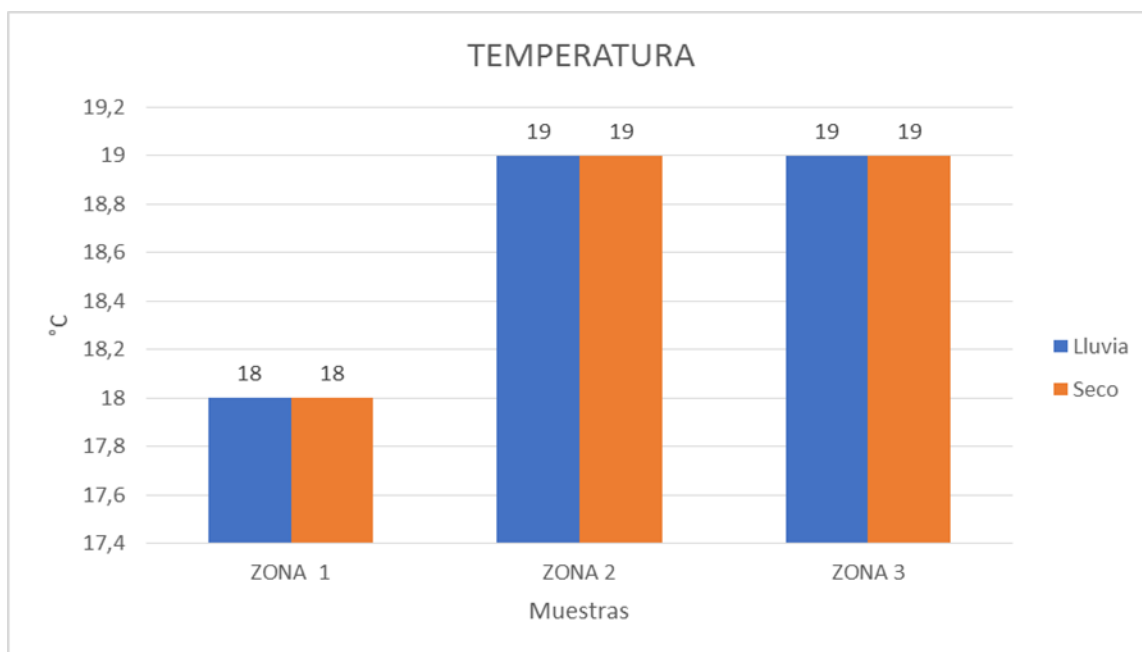


Figura 12. Temperaturas quebrada La Brava periodo seco y lluvioso

**Caudal.** Como se aprecia en la tabla N°17y figura N°13 Se presenta un mayor caudal en la zona 2 con un valor de 5,88 L/s y zona 3 con un valor de 5,0 L/s en la temporada de lluvia esto se debe a la presencia de fuentes hídricas alimentadoras de bajo caudal que descargan sus aguas en la quebrada. Los caudales más bajos se presentan en la temporada seca debido a las bajas precipitaciones siendo la zona 3 la que presenta un bajo caudal debido a que se encuentra aguas abajo de la planta de captación, por estar los caudales en un nivel bajo este zona es limitada del recurso hídrico debido a que el agua es captada en su totalidad para la planta de tratamiento de ADAMIUAIN. Los caudales en la temporada seca son críticos por lo que la empresa de servicios públicos ha venido haciendo racionamiento del preciado líquido a los barrios acogidos a su distribución.

**Tabla 17**

*Caudales quebrada La Brava periodo seco y lluvioso*

Q= L/s	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
TIEMPO SECO	3,25	4,47	0,32
TIEMPO DE LLUVIA	4,85	5,88	5,00

Fuente: autores del proyecto

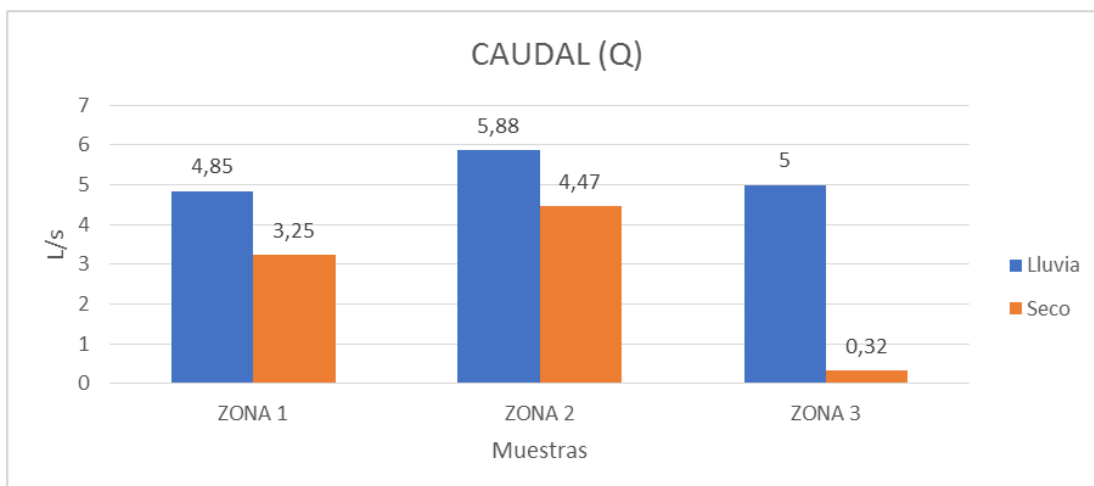


Figura 13. Caudales quebrada La Brava periodo seco y lluvioso

**Registros históricos de caudales de la quebrada la brava.** Según la tabla N°18 y la gráfica N°14 se pueden observar que en los 4 registros de caudales han ido disminuyendo notablemente, esto se debe a los asentamientos humanos de la región que extraen el agua para su uso diario y a las bajas precipitaciones en la reserva forestal de ADAMIUAI al igual que pequeños focos de deforestación constatando así los bajos niveles de caudales que se ha presentado hasta la fecha.

**Tabla 18**

*Registros históricos de caudales tiempo de lluvias de la quebrada la Brava*

Q la Brava	Q= 1988	Q= 2004	Q= 2013	Q= 2014	Q=2016
Antes de la bocatoma	17,3	17	19,2	14.84	10,73
Después de la bocatoma	8,9	3,33	4	3.9	5,0

Fuente: autores del proyecto

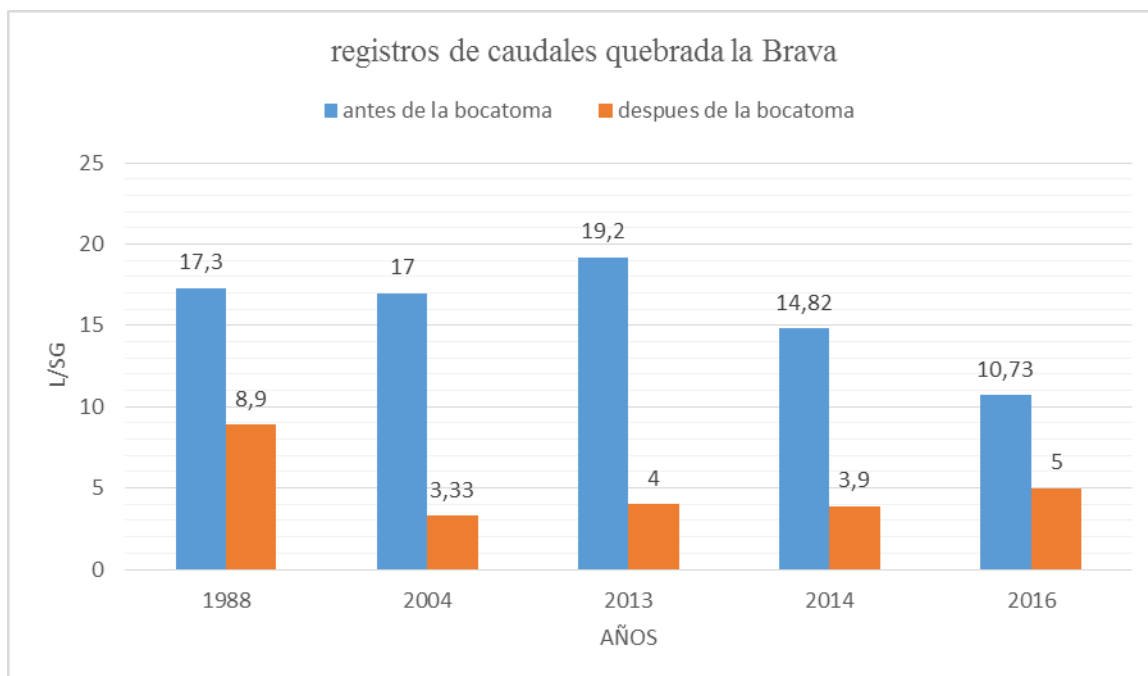


Figura 14. Registros históricos de caudales de la quebrada la Brava

## 5.2 Reconocimiento de las familias de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca de la quebrada la brava en tres estaciones preliminarmente elegidas en tiempo seco y de lluvia.

A continuación se presentan las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada la Brava



**Tabla 19**

*Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 1 en tiempo seco (marzo 31- Abril 15 del 2016).*

X=08°14'3.69225" N      Y=73°23'52.54527" W

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE (Sp)	N° INDIVIDUOS	BMWP
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	3	6
	Ptilodactylidae	<i>Tetraglossa</i>	28	10
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	124	8
	Gerridae	<i>Brachimetro</i>	3	8
	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	210	7
		<i>Heleocoris</i>	22	7
ISOPODA	Armadillidiidae	<i>Indt.1</i>	6	0
ODONATA	Gomphydae	<i>Agriogomphus</i>	102	10
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	4	7
	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>	4	6
	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	12	7
DECAPODA	Pseudothelphusidea	<i>Pseudothelphusa</i>	4	8
PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	34	10
TRICHOPTERA	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	33	10
	Hydrobiosidae	<i>Smicridea</i>	192	9
		Σ	781	113
	CLASE	RANGO DE CALIDAD	CALIDAD	SIGNIFICADO
	I	Mayor de 120 101 a 120	BUENA	Aguas muy limpias, aguas no contaminadas

Fuente: Autores del proyecto

**Tabla 20**

*Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 2 en tiempo seco (marzo 31- Abril 15 del 2016)*

X= 08°14'19,62543" N      Y=73°23'24,23986" W

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE (SP)	N° INDIVIDUOS	BMWP
COLEOPTERA	Lampyridae	<i>Tipula</i>	1	10
	Ptilodactylidae	<i>Tetraglosa</i>	28	10
DIPTERA	Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	3
EPHEMEROPTERA	Leptophlebilidae	<i>Lepthyphes</i>	9	9
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	78	7
		<i>Heleocoris</i>	18	7
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	93	8
ODONATA	Gomphydae	<i>Agriogomphus</i>	36	10
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	1	7
	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>	19	6
	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	2	7
DECAPODA	Pseudothelphusidea	<i>Psudothelphusa</i>	4	8
PLECOPTERA	Polythoridae	<i>Cora</i>	1	10
	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	12	10
TRICHOPTERA	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	45	10
	Hydrobiosidae	<i>Smicridea</i>	154	9
	Helicopsycheidae	<i>Helicopsyche</i>	1	10
		∑	503	141
	CLASE	RANGO DE CALIDAD	CALIDAD	SIGNIFICADO
	I	Mayor 101 a 120	BUENA	Aguas muy limpias, aguas no contaminadas

Fuente: autores del proyecto.

**Tabla 21**

*Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 3 en tiempo seco (marzo 31- Abril 15 del 2016).*

X=08°14'45,77198" N    Y=73°23'27,10685 W

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE (SP)	Nº INDIVIDUOS	BMWP
BASOMMATOPHORA	Planorbidae	<i>Planorbella</i>	1	5
	Physidae	<i>Indt.1</i>	3	3
COLEOPTERA	Lampyridae	<i>Photuris</i>	2	10
	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	5	6
DIPTERA	Psychodidae	<i>Indt.1</i>	3	7
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	5	3
EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae	<i>Lepthyphes</i>	5	7
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	29	8
	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	96	7
		<i>Eleocoris</i>	24	7
ODONATA	Gomphydae	<i>Agriogomphus</i>	36	10
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	3	7
	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>	10	6
	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	9	7
TRICHOPTERA	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	28	10
	Hidrobiosidae	<i>Smicridea</i>	76	9
	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	2	9
HAPLOTAXIDA	Oligochaeta	<i>Indt.1</i>	1	1
		Σ	337	122
	CLASE	RANGO DE CALIDAD	CALIDAD	SIGNIFICADO
	I	Mayor de 120 101 a 120	BUENA	Aguas muy limpias, aguas no contaminadas

Fuente: autores del proyecto

**Tabla 22**

*Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 1 en tiempo de lluvia (mayo 10-junio 09)*

X=08°14'3.69225" N      Y=73°23'52.54527" W

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE (SP)	N° INDIVIDUOS	BMWP
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	4	6
	Ptilodactylidae	<i>Tetraglosa</i>	23	10
DIPTERA	Tipulidae	<i>Tipula</i>	3	3
DECAPODA	Pseudothelphusid e	<i>Pseudothelphusa</i>	4	8
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	1	7
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Brachimetro</i>	9	8
	Naucoridae	<i>Heleocoris</i>	40	7
		<i>Limnocoris</i>	358	7
	Veliidae	<i>Rhangovelina</i>	140	8
ODONATA	Gomphyidae	<i>Agriogonphus</i>	125	10
	Polithoridae	<i>Cora</i>	5	10
PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	12	10
TRICHOPTERA	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	62	10
	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	3	9
	Hydrobiosidae	<i>Smicridea</i>	192	9
		Σ	981	122
	CLASE	RANGO DE CALIDAD	CALIDAD	SIGNIFICADO
	I	Mayor de 120 101 a 120	BUENA	Aguas muy limpias, aguas no contaminadas

Fuente: autores del proyecto.

**Tabla 23**

*Identificación de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados clasificados por grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo en la zona 2 tiempos de lluvia (mayo 10-junio 09).*

X= 08°14'19,62543" N      Y=73°23'24,23986" W

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE (SP)	N° INDIVIDUOS	BMWP								
COLEOPTERA	Lampyridae	<i>Photuris</i>	1	10								
	Ptilodactylidae	<i>Tetraglosa</i>	16	10								
	Elmidae	<i>Elmis</i>	1	6								
		<i>Phanocerus</i>	2	6								
DECAPODA	Pseudothelphusidae	<i>Psudothelphusa</i>	4	8								
DIPTERA	Psychodidae	<i>Indt.1</i>	4	7								
HEMIPTERA	Notonectidae	<i>Indt.1</i>	2	7								
		<i>Heleocoris</i>	35	7								
	Veliidae	<i>Limnocoris</i>	178	7								
		<i>Rhangovelina</i>	97	8								
ODONATA	Gomphydae	<i>Agriogonphus</i>	66	10								
	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	2	7								
PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	10	10								
TRICHOPTERA	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	2	10								
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	53	10								
	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	5	9								
	Hydrobiosidae	<i>Smicridea</i>	178	9								
	Σ		656	141								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">CLASE</th> <th style="width: 20%;">RANGO DE CALIDAD</th> <th style="width: 20%;">CALIDAD</th> <th style="width: 40%;">SIGNIFICADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>de 120 Mayor 101 a 120</td> <td>BUENA</td> <td>Aguas muy limpias, aguas no contaminadas</td> </tr> </tbody> </table>					CLASE	RANGO DE CALIDAD	CALIDAD	SIGNIFICADO	I	de 120 Mayor 101 a 120	BUENA	Aguas muy limpias, aguas no contaminadas
CLASE	RANGO DE CALIDAD	CALIDAD	SIGNIFICADO									
I	de 120 Mayor 101 a 120	BUENA	Aguas muy limpias, aguas no contaminadas									

Fuente: autores del proyecto.

**Tabla 24**

*Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo zona 3 en tiempo de lluvia (mayo 10-junio 09)*

X=08°14'45,77198" N Y=73°23'27,10685 W

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE (SP)	N° INDIVIDUOS	BMWP
DIPTERA	Stratiomyidae	<i>Beris clavipes</i>	3	4
	Bibionidae	<i>Indt.1</i>	1	0
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	3
EPHEMEROPTERA	Leptophyphidae	<i>Lepthyphes</i>	2	7
HAPLOTAXIDA	Oligochaeta	<i>Indt.1</i>	2	1
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Indt.1</i>	19	8
	Veliidae	<i>Rhangovelia</i>	48	8
	Naucoridae	<i>Heleocoris</i>	26	7
		<i>Limnocoris</i>	141	7
ODONATA	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>	1	6
	Calopterygidae	<i>Etaerina</i>	3	7
	Gomphyidae	<i>Agriogonphus</i>	55	10
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	1	7
TRICHOPTERA	Hydrobiosidae	<i>Smicridea</i>	31	9
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	6	10
DECAPODA	Pseudothelphusidae	<i>Pseudothelphusa</i>	1	8
		Σ	341	102

CLASE	RANGO DE CALIDAD	CALIDAD	SIGNIFICADO
I	Mayor de 120 101 a 120	BUENA	Aguas muy limpias, aguas no contaminadas

Fuente: autores del proyecto.

**Diagnostico general.** De acuerdo a las visitas realizadas entre los periodos secos y de lluvia se puede observar que para las tres zonas de muestreo zona1, zona2 y zona3, y tablas de 19 a 24 los índices arrojados según la Clasificación de las aguas y su significado ecológico mediante índice BMWP. Col son aguas de clase I y que están en un rangos de 101 y mayor de 120 con una calidad de agua buena y un significado de aguas muy limpias, aguas no contaminadas.

**Tabla 25**

*Número total de individuos por estación*

<b>Zona1</b>	<b>Zona2</b>	<b>Zona3</b>
1763	1159	678

Fuente: Autores del proyecto

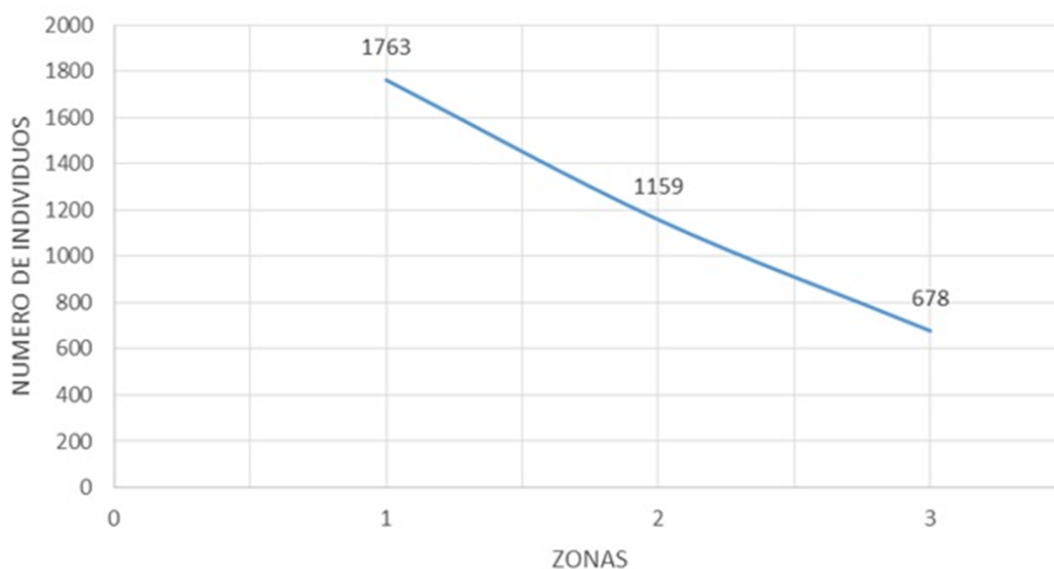


Figura 15. Número total de individuos por estación.

Según la tabla N°25 y figura N°15 Se puede observar que el número de individuos es mayor en la zona 1 con un valor de 1763 en los dos tiempos de muestreo seco (verano) y lluvioso (invierno), esto se debe al buen estado de conservación del paisaje y a las temperaturas del agua además a los sustratos orgánicos encontrados, es una zona que no se encuentra intervenida y posee un abundante bosque denso que favorece la riqueza y abundancia de las familias de macroinvertebrados, al igual que la primera zona la estación de muestreo zona 2 posee una buena abundancia de individuos con un valor de 1159, a pesar de que en esta zona se encuentran algunos claros de bosques y una pequeña intervención antrópica causada por la ganadería que existe en el lugar y el número de individuos es representativo, en cuanto a la zona 3 el número de individuos es menor debido al poco caudal que en ella existe esto se debe a que esta zona se encuentra aguas debajo de la bocatoma de ADAMIUÍN pero que aun así nos arrojan una buena calidad del agua.

**Abundancia total de familias de macroinvertebrados tiempo seco (marzo 31 a abril 15).** Los muestreos de las tres zonas en tiempo seco (verano), con valores del índice BMWP/Col. 113, 141 y 122 respectivamente, se encuentran catalogados como clase I (rango 101 a 120 y mayor de 120) de aguas muy limpias, aguas no contaminadas. A lo largo de los 4 muestreos en las 3 zonas según la tabla N°21,22 y 23 se capturaron en tiempo seco 1621 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 10 órdenes 24 familias y 24 especies. La familia más abundante fue, de Hydrobiosidae con 422 individuos (27%), seguida de Naucoridae con 403 individuos (26%), Veliidae con 246 individuos (16%), Conophidae con 174 individuos (11%), Calamoceratidae 106 individuos (7%), Ptilodactylidae 56 individuos (4%), Perlidae 46 individuos



(3%), libellulidae 33 individuos (2%),calopterygidae con 23 individuos (2%). Las 15 familias restantes representan entre 1 y 14 individuos. Ver tabla N°26 y figura16

**Tabla 26**

*Familias más abundantes en temporada seca de las tres zonas en la Quebrada La Brava*

Familia	N° individuos	%
Naucoridae	446	27,51%
hydrobiosidae	422	26,03%
Veliidae	246	15,17%
Gomphydae	174	10,73%
Calamoceratidae	106	6,53%
Ptilodactylidae	56	3,45%
Perlidae	46	2,83%
Libellulidae	33	2,03%
Calopterygidae	23	1,41%
Leptohyphidae	14	0,86%
Coenagrionidae	9	0,55%
Elmidae	8	0,49%
Pseudothelphusidae	8	0,49%

Fuente: autores del proyecto

---

Tipulidae	6	0,37%
Armadillidae	6	0,37%
Gerridae	3	0,18%
Lampyridae	3	0,18%
Physidae	3	0,18%
Psychoidea	3	0,18%
Leptoceridae	2	0,12%
Polythoridae	1	0,06%
Oligochaeta	1	0,06%
Helicopsychidae	1	0,06%
Planorbidae	1	0,06%
	1621	100%

---

"Tabla 26" "Continuación"

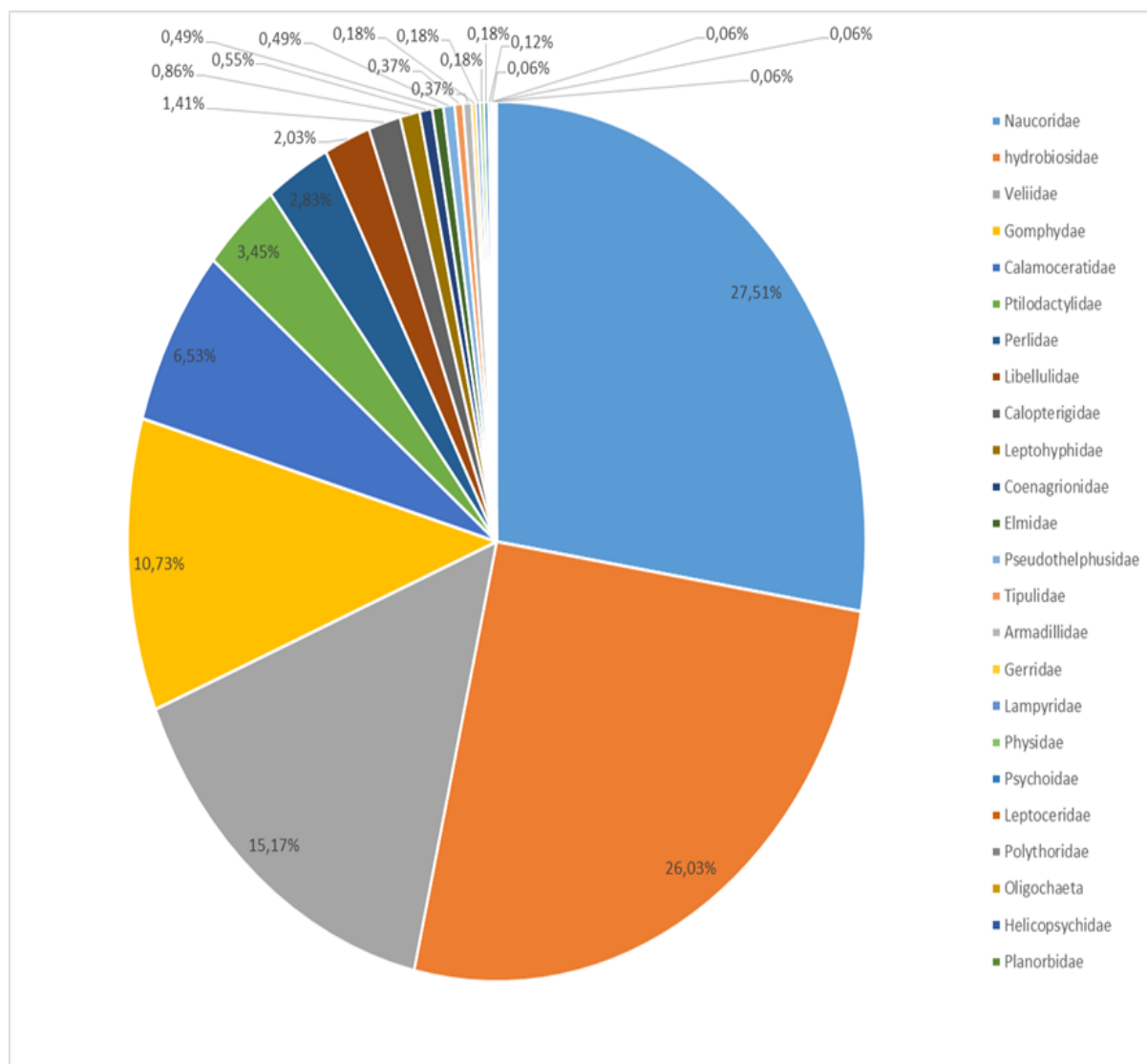


Figura 16. Familias más abundantes en temporada seca de las tres zonas en la Quebrada La Brava

**Abundancia total de familias de macroinvertebrados tiempo de lluvia (marzo 31 a abril 15).** Los muestreos de las tres zonas en tiempo de lluvia (invierno), con valores del índice BMWP/Col. 122, 141 y 102 respectivamente, se encuentran catalogados como clase I (rango 101

a 120 y mayor de 120) de aguas muy limpias, aguas no contaminadas a lo largo de los 4 muestreos en las 3 zonas según las tablas 24,25 y 26 se capturaron en tiempo de lluvia 1978 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 10 órdenes 24 familias y 26 especies. La familia más abundante fue, Naucoridae con 778 individuos (39%), Hydrobiosidae con 401 individuo (20%), Veliidae con 285 individuos (14%), Gomphidae con 246 individuos (12%), Calamoceratidae con 121 individuos (6%), Ptilodactylidae con 39 individuos (2%), Gerridae con 28 individuos (1%), Perlidae con 22 individuos (1%), las 16 familias restantes representan entre 1 y 8 individuos ver tabla N° 27 y figura N°17

**Tabla 27**

*Familias más abundantes en temporada de lluvia de las tres zonas en la Quebrada La Brava*

Naucoridae	778	39,33%
Hydrobiosidae	401	20,27%
Veliidae	288	14,56%
Gomphidae	246	12,43%
Calamoceratidae	121	6,11%
Ptilodactylidae	39	1,97%
Gerridae	28	1,41%
Perlidae	22	1,11%

Fuente: Autores del proyecto

---

Pseudothelphusidae	9	0,45%
Leptoceridae	8	0,40%
Elmidae	7	0,35%
Polithoridae	5	0,25%
Calopterygidae	5	0,25%
Tipulidae	4	0,20%
Psychodidae	4	0,20%
Leptohyphidae	2	0,10%
Notonectidae	2	0,10%
Oligochaeta	2	0,10%
Helicopsychidae	2	0,10%
Libellulidae	1	0,05%
Stratiomyidae	1	0,05%
Bibionidae	1	0,05%
Baetidae	1	0,05%
Lampyridae	1	0,05%
	1978	

---

“Tabla 27” “Continuación”

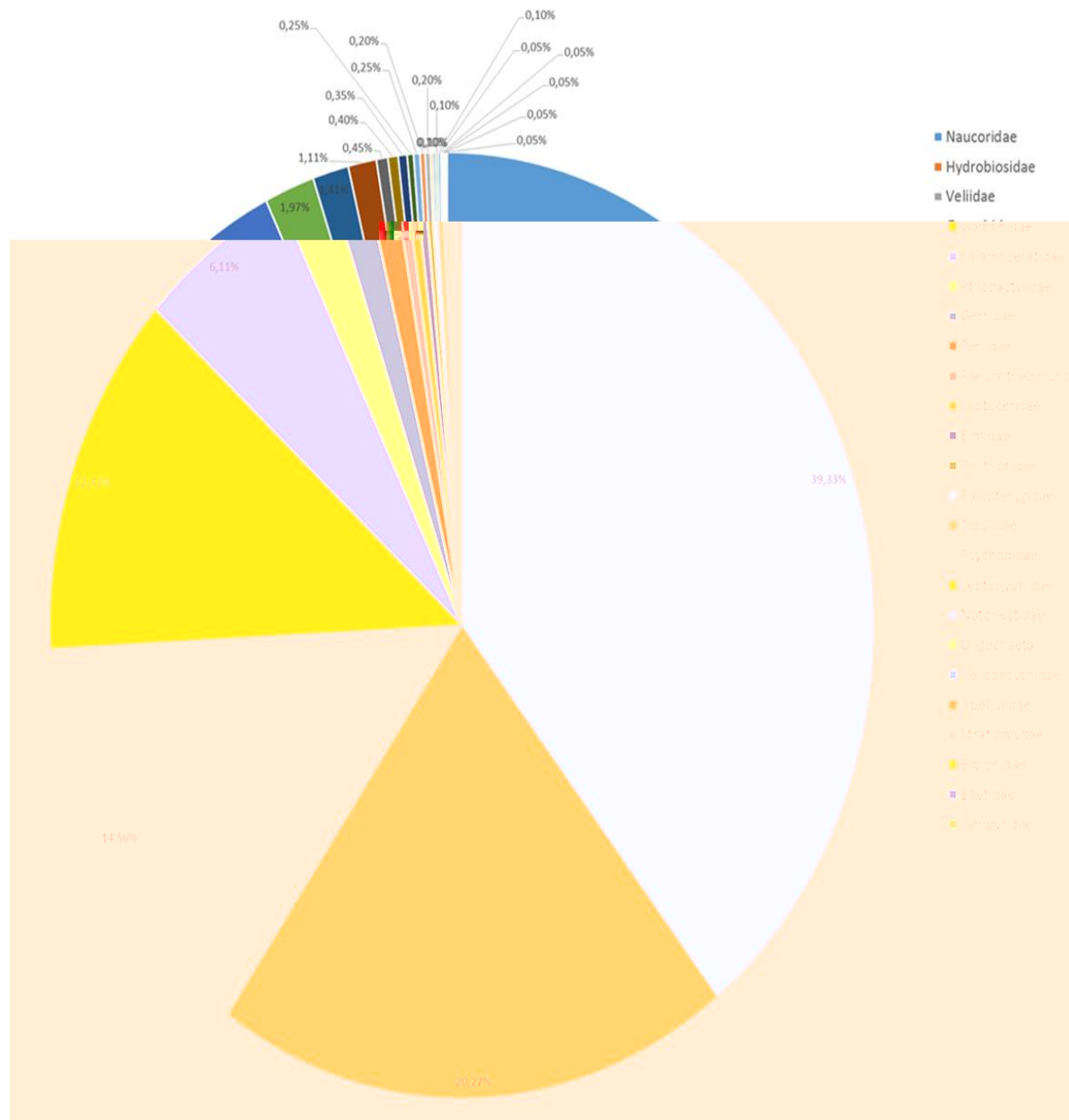


Figura 17. Familias más abundantes en temporada de lluvia de las tres zonas en la Quebrada La Brava

Análisis de varianza para el número de especies encontradas en las tres zonas de muestreo.

**Tabla 28**

*Desviación estándar y Varianza para el número de especies en la 3 zona de estudio*  
*“Descriptivo estadístico”*

<b>Variable</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>
xz1	140,4	19723,9
xz2	85,1	7249,1
xz3	46,60	2171,77

Fuente autores del proyecto.

Se realizó una comparación entre el número de especies de cada zona de muestreo, datos obtenidos a través de la tabla presentada previamente, se pudo observar que los valores de la desviación estándar y varianza según la tabla 28 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula según los resultados por lo cual existen unas diferencias significativas entre el número de especies encontradas en cada una de las zonas de muestreo realizado en la quebrada la Brava de la reserva ADAMIUAÍN. Y que se obtuvo mediante el programa Minitab ANOVA.

**Índice de diversidad de margalef para cada una de las zonas de muestreo.** Este índice es calculado por medio de la ecuación  $I=(s-1)/\ln N$ , donde I es la biodiversidad, S el número de especies presentes, y N el número total de individuos encontrados en cada zona de muestreo.

Para el cálculo de este índice se tuvieron en cuenta las especies encontradas en cada una de las zonas también las especies indeterminadas se tomaron para este índice, estos datos pueden ser corroborados en las tablas previamente presentadas.

Índice para la zona 1: 2,56

Índice para la zona 2: 3,17

Índice para la zona 3: 3,07

**Dendograma de agrupamiento de todas las especies encontradas en la 3 respectivas zonas del muestreo.** De acuerdo con el análisis de agrupamiento, durante este muestreo, se observó la formación de 3 grupos principales según la figura 18. El primero, con un porcentaje de similitud alto se encuentran conformado por 11 de las 27 especies estudiadas seguidas por un subgrupo que se divide en tres formando un agrupamiento según las condiciones fisicoquímicas ambientales y morfológicas de las zonas.

El segundo grupo observado, se encuentra conformado por 3 de las especies estudiadas en la que una de las especies puede estar alejándose del resto por la densidad total de organismos reportada.

El tercer y último grupo se encuentra integrado por 9 de las especies reportadas siendo este uno de los grupos más representativos, formándose así 4 subgrupos de los cuales dos especies se alejan por la densa cantidad reportada y que tienden a encontrarse en un número muy bajo y dispersas en las zonas.



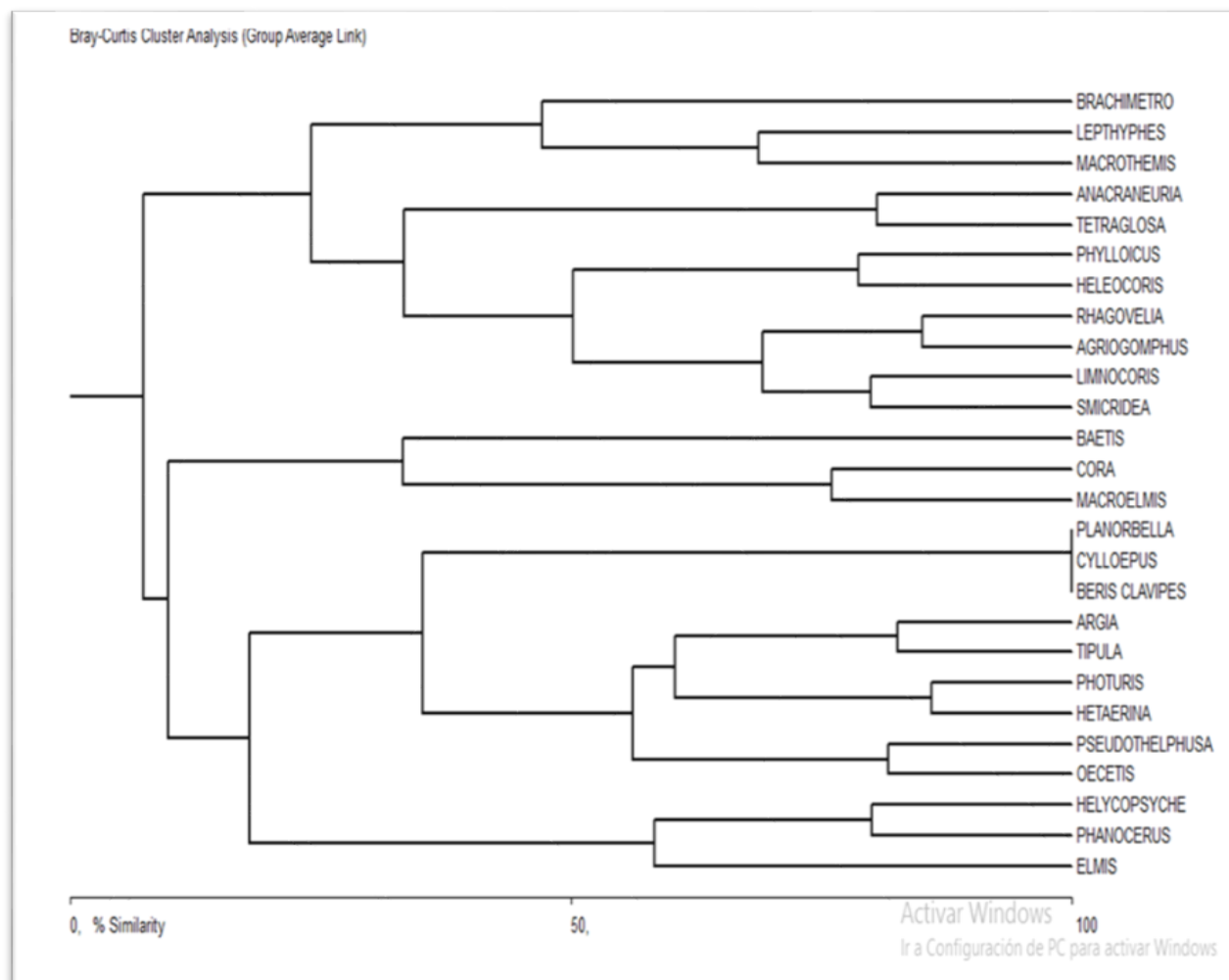


Figura 18. Dendrograma de agrupamiento de las especies de las zonas de muestreo.

### 5.3 Realización del análisis comparativo entre los parámetros biológicos y fisicoquímicos encontrados.

La propuesta para la toma de las muestras durante el estudio realizado fue muy conveniente ya que por medio de este se pudo obtener una cantidad bastante aceptable de macroinvertebrados acuáticos de diferentes órdenes familias y especies para ser posteriormente

analizados taxonómicamente, fueron registradas en total 3599 individuos una cifra muy significativa teniendo en cuenta que en ocasiones debido a las condiciones ambientales y a los obstáculos que se presentaban sin previo aviso en la quebrada como caída de árboles de gran tamaño debido a vientos torrenciales muy fuertes o al cumplimiento del ciclo de vida de los mismo , impidiendo de una u otra forma el paso hacia los demás puntos, o los tramos escarpado del terreno el cual caía a la quebrada por causa de la erosión .

En el punto catalogado como zona 1 se colectaron 1762 individuos en total entre los dos periodos de muestreo, en la zona 2 se colectaron 1159 individuos y en la zona 3 678 individuos, esta diferencia entre el total de los individuos colectados en cada una de las zonas puede ser el reflejo de las condiciones de cada una de las zonas, hay que tener presente que se usaron diferentes formas de muestreo uno utilizando redes surber y otras manualmente por medio de coladores con mayas de 0,5 mm de grueso, en todos los puntos de muestreo se pudo cerciorar gracias al método BMWP.col que las aguas de la quebrada la Brava de la reserva forestal ADAMIUAIN presenta un significado ecológico de clase I con un rango que va de 101 a 120 o mayor de 120 de calidad buena con un significado de aguas muy limpias aguas no contaminadas de asignación al color azul modificado por Roldán 2003 en Álvarez 2006.

Según las normas de calidad del agua decreto 3930 del 2010, la resolución 2115 del 2007 y el decreto 475 de 1988 los parámetros fisicoquímicos realizados a las aguas de la quebrada se encuentran en el rango permisibles por estas leyes para la potabilización ya que son aguas muy buenas no sin antes aplicarle un proceso de desinfección para destruir todo microorganismo patógeno que pueda causar daños a la salud humana.

Desacuerdo con los resultados obtenidos tanto en las pruebas fisicoquímicas y la pruebas biológicas se pudo constatar que ambos monitoreo muestran un buen índice de calidad para la potabilización del recurso.

#### **5.4 Propuesta de estrategias de conservación de la calidad del agua de la quebrada la brava, teniendo en cuenta el estado actual de la misma.**

Realizar la zonificación de los predios de la reserva y a así tener una cartografía claro del lugar puesto que esta se desconoce y no existe ningún registro.

Se propone realizar plantaciones de árboles en las zonas alrededor de las fuentes de agua y en las laderas

Promover la regeneración del entorno natural (cobertura arbórea, arbustiva herbácea) implementando un banco de semillas de los relictos de bosque y generar un vivero con las mismas para evitar la siembra de especies exóticas que puedan causar esterilidad en el terreno y que no sean motobombas vivas de absorción del recurso hídrico y así conservar la fauna y flora existente en la reserva.

Planificar el uso adecuado de las parcelas promoviendo la agricultura ecológica (abonos de estiércol y prácticas culturales) y evitando, en lo posible, el uso de fungicidas, herbicidas y fertilizantes químicos.

Controlar, y sancionar si corresponde, la quema no planificada o que no haya sido acordada en la comunidad.

Declarar “zonas protegidas” a las áreas donde se produce el agua en el ámbito municipal y/o comunal.

Realizar mediciones frecuentes de las la quebrada la Brava para conocer su caudal (actividad que debe efectuarse en el periodo seco y de lluvias) puesto que estos no se realizan periódicamente y existen muy pocos registros del mismo.

No utilizar el agua de consumo humano para regar parcelas

Proteger las principales estructuras del sistema de agua con obras adecuadas y oportunas.

Realizar prácticas de mejoramiento de los suelos (surcos en dirección de la pendiente, abonos orgánicos y biofertilizantes) con la disminución de uso de productos químicos

Realizar prácticas de conservación de suelos y aguas (ej. recuperación de los suelos con abonos orgánicos, construcción de terrazas, abonos verdes y control de la erosión, a través del establecimiento de barreras muertas y vivas.

## 6. Conclusiones

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos después del análisis de cada muestra de agua de la quebrada la Brava en las tres zonas de estudio establecidas, muestra que a dicho recurso se le puede dar cualquiera de los usos que se establecen en el decreto 1594/84. Puesto que estos valores están dentro del rango máximo admisible, y según lo que se contempla en la resolución 2115 del 2007 los parámetros fisicoquímicos obtenidos en la quebrada la Brava se encuentran en los niveles permisibles para la potabilización., lo que indica que el recurso se puede aprovechar para el fin que requiere el acueducto independiente ADAMIUAIN, realizando así la potabilización mediante un tratamiento convencional.

Los parámetros fisicoquímicos según las normas anteriormente mencionadas demuestran según los datos, que en la quebrada no existe contaminación del recurso hídrico, a pesar de que la zona está protegida se encuentra cabezas de res lo que ocasiona una afectación para los intereses de la empresa de servicios públicos ADAMIUAIN. Por tal motivo se hace necesario efectuar mayores controles y sensibilizar a las comunidades asentadas en esta área.

Los índices biológicos utilizados para evaluar la calidad del agua de la quebrada la Brava indican que esta fuente hídrica se encuentra en muy buen estado, el índice biológico usado en este monitoreo se realizó mediante el BMWP.col el cual representa una herramienta útil para el diagnóstico de la calidad de agua, esto teniendo en cuenta de que no se requiere un personal altamente calificado para su implementación puesto que los macroinvertebrados son un método fácil para estudiar y no requiere de altos costos a la hora de realizar monitoreos con ellos y se

puede implementar en poblados que no puedan realizar parámetros fisicoquímicos periódicamente.

Según el estudio realizado en la quebrada la Brava por medio de macroinvertebrados acuáticos en los periodos secos que van de marzo a abril y periodo de lluvia que va de mayo a junio y mediante la utilización del método Bmwp.col pudimos cerciorarnos que las aguas son de buena calidad marcando aguas clase I con rangos de 10 y 120 o mayores de 120 para aguas no contaminadas muy limpias y asignación de color azul

Con la aplicación de los análisis físicoquímicos se corroboraron los resultados obtenidos de la interpretación de los índices biológicos, donde se evidencia que la calidad del agua de la quebrada la brava es muy buena y es apta para la potabilización.

Según las estrategias para la conservación de la calidad del agua de la quebrada la Brava a pesar de que esta demuestra una buena calidad en ambos monitoreos realizados, no cabe duda que toca tener en cuenta posibles prácticas para la conservación de los suelos y la restauración y adquisición de varios predios dentro de la reserva que son claves para el excelente funcionamiento del mismo, evitando así la propagación de fronteras agrícolas y el silvopastoreo de la región, por otro lado, es de gran importancia mantener vivos aquellos relictos de bosques nativos de la reserva para implementar un banco de semillas y vivero que nos pueda brindar la oportunidad de crear reforestaciones y no hacer restauraciones con especies exóticas como se hizo en la reforestación anteriores, realizar estudios mensuales de los caudales de la quebrada en

los dos periodos del año tiempo seco y lluvia, al igual que realizar campañas para enseñar buenas prácticas agrícolas.

## 7. Recomendaciones

Realizar programas de sensibilización con las comunidades cercanas a la reserva con el fin de crear en ellas sentido de pertenencia y dependencia hacia el recurso agua realizar programas, es decir proponer educación ambiental y sensibilización acerca del recurso hídrico.

Se observa que hay presencia antrópica en el área de estudio, por tal motivo se hace necesario la compra de predios cercanos a la reserva forestal y su vigilancia para evitar la contaminación en la quebrada LA BRAVA; se debe continuar con el programa de reforestación en la reserva la cual es de gran importancia para preservar el recurso hacia el futuro, la medición de caudal nos arrojó datos importantes en el sentido que los caudales en los últimos años han venido disminuyendo razón por la cual urge adelantar con los entes competentes nuevos planes para la conservación.

Hacer un recorrido de la quebrada desde su nacimiento hasta su desembocadura de tal forma que se pueda obtener el número de conexiones presentes en toda el área, al parecer muchas de estas conexiones son utilizadas para criaderos y galpones de aves, al igual que el uso irracional del líquido para cultivar las tierras, esto con el fin de enseñar buenas prácticas agrícolas y evitar el despilfarro de agua.

La poca información que se tiene sobre el caudal de la quebrada la Brava de la reserva forestal ADAMIUAIN, sumado a los cambios presentados durante los últimos años al régimen de lluvias se hace necesario que se realice un seguimiento de todos los caudales durante el año.



Realizar estudios técnicos sobre georreferenciación cartográfica de la quebrada la brava puesto que la información cartográfica de la misma es nula.

Continuar con los estudios de monitoreo mediante diferentes índice biológicos esto con el fin de hacer análisis informativos acerca de la calidad del agua en ambas temporadas del año y así cerciorar los patrones de calidad de la misma.

## Referencias

- (Rosenberg y Resh, 1., (González y García, 1., McCafferty, 1., Roldán, 1., 1992, & García., G. y. (s.f.). Biodiversidad Faunística y Florística. Recuperado el 15 de febrero de 2016, de [http://www.cortolima.gov.co/2006/images/stories/centro\\_documentos/coello/2\\_10\\_BIODIVERSIDAD.pdf](http://www.cortolima.gov.co/2006/images/stories/centro_documentos/coello/2_10_BIODIVERSIDAD.pdf)
- ADAMIUAIN. (2012). programa de ahorro y uso eficiente del agua de la empresa ADAMIUAIN. fisico, norte de santander , ocaña. Recuperado el 13 de febrebo de 2016
- ADAMIUAIN. (20 de enero de 2016). palabras de los integrantes del proyecto. ocaña, Norte de Santander.
- ADAMIUAIN, E. t. (2014). <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/369/1/25819.pdf>. Recuperado el 12 de febrero de 2016, de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/369/1/25819.pdf>
- Agassiz. (1850). [www.elespectador.com](http://www.elespectador.com). Recuperado el 13 de febrero de 2016, de <http://www.elespectador.com/impreso/vivir/articulo-331799-rios-al-limite-de-contaminacion>.
- ASPRILLA, S. (2006). Obtenido de <[http://www.academia.edu/3820776/MACROINVERTEBRADOS\\_COMO\\_INDICADOR\\_DE\\_CALIDAD\\_DE\\_AGUA](http://www.academia.edu/3820776/MACROINVERTEBRADOS_COMO_INDICADOR_DE_CALIDAD_DE_AGUA)> p.1

BARBA HO, L. E. (2002). CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

Recuperado el 28 de FEBRERO de 2016, de

<http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/conceptos.pdf>

BASTIDAS GALVEZ, J. (s.f.). Recuperado el 3 de marzo de 2016, de

<http://www.elespectador.com/impreso/vivir/articulo-331799-rios-al-limite-de-contaminacion>.

CAMARGO, A. (2015). CAMARGO,Alonso. interuniversitario de ecología. Alcalá de Henares,

España [en línea] 2015 [Citado el 14 de enero de 2016] Disponible en:. (E.

interuniversitario de ecología. Alcalá de Henares, Ed.) Recuperado el 2016 de enero de

2016, de Users/DELL-PC/Downloads/432-829-1-SM.pdf: < file:///C:/Users/DELL-PC/Downloads/432-829-1-SM.pdf> pág. 88

ClaudiaMontes, M. b. (s.f.). Los bioindicadores como herramienta de evaluación de la calidad de

agua en uno de los afluentes del Río Combeima. Recuperado el 2 de marzo de 2016, de

<http://www.monografias.com/trabajos71/bioindicadores-herramienta-evaluacion-calidad-agua/bioindicadores-herramienta-evaluacion-calidad-agua2.shtml#ixzz42HKcqnZ6>

colombia, c. h. (s.f.). macroinvertebrados acuaticos y sus afluentes. 81. Recuperado el 27 de

febrero de 2016, de <http://macroinvertebrados-acuaticos-del-rio-combeima-y-sus-afluentes.html>

Cristo, M. (15 de febrero de 2016). recorrido quebrada la brava. reconocimiento estado de la

quebrada la barva. ocaña, norte de santander, colombia.

(s.f.). estudio tecnico e institucional del servicio de acueducto del sector norte de Ocaña

(ADAMIUAIN). Ocaña. Recuperado el 18 de febrero de 2016

Fernández, E. D. (s.f.). LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE LAS. Recuperado el 15 de febrero de 2016, de

<http://www.ub.edu/fem/docs/caps/2009%20MacroIndLatinAmcompag0908.pdf>

FERRERO, J. 1. (s.f.). Recuperado el 17 de enero de 2016, de

<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DB>

Figueroa et al. (2003). [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000200012)

[078X2003000200012](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000200012). Recuperado el 9 de abril de 2016

Garay, R. D. (2013). <https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/08/evaluacion-de-la-calidad-del-agua.pdf>. Recuperado el 15 de enero de 2016, de

<https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/08/evaluacion-de-la-calidad-del-agua.pdf>

García, N. M. (04 de 02 de 2010).

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7074/2/133290.pdf>, pdf.

Recuperado el enero de 20 de 2016, de

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7074/2/133290.pdf>

Geografía Histórica y Económica, n. d. (s.f.). geografía y otros datos ciudad de ocaña.

Recuperado el 14 de febrero de 2016, de <http://www.ciudadocana.com/ocana-datos-generales/geografia-y-otros-datos/>

GRAJALES, A. (2009). GRAJALES, Alberto. Universidad de caldas, municipio de palestina, Colombia [En línea] 2009 [Citado el 14 de enero d016] Disponible en

<http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v13n2/v13n2a06.pdf> p.1. Recuperado el 14 de

enero de 2016, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v13n2/v13n2a06.pdf> p.1

GUERRERO, F. (2002). Recuperado el 14 de enero de 2016, de GUERRERO, Francisco. Acta Biológica Colombiana. Magdalena [

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26670>

industriales, E. s. (s.f.). ESCUELA superior de ingenieros industriales. Contaminación de ríos y lagos. Universidad de Navarra [en línea] (s.f) [Citww4.tecnun.es. Recuperado el 18 de enero de 2016, de

<<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgua/130RioLa.htm>>

KOLWITZ, R. Y. (1808). wordpress.com. Recuperado el 13 de enero de 2016, de

[https://kmo7.files.wordpress.com/2014/08/ecologia\\_macroinvertebrados.pdf](https://kmo7.files.wordpress.com/2014/08/ecologia_macroinvertebrados.pdf)

KOLWITZ, R. Y. (s.f.).

[https://kmo7.files.wordpress.com/2014/08/ecologia\\_macroinvertebrados.pdf](https://kmo7.files.wordpress.com/2014/08/ecologia_macroinvertebrados.pdf). Recuperado el 14 de enero de 2016, de

[https://kmo7.files.wordpress.com/2014/08/ecologia\\_macroinvertebrados.pdf](https://kmo7.files.wordpress.com/2014/08/ecologia_macroinvertebrados.pdf)

Monica, S. (2010). www.scielo.sa. Recuperado el 13 de enero de 2016, de <

[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000800003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000800003&script=sci_arttext)>

p.1

SAm\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\_hidrologica.pdf>p.11

Orjuela et al., P. Q. (2011). Repositorio Institucional UMNG. (U. M. Granada, Ed.) Recuperado el 23 de marzo de 2016, de Repositorio Institucional UMNG Web site:

<http://hdl.handle.net/10654/4742>

PAEZ GARCIA, L. E. (02 de abril de 2012).

[https://es.wikipedia.org/wiki/Oca%C3%B1a\\_\(Norte\\_de\\_Santander\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Oca%C3%B1a_(Norte_de_Santander)). Recuperado el 08 de mayo de 2016, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Oca%C3%B1a\\_\(Norte\\_de\\_Santander\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Oca%C3%B1a_(Norte_de_Santander))

PÁEZ QUINTERO, G. A. (2013). <http://www.ciudadocana.com/ocana-datos-generales/geografia-y-otros-datos>. Recuperado el 18 de enero de 2016

PÁEZ QUINTERO, G. A. (s.f.). PÁEZ QUINTERO, Gustavo Adolfo. Geografía y otros datos. Geografía Histórica y Económica de Norte de Santander [en línea] (s.f) [citad:<<http://www.ciudadocana.com/ocana-datos-generales/geografia-y-otros-datos>> p.1. Recuperado el 18 de enero de 2016, de <<http://www.ciudadocana.com/ocana-datos-generales/geografia-y-otros-datos>> p.1

Parra, O. (1992). Escenario del sistema cuenca del río Biobío y aporte del proyecto EULA a su desarrollo sustentable (Vol. Volumen 2). Chile. Recuperado el 9 de abril de 2016

PÉREZ ROLDAN, G. R. (s.f.). Recuperado el 18 de enero de 2016

PMA, 2. A. (12 de junio de 2014). prezi. Recuperado el 09 de febrero de 2016, de [https://prezi.com/\\_hhveqidq9-8/plan-de-manejo-ambiental-en-el-area-protegida-adamiuain/](https://prezi.com/_hhveqidq9-8/plan-de-manejo-ambiental-en-el-area-protegida-adamiuain/)

Posada et al. (2000). <http://revistas.ucr.ac.cr>. Recuperado el 9 de abril de 2016, de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/viewFile/18151/18386>

PRADA, N., & RIERADEVALL, M. (s.f.). PRADA, Narcis; RIERADEVALL, Maria. Los macro invertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Universidad de Barcelona [En línea] (s.f.)

[Cit<<http://www.ub.edu/fem/docs/caps/2009%20MacroIndLatinAmcompag0>.

Recuperado el 17 de 01 de 2016, de

<<http://www.ub.edu/fem/docs/caps/2009%20MacroIndLatinAmcompag0>

Pringle, C. (2000). Global perspectives on river conservation: Science, Policy and Practice. Inglaterra. Recuperado el 9 de abril de 2016

Quintero, G. A. (s.f.). geografía y otros datos Ocaña norte de santander. Recuperado el 15 de febrero de 2016, de <http://www.ciudadocana.com/ocana-datos-generales/geografia-y-otros-datos/>

ROJAS, E. A. (2014). Repositorios ufpso. Recuperado el febrero de 15 de 2016, de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/369/1/25819.pdf>

Roldán et al., G. (1973). Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. Actualidades Biológicas. Recuperado el 9 de abril de 2016

ROLDAN PEREZ, G. (1999). [www.acefyn.org.co](http://www.acefyn.org.co). Recuperado el 14 de enero de 2016, de :<[www.acefyn.org.co/revista/vol\\_23/88/375-387.pdf](http://www.acefyn.org.co/revista/vol_23/88/375-387.pdf)>

ROLDAN PEREZ, G. (1999). [www.acefyn.org.co](http://www.acefyn.org.co). Recuperado el 14 de enero de 2016, de :<[www.acefyn.org.co/revista/vol\\_23/88/375-387.pdf](http://www.acefyn.org.co/revista/vol_23/88/375-387.pdf)>

# Apéndices



## Apéndice a: Graficas de precipitación

### Precipitación de marzo 30 y 31 del 2016

#### Weather History for Ocaña, NORTE DE SANTANDER [INORTEDE24]

[← Previous](#)
Daily Mode [▼](#)
Marzo [▼](#)
30 [▼](#)
2016 [▼](#)
[View](#)

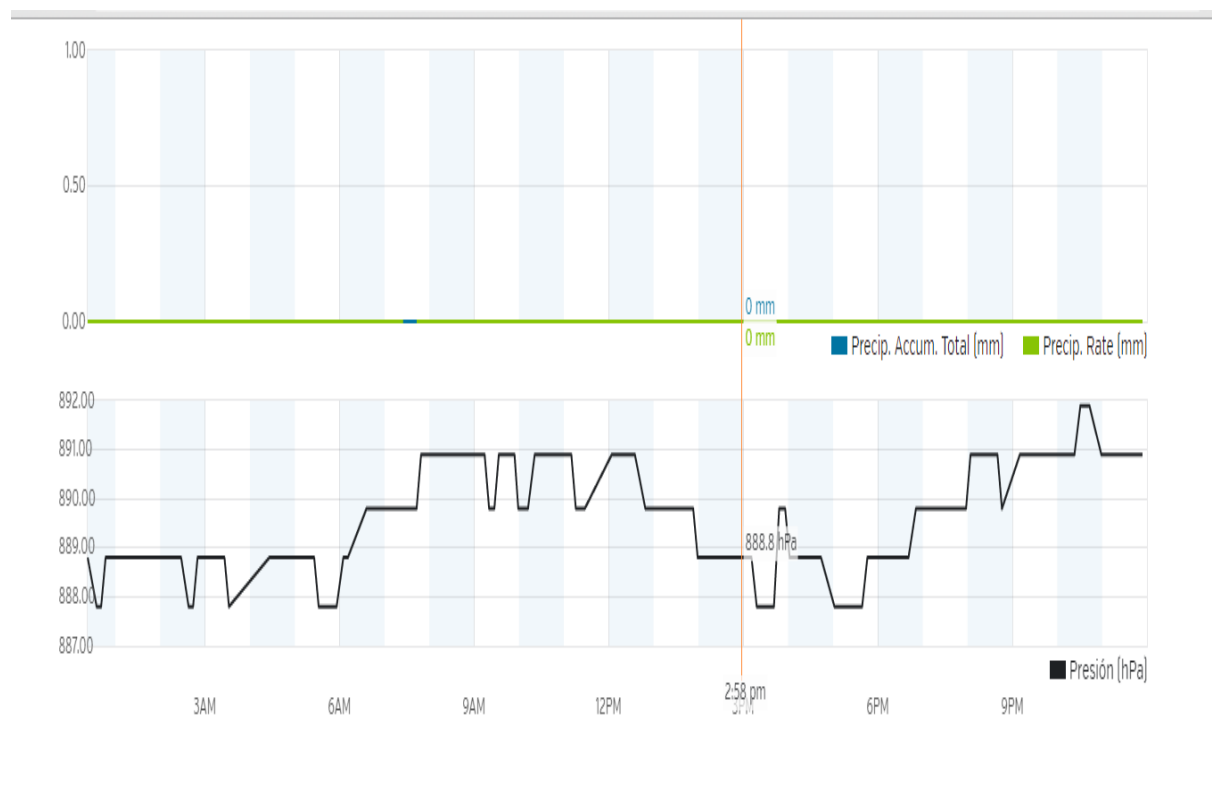
#### Summary March 30, 2016

	High	Low	Average
Temperatura	29.9 ° C	20 ° C	23.7 ° C
Punto de rocío	20.5 ° C	16.5 ° C	18.7 ° C
Humedad	91%	46%	76%
Precipitación	0 mm	--	--

	High	Low	Average
Velocidad del viento	17 km/h	--	3 km/h
Ráfagas de viento	20 km/h	--	--
Dirección del viento	--	--	North
Presión	892 hPa	888 hPa	--

[Graphs](#)
[Table](#)

#### Weather History Graph March 30, 2016



## Weather History for Ocaña, NORTE DE SANTANDER [INORTEDE24]

[Previous](#)

Daily Mode

Marzo

31

2016

[View](#)

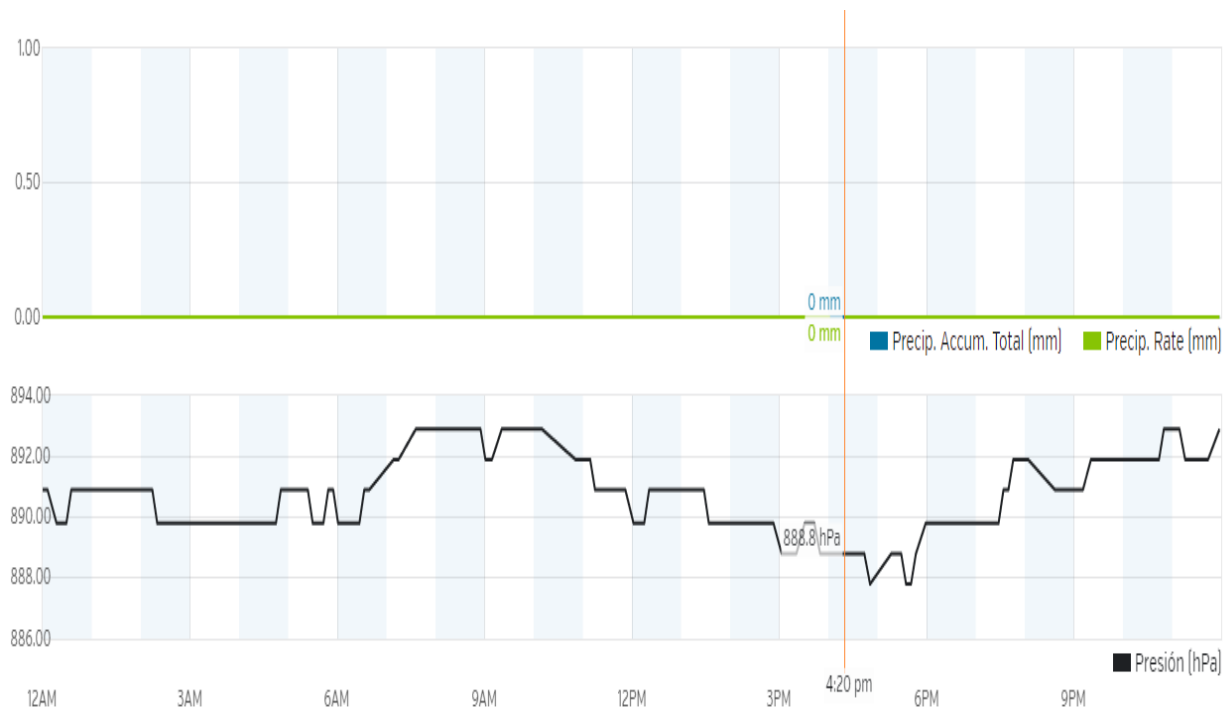
### Summary March 31, 2016

	High	Low	Average
Temperatura	27.7 ° C	20.7 ° C	23.5 ° C
Punto de rocío	20.7 ° C	17 ° C	19.4 ° C
Humedad	94%	55%	79%
Precipitación	0 mm	--	--

	High	Low	Average
Velocidad del viento	15 km/h	--	3 km/h
Ráfagas de viento	21 km/h	--	--
Dirección del viento	--	--	NE
Presión	893 hPa	888 hPa	--

[Graphs](#) [Table](#)

### Weather History Graph March 31, 2016



## Precipitación abril 15 del 2016

### Weather History for Ocaña, NORTE DE SANTANDER [INORTEDE24]

[Previous](#)

Daily Mode

Abril

15

2016

[View](#)

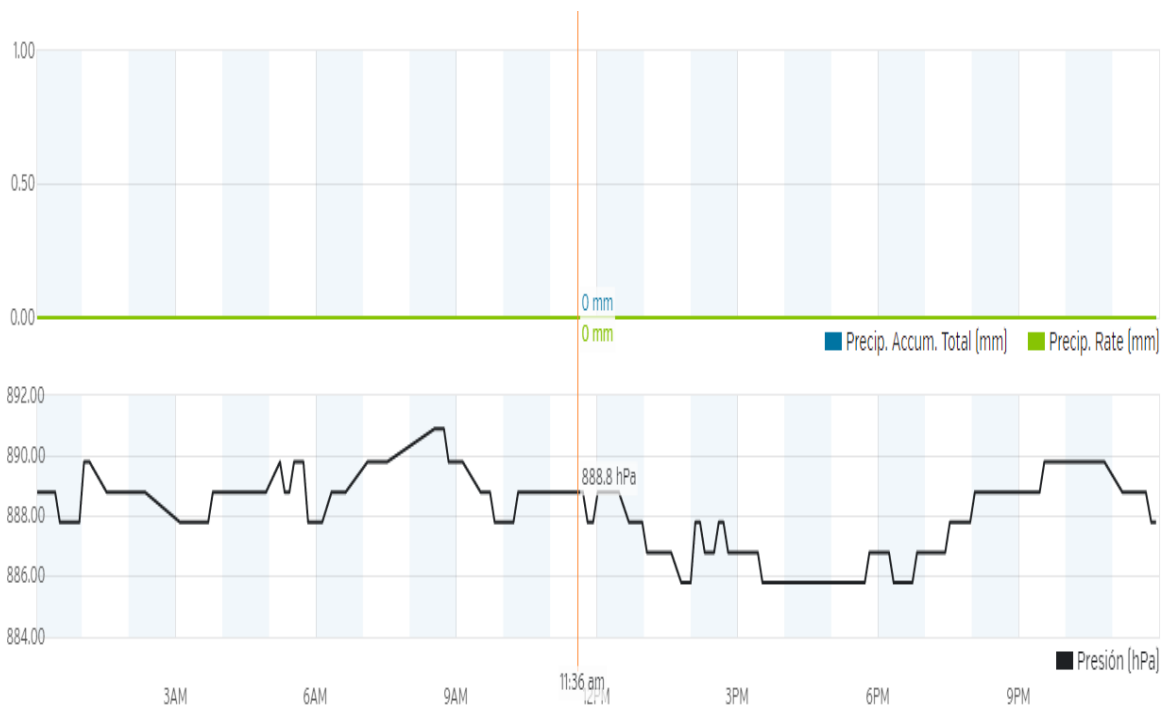
#### Summary April 15, 2016

	High	Low	Average
Temperatura	28.3 ° C	16.7 ° C	22.4 ° C
Punto de rocío	20 ° C	16.2 ° C	18.6 ° C
Humedad	98%	57%	80%
Precipitación	0 mm	--	--

	High	Low	Average
Velocidad del viento	26 km/h	--	6 km/h
Ráfagas de viento	28 km/h	--	--
Dirección del viento	--	--	NE
Presión	891 hPa	886 hPa	--

[Graphs](#) [Table](#)

#### Weather History Graph April 15, 2016



## Precipitación mayo 10 del 2016

### Weather History for Ocaña, NORTE DE SANTANDER [INORTEDE24]

[Previous](#)
Daily Mode
Mayo
10
2016
View

#### Summary May 10, 2016

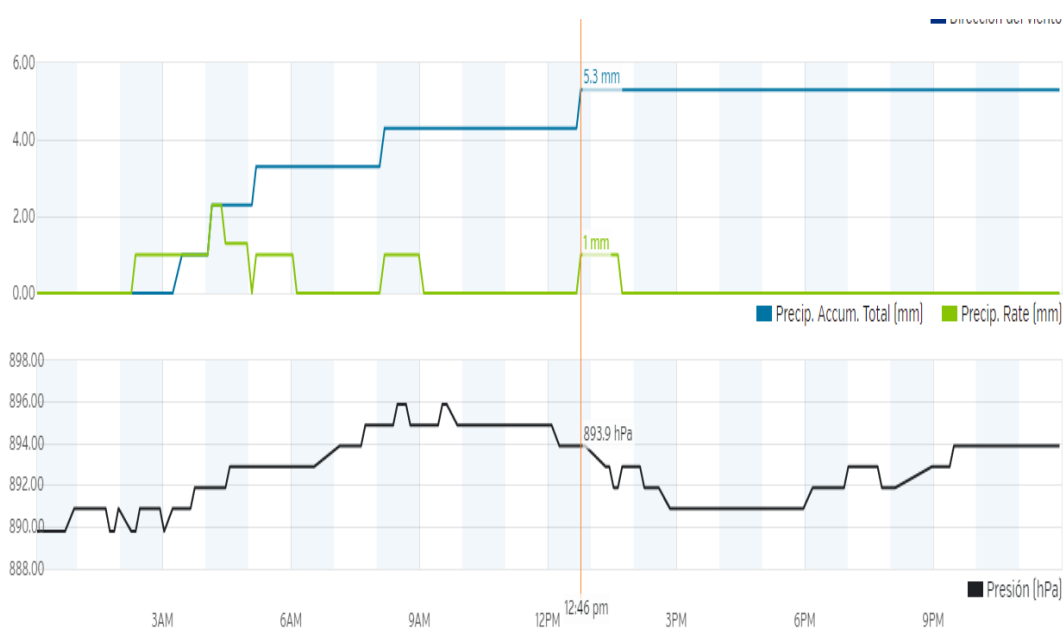
	High	Low	Average
Temperatura	22.4 ° C	18 ° C	19.5 ° C
Punto de rocío	19.8 ° C	17.5 ° C	18.3 ° C
Humedad	97%	81%	93%
Precipitación	5.3 mm	--	--

	High	Low	Average
Velocidad del viento	13 km/h	--	2 km/h
Ráfagas de viento	13 km/h	--	--
Dirección del viento	--	--	NNE
Presión	896 hPa	890 hPa	--

[Graphs](#)
Table

#### Weather History Graph May 10, 2016



## Precipitación junio 09 del 2016

### Weather History for Ocaña, NORTE DE SANTANDER [INORTEDE24]

[Previous](#)

Daily Mode

Junio

9

2016

[View](#)

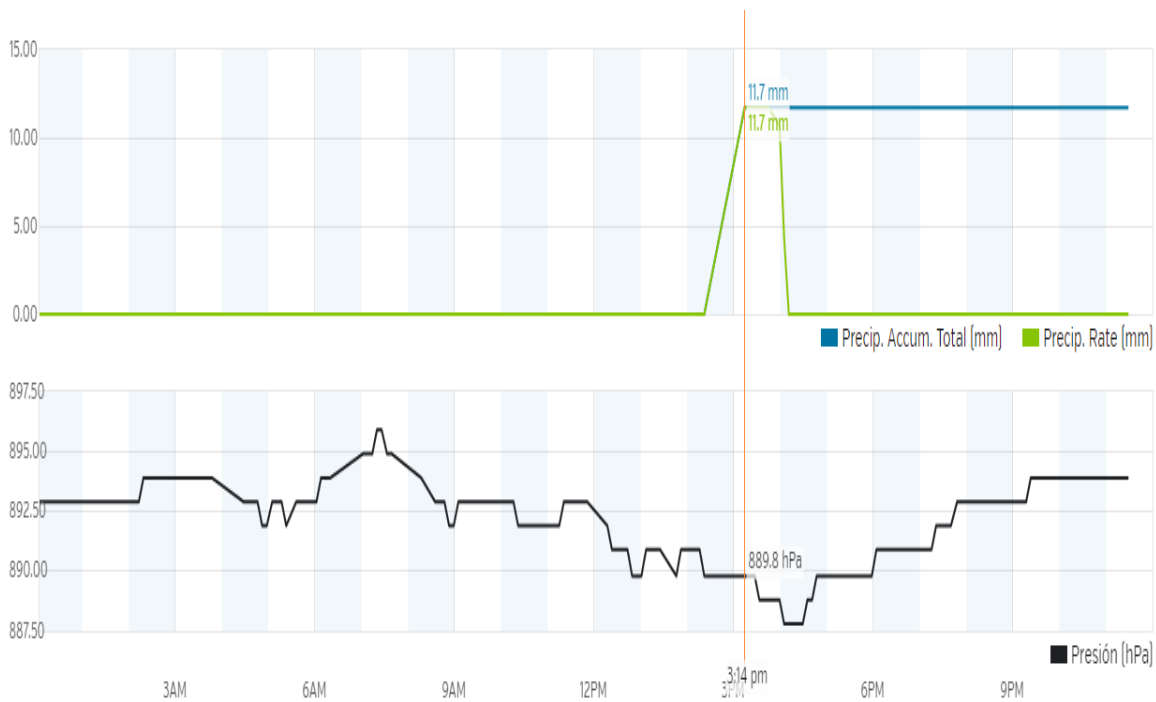
#### Summary June 9, 2016

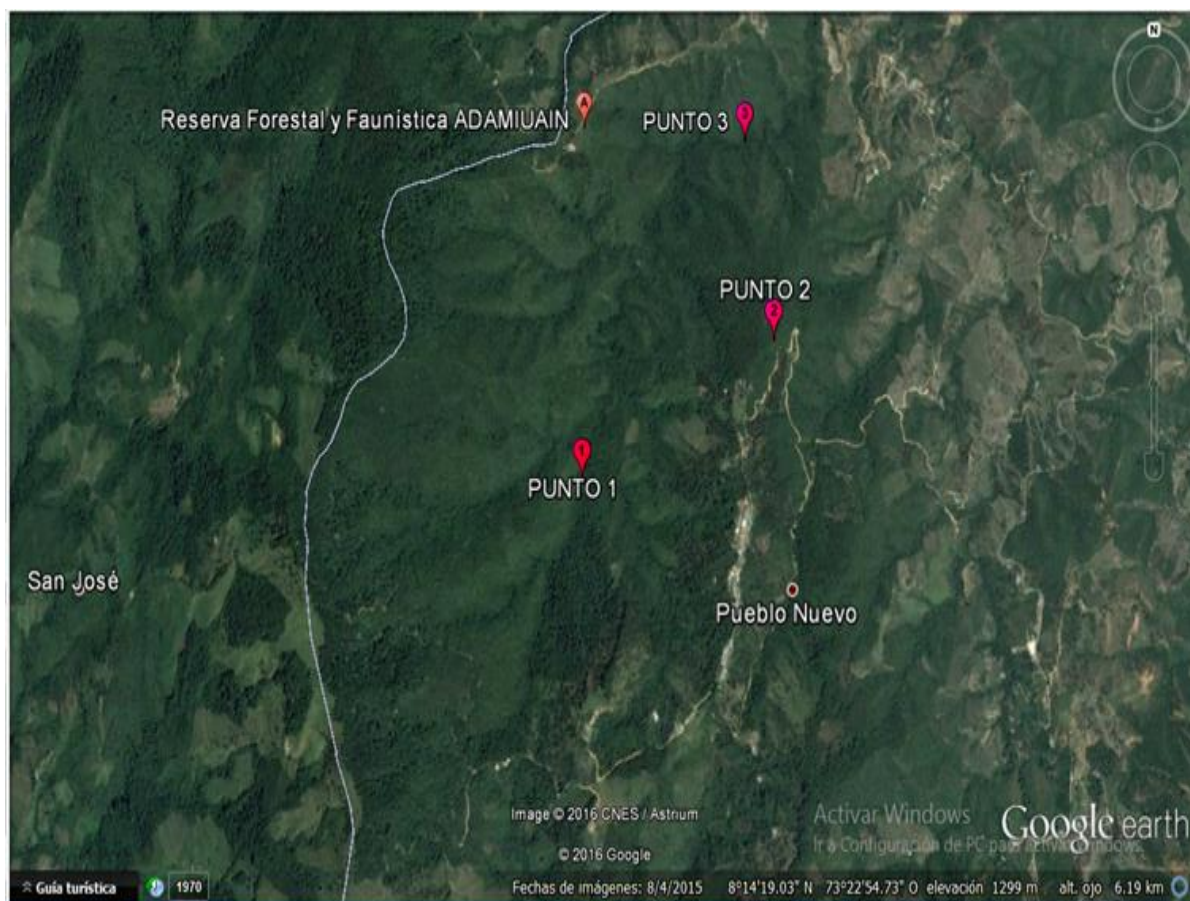
	High	Low	Average
Temperatura	29.1 ° C	19 ° C	21.7 ° C
Punto de rocío	20.6 ° C	16.8 ° C	18.8 ° C
Humedad	97%	55%	84%
Precipitación	11.7 mm	--	--

	High	Low	Average
Velocidad del viento	0 km/h	--	0 km/h
Ráfagas de viento	0 km/h	--	--
Dirección del viento	--	--	North
Presión	896 hPa	888 hPa	--

[Graphs](#) [Table](#)

#### Weather History Graph June 9, 2016



**Apéndice b.** foto satelitales zonas de muestreo.

**Apéndice c.** fotografías de las 3 zonas de muestreo.

Fotografía de la zona 1 quebrada la Brava.



Fuente: autores del proyecto.

Fotografía de la zona 2 quebrada la Brava.



Fuente: autores del proyecto.



Fotografía de la zona 3aguas debajo de la bocatoma de ADAMIUAIN quebrada la Brava.



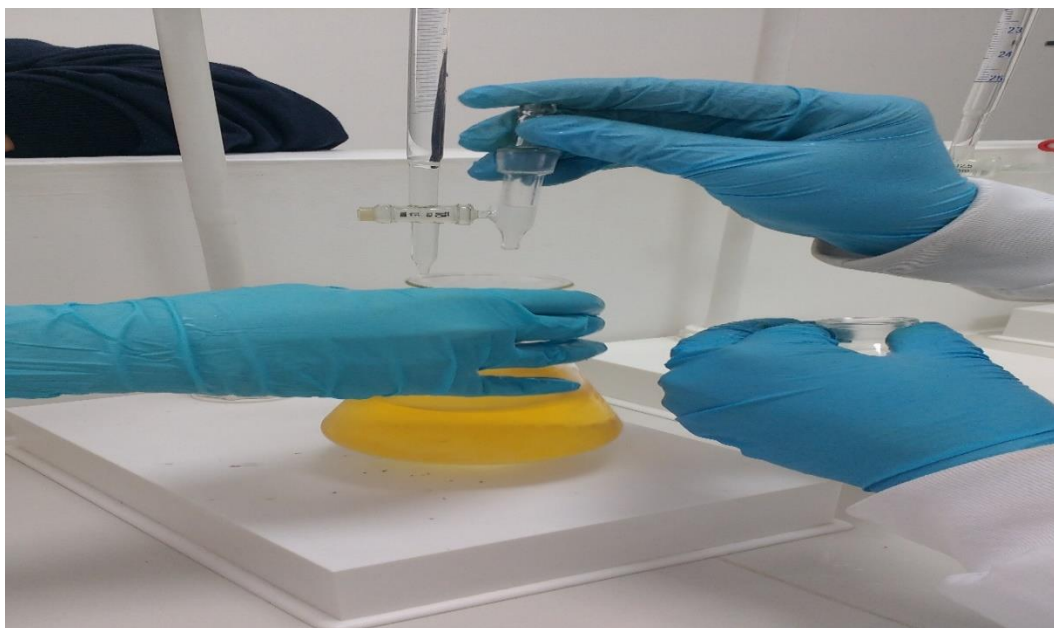
Fuente: autores del proyecto.

### Apéndice d. pruebas del laboratorio

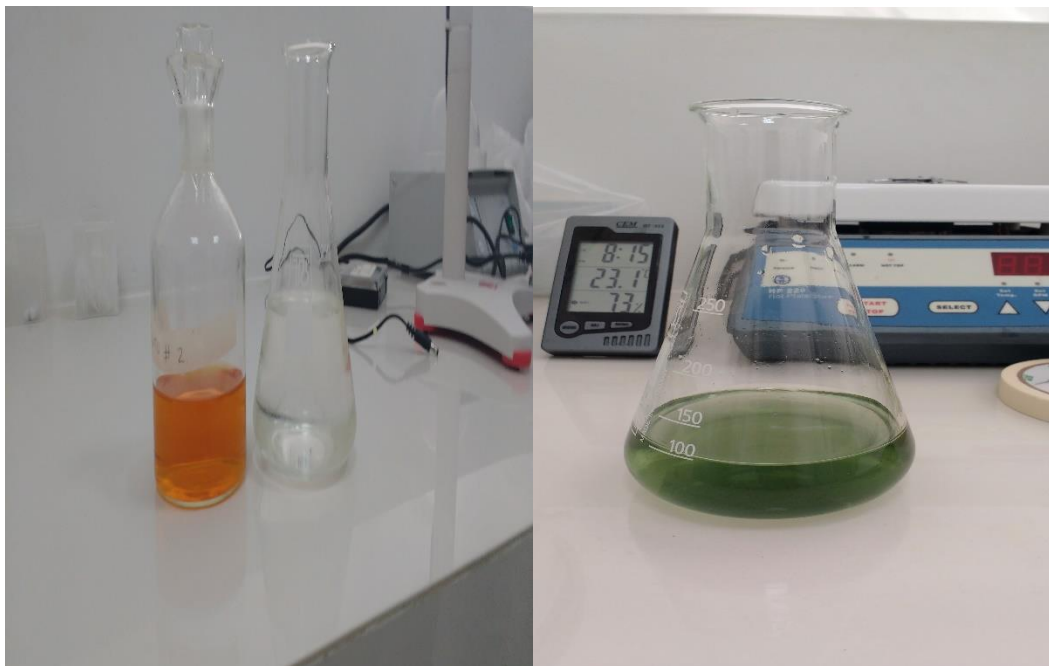
Prueba fisicoquímica de oxígeno disuelto para las 3 zonas, laboratorio de aguas U.F.P.S.O



Titulación de pruebas fisicoquímicas en el laboratorio de aguas de la U.F.P.S.O



Fuente: autores del proyectyo.



Prueba fisicoquímica del color del agua de la quebrada la Brava.



Fuente: autores del proyecto.

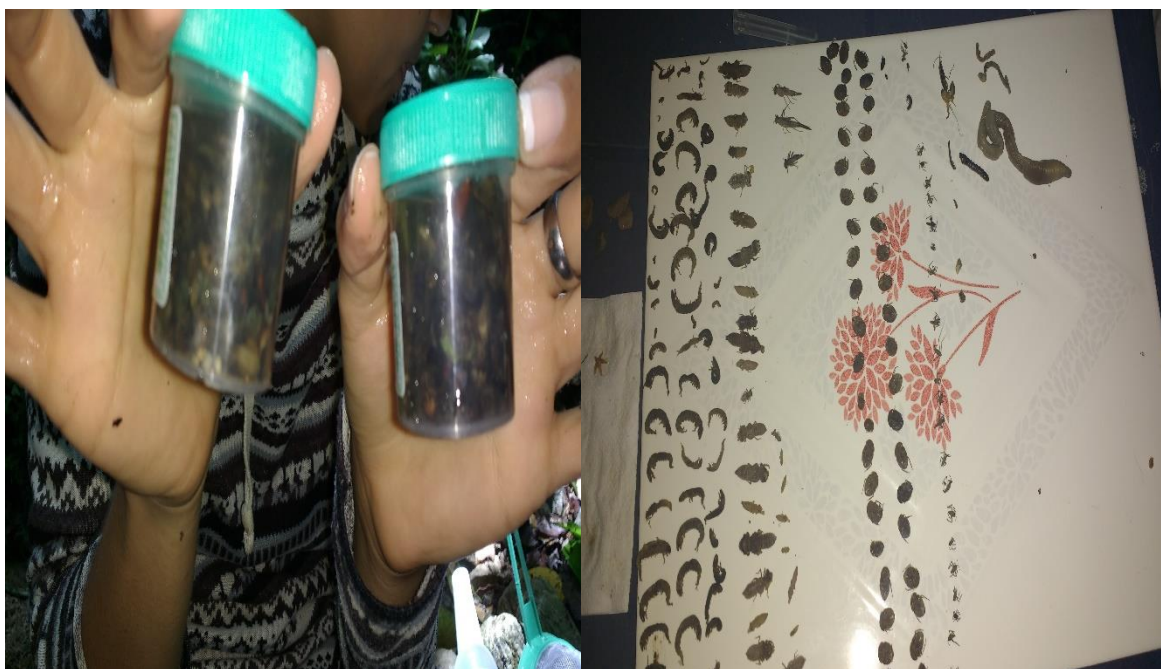
Pruebas fisicoquímicas del agua de la quebrada la Brava en los laboratorios de aguas y biología de la ufso.





Fuente: autores del proyecto.

Clasificación de grupos de macroinvertebrados acuáticos en el laboratorio de biología de la U.F.P.S.O





Fuente: autores del proyecto.

**Apéndice e.** Toma de muestras biológicas en la quebrada la Brava.





