

Evaluación de la calidad del agua del humedal Ciénaga Juan Esteban, utilizando la metodología BMWP/Col. comuna 4, municipio de Barrancabermeja.

Jairo Pedraza Álvarez

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Maestría en Ingeniería Ambiental

Bucaramanga

2014

Evaluación de la calidad del agua del humedal Ciénaga Juan Esteban, utilizando la metodología BMWP/Col. comuna 4, municipio de Barrancabermeja.

Jairo Pedraza Álvarez

Trabajo de aplicación para optar al título de Magister en Ingeniería Ambiental.

Director

Javier Darío Burgos Salcedo

Biólogo, MSc.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Maestría en Ingeniería Ambiental

Bucaramanga

2014

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Planteamiento del problema	15
1.1 Justificación	16
2. Hipótesis	17
3. Objetivos	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos específicos	18
4. Marco Teórico	19
4.1 Causas	20
4.2 Consecuencias	21
4.3 Marco legal	22
5. Metodología	23
5.1 Localización	23
5.2 Zona de vida a la cual pertenece el área objeto de estudio	25
5.3 Aspectos florísticos	25
5.3.1 <i>Principales coberturas vegetales presentes en el humedal Juan Esteban</i>	25
5.4 Diseño metodológico	26
5.4.1 <i>Etapa 1. Acopio de información</i>	26
5.4.2 <i>Etapa 2. Trabajo de campo</i>	26
5.4.3 <i>Etapa 3. Alternativas sociales, técnicas y ambientales</i>	29
5.5 Análisis de datos	30
6. Resultados y discusión	32
6.1 Características Físicoquímicas	32
6.2 Análisis físicoquímico y microbiológico. 2014.	34

6.3 Análisis resultados caracterización físico-química y microbiológica 2014	38
6.4 Análisis resultados diversidad de especies	53
6.5 Evaluación cuantitativa del espejo o lámina de agua del humedal	67
6.6 Matriz de evaluación de impacto Battelle Columbus	70
6.7 Resumen de resultados Matriz Battelle Columbus	73
6.8 Alternativas sociales, técnicas y ambientales	74
7. Conclusiones	78
8. Recomendaciones	80
Bibliografía	81
Apéndices	84

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Mapa de la comuna 4</i>	23
Figura 2. <i>Espejo de agua del humedal ciénaga Juan Esteban</i>	24
Figura 3. <i>Apartamentos construidos en la orilla del humedal</i>	24
Figura 4. <i>Toma de datos en campo</i>	29
Figura 5. <i>Oxígeno disuelto, DQO y DBO</i>	39
Figura 6. <i>pH</i>	40
Figura 7. <i>Turbiedad</i>	41
Figura 8. <i>Película aceitosa en el espejo de agua</i>	43
Figura 9. <i>Medición de la zona fótica con el disco secchi</i>	44
Figura 10. <i>Registro fotográfico de los macroinvertebrados encontrados</i>	53
Figura 11. <i>Curva de acumulación de especies</i>	54
Figura 12. <i>Índice de Margalef</i>	55
Figura 13. <i>Índice de similitud de Jaccard en los sitios de muestreo de la ciénaga humedal Juan Esteban</i>	56
Figura 14. <i>Diversidad de géneros</i>	58
Figura 15. <i>Diversidad de órdenes</i>	59
Figura 16. <i>Porcentajes de las principales familias de macroinvertebrados encontrados en el Humedal Juan Esteban</i>	60
Figura 17. <i>Índice de abundancia de Simpson</i>	61

Figura 18. <i>Índice de equidad de Shannon Wiener</i>	62
Figura 19. <i>Curva de rango-abundancia de los macroinvertebrados presentes en el humedal ciénaga Juan Esteban</i>	63
Figura 20. <i>Resultados de la calidad del agua evaluados por el método BMWP.Col</i>	64
Figura 21. <i>Resultados de la calidad del agua expresados como ASPT (Average score per taxa)</i>	66
Figura 22. <i>Medición del espejo de agua a través del estereoscopio de espejo</i>	68
Figura 23. <i>Disminución del espejo de agua</i>	69

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Resultados fisicoquímicos y microbiológico de cuatro muestreos (2002, 2011, 2012 y 2014) realizados en la ciénaga humedal Juan Esteban	33
Tabla 2. Puntos Muestreados	34
Tabla 3. Sitios medidos con el disco Secchi	44
Tabla 4. Parámetros medidos en los sitios de muestreo para el análisis del método de bioindicación	46
Tabla 5. Registro de especies encontradas	50
Tabla 6. Interpretación de los valores BMWP/Col.	65
Tabla 7. Disminución del espejo de agua (análisis multitemporal)	69
Tabla 8. Matriz Battelle Columbus	70
Tabla 9. Resultado compilado de las dos categorías del SEA Battelle	73
Tabla 10. Alternativas Sociales.	75
Tabla 11. Alternativas técnicas	75
Tabla 12. Alternativa ambiental 1	76
Tabla 13. Alternativa ambiental 2	77

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos	84

RESUMEN

Título: Evaluación de la calidad del agua del humedal Ciénaga Juan Esteban, utilizando la metodología BMWP/Col. comuna 4, municipio de Barrancabermeja.

Autor: Jairo Pedraza Álvarez**

Palabras Claves: Bioindicacion, Macroinvertebrados, Estrategias, Humedal

Descripción

El humedal ciénaga Juan Esteban se encuentra ubicado en la comuna cuatro, sector suroriental del municipio de Barrancabermeja, las problemáticas ambientales que hoy por hoy presenta este ecosistema natural, comenzaron a principios de la década de los ochenta, cuando en las orillas del humedal se dieron inicio los procesos de conurbación, en forma acelerada y con una marcada deficiencia en la planificación.

Su localización en la franja limítrofe entre lo urbano y rural ha sido una gran desventaja, el humedal se ha convertido en el patio trasero de los asentamientos urbanos posicionados en sus orillas, muchos de ellos en la ronda de protección. Descargas de aguas residuales domésticas, disposición final de residuos sólidos, explotación indiscriminada del recurso pesquero y faunístico, han sido las actividades antrópicas que han menoscabado y alterado la estructura, funcionamiento y dinámica del humedal.

La presente evaluación de la calidad del agua se realizó utilizando el método de bioindicación BMWP / Col, también se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y microbiológica, igualmente se cuantificó en hectáreas la superficie del espejo de agua, las prácticas anteriormente mencionadas permitieron conocer el nivel de contaminación en el cual se encuentra inmerso el humedal ciénaga Juan Esteban.

* Trabajo de aplicación

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas Escuela de Ingeniería Química Maestría en Ingeniería Ambiental
Director Javier Darío Burgos Salcedo

ABSTRACT

Title: Evaluation of the quality of the water of the wetland Marsh Juan Esteban, using the methodology BMWP/Col. commune 4, Barrancabermeja's municipalit.*

Author: Jairo Pedraza Álvarez**

Key words: Bioindicacion, Macroinvertebrates, Strategies, Wetland

Description

The wetland marsh Juan Esteban is located in the commune four, sector suroriental of the municipality of Barrancabermeja, the problematic environmental ones that today per today presents this natural ecosystem, they began at the beginning of the decade of the eighties, when in the shores of the wetland they were given I initiate the processes of conurbación, in intensive form and with a marked deficiency in the planning.

His location in the bordering band between the urban and rural thing has been a great disadvantage, the wetland has turned into the back court of the urban accessions positioned in his shores, many of them into the protection round. You come out of domestic waste water, final disposition of solid residues, indiscriminate exploitation of the resource ' fishing boat and faunístico, they have been the activities antrópicas that have reduced and altered the structure, functioning and dynamics of the wetland.

The present evaluation of the quality of the water was realized using the method of bioindicación BMWP / Cabbage, also there was carried out the physicochemical and microbiological characterization, equally the surface of the water mirror was quantified in hectares, the practices previously mentioned allowed to know the level of pollution in which Juan Esteban is immersed the wetland marsh.

* Work of application

** Faculty of Physicochemical Engineerings School of Chemical Engineering Mastery in Environmental Engineering Director Javier Darío Burgos Salcedo

Introducción

Barrancabermeja tiene el privilegio de poseer en su jurisdicción, la mayoría de los ecosistemas de clima cálido, pero quizás uno de los ecosistemas más productivos, que se encuentran en el municipio en la zona urbana y rural, que ofertan bienes y servicios ambientales son los humedales, definidos por la convención de Ramsar (Irán) de la siguiente manera. “Son humedales aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.”

El desconocimiento del valor y la importancia de las funciones de los humedales, por parte de los habitantes hace más de medio siglo, influyó para que se creara una cultura que con el pasar del tiempo redundara en deterioro y menoscabo para éstos ecosistemas acuáticos.

Ante el crecimiento poblacional desmesurado y la deficiencia de programas de vivienda institucional, los humedales urbanos del puerto petrolero aparecieron como alternativa para la construcción de vivienda, en la mayoría de los casos sin ninguna planificación, comenzaron entonces los cambios de uso del suelo para ganar espacio al humedal; terraplenes, diques, muros, canales de drenaje, gaviones, etc. Fueron entre otras las principales obras que se implementaron.

En esas condiciones los humedales urbanos de Barrancabermeja se convirtieron en cajas receptoras de todo tipo de desechos, descargas de aguas residuales domésticas, situación que con el paso del tiempo ha desencadenado problemáticas ambientales reflejadas en; Sedimentación, desecación, turbiedad, pérdida del espejo o lámina de agua, eutrofización, disminución del recurso pesquero, como también agotamiento de los recursos flora y fauna del humedal.

El presente trabajo evaluó la calidad del agua del humedal ciénaga Juan Esteban, utilizando el método Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col), igualmente se realizaron caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas, además se cuantificó la superficie de espejo de agua y finalmente se plantearon alternativas sociales, técnicas y ambientales encaminadas a la mitigación y corrección de impactos.

1. Planteamiento del problema

Más de quince barrios se encuentran posicionados en la periferia del humedal Juan Esteban, entre los cuales se destacan Barrio Buenavista, El castillo, La península, El palmar, Villa Rosa, bellavista, las nieves, Galán, Limonar, cincuentenario, los lagos, la liga, bellavista, Miradores del limonar, y El refugio.

La problemática ambiental que tiene el humedal se traduce en afectación de la calidad del agua y agotamiento de ciertos recursos a saber; flora, fauna, recurso pesquero, sin embargo, todo este cambio que viene ocurriendo en el humedal ha producido hasta ahora perturbación severa, y no transformación total en el ecosistema natural acuático.

Los procesos de conurbación son quizás el punto de partida de las alteraciones y afectaciones ambientales sobre este ecosistema acuático, debido a que muchos barrios realizan directamente las descargas de aguas residuales al humedal, generando procesos de sedimentación y eutrofización los cuales degradan la calidad del agua del humedal ciénaga Juan Esteban.

No existen en la actualidad políticas públicas de la administración municipal plasmadas en el plan de ordenamiento territorial que prioricen la necesidad de proteger, preservar y conservar el humedal.

1.1 Justificación

Es importante evaluar la calidad del agua de los ecosistemas acuáticos para establecer la capacidad de uso y manejo sostenible, la herramienta metodológica de bioindicación BMWP/Col, permite conocer el grado de contaminación de los cuerpos hídricos, además las caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas complementan y refuerzan los resultados al momento de diagnosticar la calidad del recurso hídrico.

El presente trabajo de aplicación permitió conocer el estado actual del recurso agua, a partir de este conocimiento, se diseñaron estrategias o alternativas sociales, técnicas y ambientales encaminadas a la mitigación y corrección de alteraciones en el humedal ocasionadas por la actividad antrópica.

De igual manera, el presente trabajo servirá como referente para la realización de futuros trabajos de evaluación, en ecosistemas acuáticos similares al humedal ciénaga Juan Esteban.

2. Hipótesis

La utilización del método Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col), complementado con caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas en el humedal ciénaga Juan Esteban permitirá evaluar la calidad del agua.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del agua del humedal ciénaga Juan Esteban utilizando el método BMWP/Col.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas como complemento del diagnóstico de la calidad del agua del humedal ciénaga Juan Esteban.
- Cuantificar la superficie de espejo de agua a través de la metodología de fotointerpretación
- Determinar impactos que generen perturbación severa o transformación total en el humedal, mediante la implementación de una matriz ambiental cuantitativa.
- Plantear alternativas sociales, técnicas y ambientales que mitiguen y corrijan alteraciones en el humedal, ocasionadas por la actividad antrópica.

4. Marco Teórico

Colombia tiene cerca de veinte millones (20.000.000) de hectáreas de humedales representados por ciénagas, pantanos, turberas, madre viejas, lagunas, sabanas y bosques inundados, los cuales proveen bienes y servicios para el desarrollo de las actividades económicas, así como a las comunidades locales (Fundación Alma y Ecopetrol, 2012).

En total entre ciénagas y otros cuerpos similares existen 5.622.750 hectáreas, los cuales se encuentran principalmente en los Departamentos de Bolívar y Magdalena. Las lagunas representan cerca de 22.950 hectáreas y las sabanas inundables cubren una superficie total aproximada de 9.255.475 hectáreas, ubicadas en los departamentos de Amazonas, Guainía y Guaviare. Los bosques inundables representan aproximadamente 5.351.325 de hectáreas y se localizan en la Orinoquia, Amazonia, bajo Magdalena y en menor medida en la zona pacífica (Ministerio de ambiente, 2006).

La región del Magdalena Medio es la frontera de cuatro departamentos (Antioquia, Santander, Bolívar y Cesar), articulados por el río Magdalena a lo largo de 22 municipios ribereños desde Puerto Nare (Antioquia), hasta regidor en el sur de Bolívar, los cuales poseen diferentes complejos cenagosos. Aproximadamente el 40% de los humedales del río Magdalena se encuentran en la parte media de la cuenca. Los humedales o complejos cenagosos del río Magdalena por su conformación se consideran ribereños y/o palustres (generados por la dinámica de divagación del río) y conforman todo un sistema conexo al río. (Fundación Alma y Ecopetrol, 2012).

En la mayoría de los municipios que poseen humedales en la parte urbana, los procesos de conurbación son el punto de partida u origen de las problemáticas ambientales, los manejos inadecuados de aguas residuales y residuos sólidos han ocasionado sedimentación, eutrofización, disminución del espejo del agua.

A lo anterior podemos sumar la presión que ejercen los pobladores sobre los recursos naturales a saber; Flora y fauna, quienes a través de la tala, caza y pesca desmesurada han venido esquilmando tales recursos, aumentando de ésta manera los niveles de pérdida de la biodiversidad en los humedales. (Pedraza. J, 2008).

En términos generales se esbozan causas y consecuencias de problemáticas generadas en los humedales, muy similares en toda la región del Magdalena Medio.

4.1 Causas

- La Apropiación ilegal de áreas de humedales (playones y áreas de ronda) para asentamientos urbanos, potrerización y desarrollos agroindustriales y mineros.
- La Construcción de infraestructura tipo vías, compuertas, diques, terraplenes, bocas, alterando y obstruyendo la dinámica hidrológica y biológica del río y su sistema de humedales.
- El Uso indebido de métodos de pesca como el palizado, zangarreo, capturas en los caños, en épocas de reproducción y por debajo de las tallas mínimas.
- El Uso de artes de pesca ilegales como el trasmallo (deslizado), mallón y chinchorra, entre otros.

- La pérdida del 90% de las coberturas vegetales de los humedales.
 - El 70% de los humedales de la región están sedimentados y contaminados.
 - El 90% de los pescadores están marginados del mercado, los intermediarios regulan los precios y la comercialización, creando dependencia económica, dando créditos e insumos a los pescadores.
- Desarticulación institucional e incipiente aplicación de la norma (Fundación alma y Ecopetrol, 2012).

4.2 Consecuencias

- Desaparición de los Humedales
- Pérdida funcional y de servicios ambientales del humedal.
- Sedimentación, colmatación y contaminación.
- Deterioro de la economía local y regional.
- Menoscabo de la calidad de vida de sus comunidades, en particular de pescadores artesanales por extinción de recursos pesqueros.
- Amenazas y persecución a líderes de pescadores artesanales.
- Pérdida de una cultura en formación. (Fundación Alma y Ecopetrol, 2012)

4.3 Marco legal

La normatividad básica ambiental que regula el manejo, conservación y protección de los humedales en Colombia empieza por la constitución política de 1991, artículo 79, donde reza. “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano”.

Igualmente el decreto 2811 de 1974, Código Nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente, es la carta de navegación en materia de manejo y conservación de los humedales.

Las resoluciones más recientes en materia de normatividad en pro de los humedales son:

Resolución N° 196 de febrero 1 de 2006. Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia.

Resolución N° 157 de febrero 12 de 2004. Por la cual se reglamentan el uso sostenible, conservación y manejo de humedales y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en aplicación de la Convención de Ramsar.

5. Metodología

5.1 Localización

El humedal ciénaga Juan Esteban se encuentra ubicado al sur-este del área urbana, comuna 4 del Municipio de Barrancabermeja (ver figura 1), en su periferia se ubican los barrios; Villa rosa, almendros, bosques de la cira, Los lagos, Las nieves, José Antonio galán, El palmar, Bellavista, La colmena, El bosque, El limonar, Miradores del limonar, La toca, El castillo, La liga, El refugio, Buenavista y La península (ver Figuras 2 y 3).

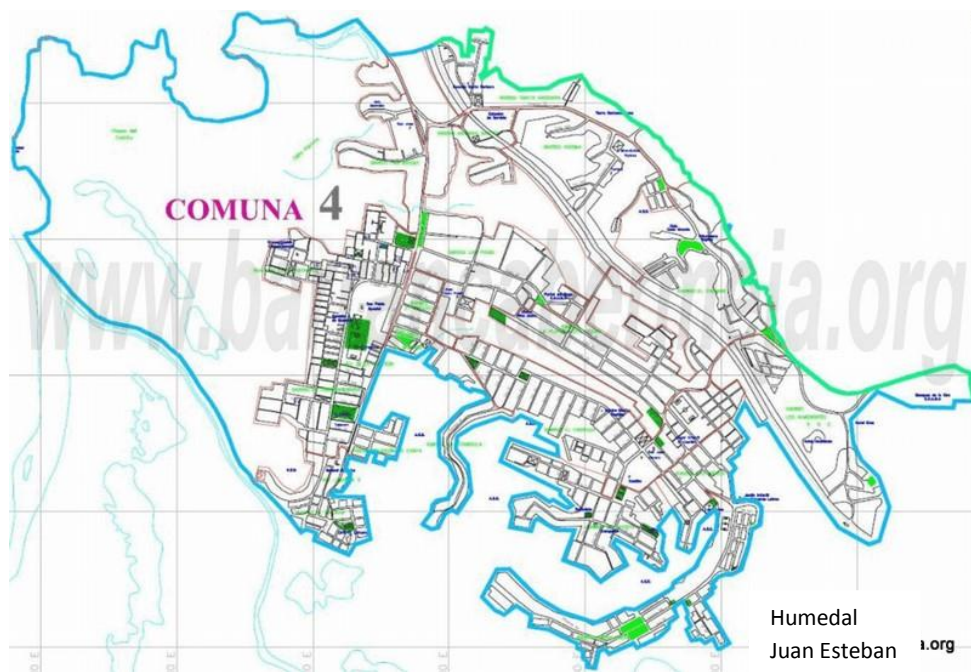


Figura 1. *Mapa de la comuna 4*
Fuente: www.barrancabermeja.org

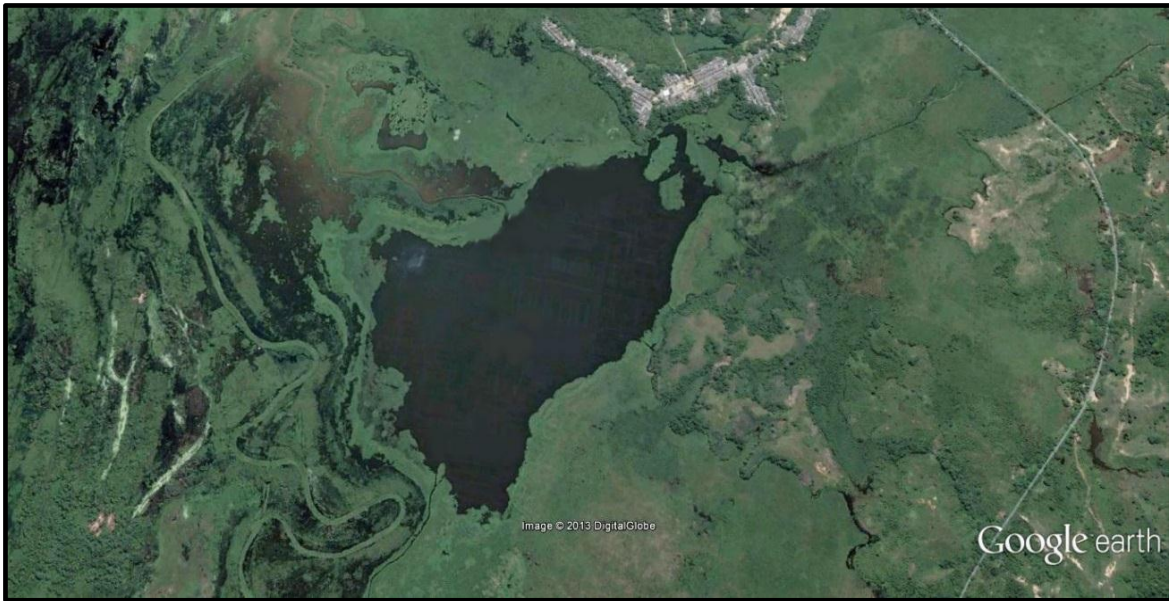


Figura 2. *Espejo de agua del humedal ciénaga Juan Esteban*
Fuente: Google Earth Pro © 2002.



Figura 3. *Apartamentos construidos en la orilla del humedal*
Fuente: Autor, 2013

El humedal se halla dentro de las siguientes coordenadas planas de Gauss-Kruger:

NORTE: 1.270.076 NORTE: 1.269.728

ESTE: 1.027.842 ESTE: 1.025.633.

5.2 Zona de vida a la cual pertenece el área objeto de estudio

Según La clasificación de zonas de vida o clasificación de formaciones vegetales del mundo, el área objeto del presente estudio pertenece al bosque húmedo tropical (bh-T), caracterizada por presentar temperaturas superiores a 24° C, precipitaciones promedias anuales de 2820m.m, humedad relativa del 88% y una altitud de 75 metros sobre el nivel del mar. (Holdridge, L. 1987)

5.3 Aspectos florísticos

5.3.1 Principales coberturas vegetales presentes en el humedal Juan Esteban

Las coberturas vegetales más representativas existentes en el humedal ciénaga Juan Esteban son: Arbóreas, arbustivas, herbáceas y plantas acuáticas. Las tres primeras coberturas hacen parte del cordón ripario, correspondiente a la ronda de protección del humedal, la cual se encuentra bastante fragmentada debido a la constante presión ejercida por los habitantes de los barrios aledaños.

5.4 Diseño metodológico

El método utilizado en el presente trabajo de aplicación fue el de investigación directa, tipo descriptivo, empleando un sistema de registro y recolección cuantitativa de la información sobre el recurso hídrico.

Básicamente el trabajo se desarrolló en las siguientes etapas:

5.4.1 Etapa 1. Acopio de información

El desarrollo de ésta etapa permitió establecer el estado del arte del humedal ciénaga Juan Esteban, para lo cual se realizaron visitas a las diferentes entidades relacionadas con actividades ambientales de orden local, regional y nacional a saber: Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), secretarías de despacho de la Alcaldía Municipal como son; Secretaría del medio ambiente, secretaría de salud, la oficina asesora de planeación Municipal, la empresa aguas de Barrancabermeja, como también aquellas Organizaciones no gubernamentales que basan su accionar en el componente ambiental.

5.4.2 Etapa 2. Trabajo de campo

El trabajo de campo se desarrolló a través de las siguientes actividades:

Toma de muestras de agua para su respectivo análisis físico-químico, labor que se llevó a cabo siguiendo las instrucciones de la guía de campo para toma de muestras de agua según el laboratorio de calidad ambiental de Corantioquia (Corantioquia, 2002), los parámetros físico-químicos que se analizaron fueron:

Turbiedad, pH, dureza, alcalinidad, temperatura, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), nitritos, nitratos, sulfatos, fosfatos, grasas y aceites, hidrocarburos. Igualmente los microbiológicos coliformes totales y fecales.

Para la toma de muestras en el humedal se utilizó como transporte un motor canoa, las muestras se tomaron acorde a la exigencia de los parámetros, puntuales o compuestas, en frascos de vidrio esterilizados y con cierre hermético, botella wincler (OD), debidamente rotulados, los puntos de toma de muestras fueron georreferenciados utilizando el GPS (sistema global de posicionamiento), finalmente se entregaron para su respectivo análisis al laboratorio químico de consultas industriales de la Universidad Industrial de Santander.

Como actividad principal se empleó el método BMWP/Col. (Biological Monitoring Working Party) para evaluar la calidad de las aguas del humedal ciénaga Juan Esteban, usando los macroinvertebrados como bioindicadores, para lo cual se tomaron muestras en cinco puntos georreferenciados, durante cinco días . Los especímenes recolectado se depositaron en viales conservados en alcohol al 95%, posteriormente se identificaron en los laboratorios de la universidad Industrial de Santander y las unidades tecnológicas de Santander, a través del estereoscopio con ayuda de pinzas, cajas Petri y cámara digital. Los principales parámetros que se obtuvieron en ésta metodología fueron registrados y analizados. Este análisis permitió llegar al nivel de clasificación taxonómica y adicionalmente, se implementaron índices de diversidad biológica, entre ellos: Índice de biodiversidad de Margalef, curva de acumulación de especies, porcentaje de órdenes de macroinvertebrados encontrados, tablas y gráficas del puntaje de BMWP/Col y ASTP.

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y por el tiempo que se requiere invertir. El método solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como la Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae reciben una puntuación de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon), esto es, puntaje total BMWP dividido entre el número de las familias, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio. Los valores ASPT van de 0 a 10; Un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia. (Roldán, G. 2003).

Otra actividad desarrollada fue el cálculo de la superficie de espejo de agua, ésta se realizó a través de fotografías aéreas recientes, utilizando estereoscopios de espejo y de bolsillo mediante el método de fotointerpretación y se corroboró en campo mediante inspecciones oculares.



Figura 4. *Toma de datos en campo.*
Fuente: Autor

5.4.3. Etapa 3. Alternativas sociales, técnicas y ambientales

Implementación de una matriz ambiental

En razón a que se determinaron indicadores ambientales medibles, en el presente trabajo se implementó la matriz ambiental cuantitativa del Instituto Battelle Columbus, la cual se ajustó a las condiciones *in situ*, a efectos de valorar impactos ambientales en el humedal.

Luego de analizar parámetros físico-químicos vs norma de calidad, método BMWP/Col, contaminación por vertimientos y desechos. Se plantearon alternativas de mitigación y corrección a mediano y largo plazo, dichas alternativas se presentan en fichas, las cuales contemplan: Nombre de la alternativa, objetivos, localización, alcances, metodología, beneficios obtenidos, presupuesto, posibles fuentes de financiación.

Las alternativas sociales están encaminadas a diseñar programas de capacitación ambiental basada en conservación, protección y manejo adecuado del recurso hídrico.

Finalmente se socializarán los resultados y en general el trabajo de aplicación realizado, cuando cumpla a cabalidad los trámites internos del programa de maestría en la Universidad industrial de Santander. Socialización que se realizará ante la autoridad ambiental (CAS), secretaría de salud, secretaría del medio ambiente de Barrancabermeja y la comunidad en general a través de dos talleres en el salón comunitario del barrio Buenavista.

5.5 Análisis de datos

Ghetti y Bonazzi consideran los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de la calidad del agua. De Pauw y Hawkes, realizaron un análisis de las experiencias de la Unión de Europea y encontraron que once países utilizan los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, y la mayoría de ellos llegan hasta el nivel de familia. Solo Alemania exige el nivel de especie. Metcalf distingue tres enfoques principales para evaluar la respuesta de las comunidades de macroinvertebrados a la contaminación del agua. Estos son: El saprobio, el de diversidad y el biótico. Para

nuestro análisis utilizamos el enfoque de diversidad, que incluye tres componentes fundamentales de las comunidades naturales: Riqueza, uniformidad y dominancia para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental. Estos datos se analizaron utilizando los programas PAST 2.17 y EstimateS 9.1.0. Para evaluar el número de macroinvertebrados en el humedal ciénaga Juan Esteban se utilizó el estimador no paramétrico Jack nife de primer orden. Con esta información se realizó una gráfica con los valores de la riqueza observada y esperada.

.6. Resultados y discusión

6.1 Características Físicoquímicas

A continuación se presentan resultados de cuatro muestreos de las características físicoquímicas y microbiológicas desarrollados en el humedal Juan Esteban, dichos muestreos fueron realizados por Secretaría del medio ambiente de Barrancabermeja 2002, Rangel. P. 2011, Galvis j, 2012. Pedraza. J. 2014 (Ver Tabla 1).

El pH de la ciénaga se presenta estable en los tres últimos muestreos, los valores oscilan entre 6,03 y 6,55 es decir, corresponde a un valor de pH levemente ácido. La conductividad se ha venido incrementando en los últimos tres muestreos. La turbiedad oscila entre valores de 6,3 y 96,62 NTU. (Ver tabla 1)

Los valores de DQO y DBO fueron incrementando en los tres últimos muestreos, correspondientes a los años 2011, 2012 y 2014. Con respecto a la DQO los valores incrementaron así: 25,8 mgO₂/L, 98,82 mgO₂/L, 335,34 mgO₂/L para cada uno de los años respectivamente. Los valores de DBO se incrementaron de la siguiente manera: 17,8 mgO₂/L, 43,6 mgO₂/L y 191 mgO₂/L respectivamente. (Ver tabla 1)

El oxígeno disuelto en los muestreos de 2011 y 2012 oscilaron entre 2,48 y 2,74 mgO₂. En el año 2014 se incrementó a 8,13 mgO₂ en razón a que en los dos primeros muestreos las macrófitas invadieron gran parte del espejo de agua. (Ver tabla 1)

Tabla 1.

Resultados fisicoquímicos y microbiológico de cuatro muestreos (2002, 2011, 2012 y 2014) realizados en la ciénaga humedal Juan Esteban

PARÁMETROS	Reformulación del Plan de Descontaminación Ambiental Barracabermeja (Jun - 2002)			Línea Base y Revisión Bibliográfica de Monitoreo de la Calidad de Agua Barracabermeja (Nov - 2011)			Evaluación Fisicoquímica y Biológica de la Ciénaga Juan Esteban (Dic - 2012)			Evaluación de la calidad del agua del humedal Ciénaga Juan Esteban (2014)		
	METODO	VALOR	UNIDADES	METODO	VALOR	UNIDADES	METODO	VALOR	UNIDADES	METODO	VALOR	UNIDADES
pH	...	...	...	Sonda Multiparamétrico 6600 V2	6,31	Unidades pH	S.M 4500 B	6,55	Unidades pH	S.M 4500 B	6,03	Unidades pH
OD	S.M 4500 O G	5,5	Mg/LO2	Sonda Multiparamétrico 6600 V2	2,74	Mg/LO2	S.M 4500 O G	2,48	Mg/LO2	S.M 4500 O G	8,136	Mg/LO2
Turbidez	S.M 2130 B	6,3	NTU	Sonda Multiparamétrico 6600 V2	53,2	NTU	S.M 2130 B	96,62	NTU	S.M 2130 B	24,84	NTU
Conductividad	...	...	...	Sonda Multiparamétrico 6600 V2	9,13	µs/cm	S.M 2510 B	129,2	µs/cm	S.M 2510 B	140,92	µs/cm
Nitritos	S.M 4500 NO2 B	0,4	mgNO2/l	...	...	...	S.M 4500 NO2 B	0,07	mgNO2/l	S.M 4500 NO2 B	0,072	mgNO2/l
Nitratos	S.M 4500 NO3 B	2,9	mgNO3/L	...	...	...	S.M 4500 NO3 B	6,76	mgNO3/L	S.M 4500 NO3 B	0,488	mgNO3/L
Sulfatos	S.M 4500 SO4 E	76	mgSO4-2/L	...	...	...	S.M 4500 SO4 E	33,16	mgSO4-2/L	S.M 4500 SO4 E	25,35	mgSO4-2/L
DQO	...	...	...	S.M 5220 C	25,8	mgO2/L	S.M 5220 C	98,82	mgO2/L	S.M 5220 C	335,34	mgO2/L
DBO5	...	...	...	S.M 5210 B	17,8	mgO2/L	S.M 5210 B	43,6	mgO2/L	S.M 5210 B	191	mgO2/L
Hidrocarburos	S.M 5520 F	0,4	mg/L	...	...	...	S.M 5520 F	2,4	mg/L	S.M 5520 F	0,25	mg/L
Grasas y Aceites	S.M 5520 B	3	mg/L	S.M 5520 D	0,12	mg/L	S.M 5520 D	4	mg/L	S.M 5520 D	57,33	mg/L
Coliformes Fecales	S.M. 9221 E	77	NMP/100 ml	Filtración por membrana	14	UFC/100 ml	Filtración por membrana	30	UFC/100 ml	Filtración por membrana	0	UFC/100 ml
Coliformes Totales	S.M. 9221 B	205	NMP/100 ml	Filtración por membrana	44	UFC/100 ml	Filtración por membrana	1190	UFC/100 ml	Filtración por membrana	700	UFC/100 ml

Hidrocarburos, grasas y aceites siguen apareciendo en los muestreos, al igual que Coliformes totales. Según la norma en los cuerpos hídricos, estos parámetros deben estar ausentes.

6.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico. 2014.

Los siguientes resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron gestionados por el autor, las muestras se procesaron en el laboratorio químico de consultas industriales de la universidad Industrial de Santander (ver Apéndice A)

Tabla 2.
Puntos Muestreados

PUNTO 1		
LUGAR: Ciénaga Juan Esteban - Barrancabermeja		
COORDENADAS:	X: 1026404 Y: 1268991	FECHA: 05/02/2014
PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO / NORMA
pH (Unidades de pH)	5,41	Potenciométrico / SM 4500-H+B
Turbiedad (NTU)	21,4	Nefelométrico / SM 2130B
Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	8,51	Sonda Luminiscente infrarroja
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	4,34	Titrimétrico / SM 2320B
Conductividad (uS/cm)	110	Conductivimétrico / SM2510
Demanda química de oxígeno (mg O ₂ /L)	240	Titrimétrico / Reflujo cerrado
Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L)	135	Respirométrico / SM 5210D

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO / NORMA
Dureza total (CaCO ₃ /L)	48,46	Titrimétrico / EDTA / SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,047	Espectrofotométrico / SM 4500-NO2B
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,582	Espectrofotométrico / RODIER
Fosfatos (mg PO ₄ ⁻³ /L)	0,062	Espectrofotométrico / SM 4500 PE
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	38,12	Turbidimétrico / SM 4500 - SO4 E

PUNTO 2

LUGAR: Ciénaga Juan Esteban - Barrancabermeja

COORDENADAS:	X: 1026339 Y: 1268932	FECHA: 05/02/2014
--------------	--------------------------	-------------------

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO / NORMA
pH (Unidades de pH)	6,22	Potenciométrico / SM 4500-H+B
Turbiedad (NTU)	29,7	Nefelométrico / SM 2130B
Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	8,03	Sonda Luminiscente infrarroja
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	13,01	Titrimétrico / SM 2320B
Conductividad (uS/cm)	141,6	Conductivimétrico / SM2510
Demanda química de oxígeno (mg O ₂ /L)	6,4	Titrimétrico / Reflujo cerrado
Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L)	360	Respirométrico / SM 5210D
Dureza total (CaCO ₃ /L)	48,46	Titrimétrico / EDTA / SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ /L)	0,105	Espectrofotométrico / SM 4500-NO2B
Nitratos (mg NO ₃ /L)	0,682	Espectrofotométrico / RODIER
Fosfatos (mg PO ₄ /L)	0,112	Espectrofotométrico / SM 4500 PE
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	16,29	Turbidimétrico / SM 4500 - SO4 E

PUNTO 3

LUGAR: Ciénaga Juan Esteban - Barrancabermeja

COORDENADAS: **X:** 1026245
Y: 1268895 **FECHA:** 05/02/2014

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO / NORMA
pH (Unidades de pH)	6,39	Potenciométrico / SM 4500-H+B
Turbiedad (NTU)	23,8	Nefelométrico / SM 2130B
Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	8,11	Sonda Luminiscente infrarroja
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	18,67	Titrimétrico / SM 2320B
Conductividad (uS/cm)	174,6	Conductivimétrico / SM2510
Demanda química de oxígeno (mg O ₂ /L)	186,7	Titrimétrico / Reflujo cerrado
Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L)	110	Respirométrico / SM 5210D
Dureza total (CaCO ₃ /L)	44,42	Titrimétrico / EDTA / SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ /L)	0,082	Espectrofotométrico / SM 4500-NO ₂ B
Nitratos (mg NO ₃ /L)	0,572	Espectrofotométrico / RODIER
Fosfatos (mg PO ₄ /L)	0,078	Espectrofotométrico / SM 4500 PE
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	22,85	Turbidimétrico / SM 4500 - SO ₄ E
Hidrocarburos totales (mg / L)	0,25	Extracción líquido - líquido / SM5520F

PUNTO 4

LUGAR: Ciénaga Juan Esteban - Barrancabermeja

COORDENADAS: **X:** 1026110
Y: 1268780 **FECHA:** 05/02/2014

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO / NORMA
pH (Unidades de pH)	6,72	Potenciométrico / SM 4500-H+B
Turbiedad (NTU)	27,9	Nefelométrico / SM 2130B
Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	7,97	Sonda Luminiscente infrarroja
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	23,01	Titrimétrico / SM 2320B
Conductividad (uS/cm)	168,4	Conductivimétrico / SM2510
Demanda química de oxígeno (mg O ₂ /L)	460	Titrimétrico / Reflujo cerrado
Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L)	260	Respirométrico / SM 5210D
Dureza total (CaCO ₃ /L)	44,42	Titrimétrico / EDTA / SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ /L)	0,079	Espectrofotométrico / SM 4500-NO ₂ B
Nitratos (mg NO ₃ /L)	0,378	Espectrofotométrico / RODIER
Fosfatos (mg PO ₄ /L)	0,177	Espectrofotométrico / SM 4500 PE
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	11,41	Turbidimétrico / SM 4500 - SO ₄ E

PUNTO 5

LUGAR: Ciénaga Juan Esteban - Barrancabermeja

COORDENADAS: **X:** 1026160 **FECHA:** 05/02/2014
Y: 1268680

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO / NORMA
pH (Unidades de pH)	5,41	Potenciométrico / SM 4500-H+B
Turbiedad (NTU)	21,4	Nefelométrico / SM 2130B
Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	8,06	Sonda Luminiscente infrarroja
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	4,34	Titrimétrico / SM 2320B
Conductividad (uS/cm)	110	Conductivimétrico / SM2510
Demanda química de oxígeno (mg O ₂ /L)	150	Titrimétrico / Reflujo cerrado

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO / NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (mg O ₂ /L)	90	Respirométrico / SM 5210D
Dureza total (CaCO ₃ /L)	48,46	Titrimétrico / EDTA / SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ /L)	0,047	Espectrofotométrico / SM 4500-NO ₂ B
Nitratos (mg NO ₃ /L)	0,216	Espectrofotométrico / RODIER
Fosfatos (mg PO ₄ /L)	14,76	Espectrofotométrico / SM 4500 PE
Sulfatos (mg SO ₄ /L)	38,12	Turbidimétrico / SM 4500 - SO ₄ E
Grasas y aceites (mg/L)	57,33	Extracción líquido - líquido / SM 5520B

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

LUGAR: Ciénaga Juan Esteban - Barrancabermeja

COORDENADAS: X: 1026170 FECHA: 05/02/2014
Y: 1268690

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO / NORMA
Recuento estándar (UFC / 100 ml)	6800	Filtración por membrana / SM 9222B
Coliformes totales (UFC / 100 ml)	700	
<i>Escherichia coli</i> (UFC / 100 ml)	0	

6.3 Análisis resultados caracterización físico-química y microbiológica 2014

El análisis de los valores obtenidos en la caracterización fisicoquímica de 2014 son confrontados con los criterios de calidad admisible, según el Decreto 1594 de 1984,

referente a usos del agua y residuos líquidos, a saber: Artículo 38: Para destinación del recurso humano y doméstico e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Artículo 39: Para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección. Artículo 40: criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola. Artículo 41: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario. Artículo 42: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario. Artículo 43: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto secundario. Artículo 44: criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso estético. Artículo 45: Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna.

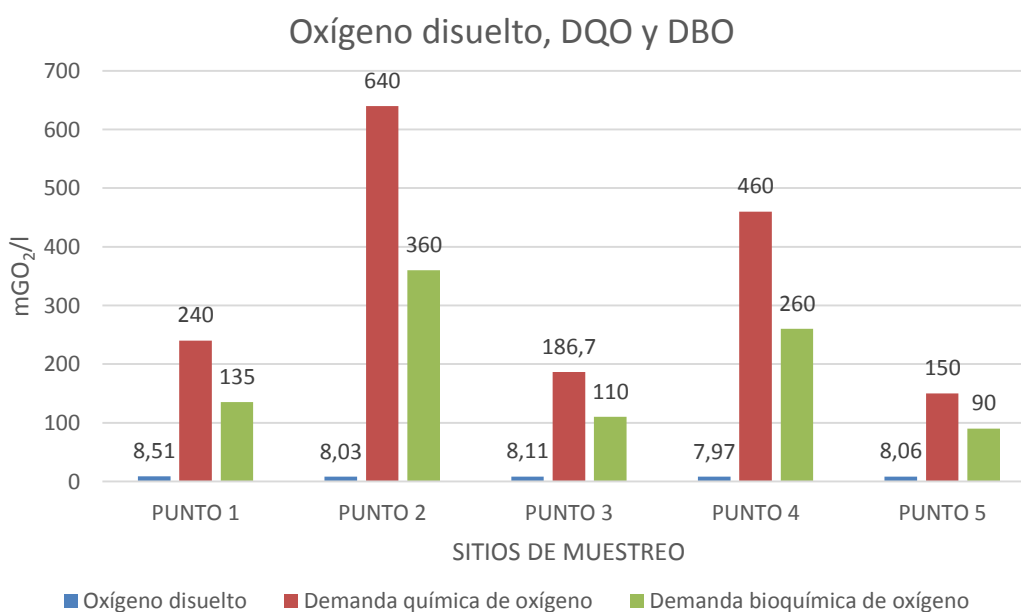


Figura 5. *Oxígeno disuelto, DQO y DBO.*

El valor promedio de oxígeno disuelto es de 8,13. Está en el rango de la norma de calidad, el valor promedio de la DQO fue de 335,34 y la DBO fue 191, si bien es cierto que el decreto 1594 no registra valores de calidad admisible para estos dos parámetros, la escala de clasificación de la calidad del agua con base en la demanda bioquímica de oxígeno, señala que valores iguales o superiores 120 ml/L, son aguas fuertemente contaminadas, cuya descripción corresponde a aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales. Igualmente la escala señala que la demanda química de oxígeno con valores iguales o superiores a 200 mg/L, son aguas fuertemente contaminadas cuyo origen son las descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

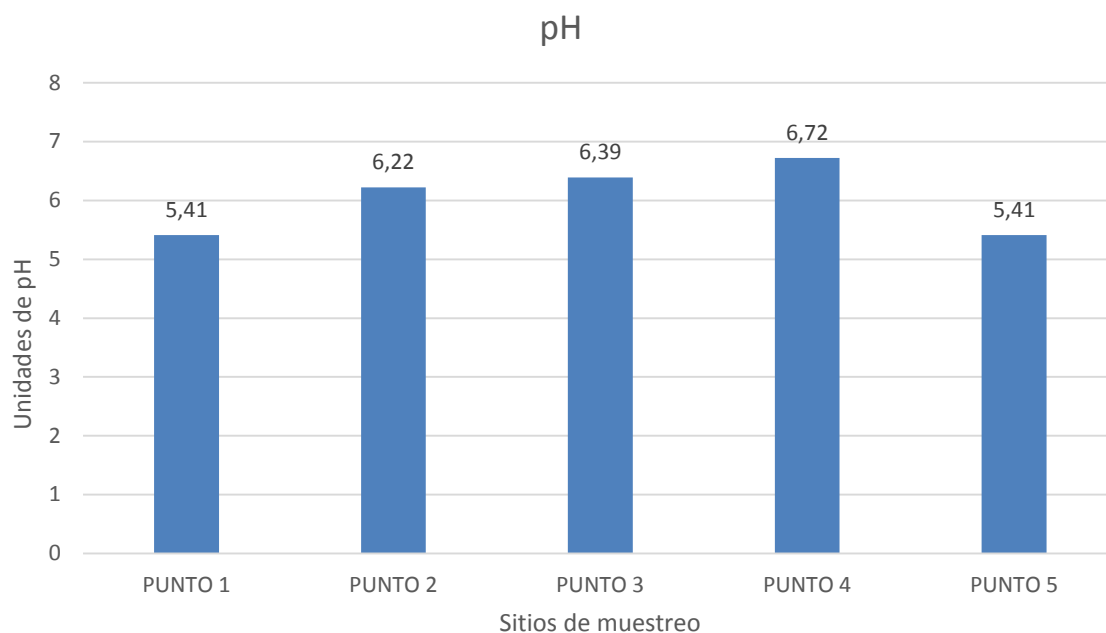


Figura 6. *pH*

El valor promedio del pH fue de 6,03 unidades pH, este valor se encuentra en el rango de calidad admisible entre 4,5 y 9 unidades pH, según el decreto 1594/84.

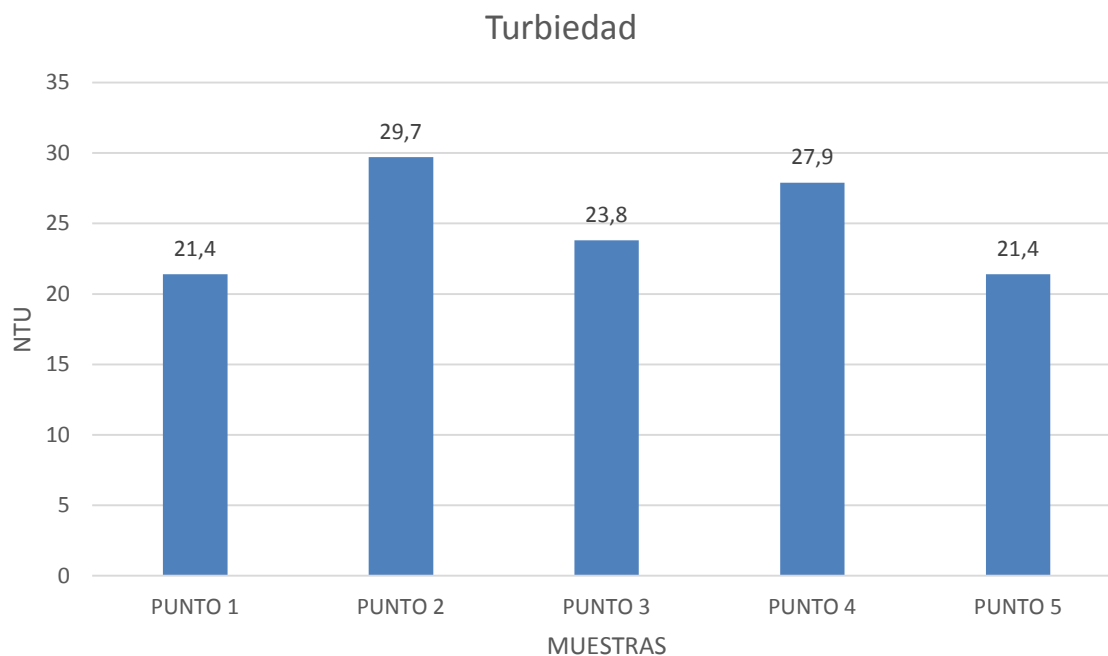


Figura 7. *Turbiedad*

El valor promedio para este parámetro fue de 24,84 NTU, los valores estuvieron oscilando entre 21,4 NTU y 29,7 NTU. Según el Decreto 1594/84, los valores de los cinco puntos se encuentran fuera del rango de calidad admisible.

HIDROCARBUROS TOTALES, GRASAS Y ACEITES

Los valores obtenidos en el muestreo para estos parámetros fueron: Hidrocarburos totales: 0,25 mg/L y para grasas y aceites: 57,33 mg/L. la norma de calidad establece que estos parámetros deben estar ausentes en los cuerpos hídricos. La presencia de hidrocarburos en el humedal se debe a derrames de crudo sobre el caño La Cira (principal

tributario del humedal), pues cerca a este caño pasa un oleoducto de la estatal petrolera y en las dos últimas décadas ésta infraestructura ha sufrido roturas. Igualmente cerca de las orillas del humedal es frecuente observar sobre el espejo de agua películas aceitosas (ver fig.8).

Es importante resaltar que los barrios periféricos al humedal no poseen plantas de tratamiento de aguas residuales, algunos tienen tratamiento preliminar en condiciones muy precarias.

En términos generales la calidad del agua de la ciénaga Juan Esteban se ha desmejorado, a tal punto que valores de parámetros a saber: Conductividad, DQO, DBO, grasas y aceites, realizados en el año 2014 se incrementaron con relación a los muestreos de los años anteriores. El punto de muestreo más afectado acorde a los parámetros físico-químicos en el año 2014 fue el punto número dos (2) que corresponde a una zona cerca de la invasión nueva del barrio Buenavista. Este punto presenta los valores más altos en turbiedad, DQO y DBO. Las razones obedecen a que allí hay más cantidad de descargas de aguas residuales, además, se encuentran construidos pozos sépticos muy cercanos al humedal.



Figura 8. *Película aceitosa en el espejo de agua.*

COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y RECuento ESTÁNDAR

Las muestras de agua arrojaron los siguientes resultados: recuento estándar 6800 UFC/100 ml. Coliformes totales: 700 UFC/100 ml. E. coli: 0. El resultado del parámetro de coliformes totales está por debajo de los rangos de calidad admisible, existen galpones y porquerizas ubicadas cerca al humedal, los cuales drenan sus aguas residuales al lecho del humedal.

Zona fótica

El disco Secchi es un instrumento que permite determinar la zona fótica de un cuerpo hídrico, a efecto de definir esta zona en el humedal ciénaga Juan Esteban, se

realizaron varias mediciones de la profundidad en la cual este instrumento desaparecía a la vista, por debajo de la superficie del agua, este procedimiento se hizo en diferentes puntos, en un día despejado, con buenas condiciones meteorológicas, alrededor de las ocho de la mañana. (Ver Figura 9).



Figura 9. *Medición de la zona fótica con el disco secchi.*

Tabla 3.
Sitios medidos con el disco Secchi

SITIOS	PRIMERA LECTURA	SEGUNDA LECTURA	LECTURA PROMEDIA
Desembocadura caño 24 horas	38 cms	42 cms	40 cms
40 mts frente nueva invasión	35 cms	37 cms	36 cms
Inicio caño Juan Esteban	46 cms	41 cms	43,5 cms

SITIOS	PRIMERA LECTURA	SEGUNDA LECTURA	LECTURA PROMEDIA
50 mts frente caño Juan Esteban	30 cms	28 cms	29 cms
Desembocadura caño La Cira	43 cms	39 cms	41 cms
Zona central de la ciénaga	25 cms	27 cms	26 cms
50 mts frente del caño 24 horas	25 cms	25 cms	25 cms
40 mts frente al puerto de las canoas	22 cms	23 cms	22,5 cms

La zona fótica está directamente relacionada con la turbiedad, en la caracterización fisicoquímica de este parámetro el resultado promedio fue de 24,84 NTU. El sitio de mayor penetración de luminosidad fue el inicio del caño Juan Esteban con 43,5 centímetros y el de menor penetración luminosa fue el sitio frente al puerto de las canoas con 22,5 centímetros.

La turbiedad del agua es causada por la presencia de materiales en suspensión ordinaria como la arcilla, limo, lodo, materia finamente dividida, materia orgánica, algas, plancton y otros microorganismos. No se consideran causantes de turbiedad los materiales pesados que sedimentan rápidamente. (Mina, M.N. 1989).

A medida que aumenta la turbiedad, disminuye la zona fótica, es importante conocer la zona fótica en los ecosistemas acuáticos, en razón a que esta determina la actividad fotosintética.

Tabla 4.

Parámetros medidos en los sitios de muestreo para el análisis del método de bioindicación

MUESTRAS	SITIOS / COORDENADAS	TEMP AGUA (°C)	TEMP AMBIENTE (°C)	pH	PROFUNDIDAD (cm)	MSNM	PRESIÓN (mb)	COLOR
M1	S1 - X:1026522 / Y:1269125	18	28	6	60	74	1008	Marrón
	S2 - X:1026456 / Y:1268998							
	S3 - X:1026326 / Y:1268959							
A 20 METROS DEL PUERTO CANOAS	S4 - X:1026218 / Y:1268893	18	28	6	55	74	1008	Marrón
	S5 - X:1026650 / Y:1268849							
	S6 - X:1026728 / Y:1268018							
M2	S1 - X:1026404 / Y:1268991	18	28	6	55	74	1008	Marrón
	S2 - X:1026339 / Y:1268933							

MUESTRAS	SITIOS / COORDENADAS	TEMP AGUA (°C)	TEMP AMBIENTE (°C)	pH	PROFUNDIDAD (cm)	MSNM	PRESIÓN (mb)	COLOR
	S3 - X:1026244 / Y:1268890							
	S4 - X:1026108 / Y:1268779							
CERCA A LA NUEVA INVANSION	S5 - X:1026153 / Y:1268676							
	S6 - X:1026738 / Y:1269017							
	S1 - X:1026463 / Y:1268997							
M3	S2 - X:1026409 / Y:1268985							
	S3 - X:1026337 / Y:1268953	20	29	6	70	74	1008	Marrón
	S4 - X:1026249 / Y:1268891							
INICIO CAÑO JUAN ESTEBAN	S5 - X:1026129 / Y:1268701							

MUESTRAS	SITIOS / COORDENADAS	TEMP AGUA (°C)	TEMP AMBIENTE (°C)	pH	PROFUNDIDAD (cm)	MSNM	PRESIÓN (mb)	COLOR
	S6 - X:1026299 / Y:1268740							
	S1 - X:1026250 / Y:1268980							
M4	S2 - X:1026320 / Y:1268915							
	S3 - X:1026225 / Y:1268800	21	29	6	65	74	1008	Marrón
	S4 - X:1026117 / Y:1268750							
CENTRO DE LA CIÉNAGA	S5 - X:1026148 / Y:1268635							
	S6 - X:1026695 / Y:1268035							
	S1 - X:1026450 / Y:1268902							
M5	S2 - X:1026385 / Y:1268920	22	29	6	60	74	1008	Marrón

MUESTRAS	SITIOS / COORDENADAS	TEMP AGUA (°C)	TEMP AMBIENTE (°C)	pH	PROFUNDIDAD (cm)	MSNM	PRESIÓN (mb)	COLOR
	S3 - X:1026328 / Y:1268896							
	S4 - X:1026241 / Y:1268811							
DESEMBOCADURA CAÑO 24 HORAS	S5 - X:1026120 / Y:1268723							
	S6 - X:1026266 / Y:1268726							

Tabla 5.
Registro de especies encontradas

DIVERSIDAD DE ESPECIES

PHYLUM	CLASES	ORDENES	FAMILIAS	GÉNEROS	MUESTRAS							
					M1	M2	M3	M4	M5			
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Moribaetis spp.</i>	24	0	0	6	0			
		Hemíptera	Belostomatidae	<i>Belostoma spp</i>	0	0	3	1	0			
				<i>Lethocerus spp</i>	0	0	1	2	3			
Platyhelminthes	Turbellaria	Gordiodea	Chordodidae	<i>Neochordodes sp.</i>	1	0	0	0	0			
Arthropoda	Insecta	Hemíptera	Corixidae	<i>Tenogobia socialis</i>	35	4	7	6	9			
				<i>Aedeomyia spp.</i>	12	3	2	4	2			
				Díptera	Culicidae	<i>Uranotaenia spp.</i>	1	0	0	0	0	
						<i>Culex quincufasciatus</i>	0	1	0	0	0	
		Hemíptera	Guerridae	<i>Limnogonus spp</i>	0	2	0	0	0			
		Coleóptera	Gyrinidae	<i>Andogynus spp</i>	0	9	5	4	11			
		Crustáceo	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp.</i>	3	5	8	2	4		
		Insecta	Coleóptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus sp.</i>	4	4	15	4	6		
					Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Terpides spp</i>	0	2	9	4	0
					Odonata	Libellulidae	<i>Erythrodiplax sp.</i>	10	0	0	0	3
<i>Dythemis spp</i>	0						3	0	0	4		

DIVERSIDAD DE ESPECIES

PHYLUM	CLASES	ORDENES	FAMILIAS	GÉNEROS	MUESTRAS						
					M1	M2	M3	M4	M5		
			Mesoveliidae	<i>Mesovelia sp.</i>	1	2	6	0	1		
		Hemíptera	Naucoridae	<i>Limnocoris sp.</i>	1	0	0	0	7		
				<i>Pelocoris sp.</i>	6	1	0	0	0		
			Notonectide	<i>Martarega spp</i>	68	2	12	5	19		
		<i>Buenoa sp.</i>		0	12	0	0	5			
Molusca	Gasterópoda	Basommatophora	Planorbiidae	<i>Heliosoma spp</i>	0	2	0	0	0		
				<i>Drepanotrema sp.</i>	3	6	7	0	0		
		Coleóptera	Psephenidae	<i>Psephenops sp.</i>	1	0	0	0	0		
Arthropoda	Insecta	Lepidóptera	Pyrilidae	<i>Género sin determinar</i>	1	0	0	0	0		
				Coleóptera	Staphylinidae	<i>Stenus sp.</i>	1	0	0	1	0
				Hemíptera	Veliidae	<i>Género sin determinar</i>	0	1	0	0	0
NÚMERO DE ESPECIES ACUMULADAS					16	24	26	26	26		



Aedeomyia sp



Andogyrus sp



Belostoma sp



Culex quinquefasciatus



Drepanotrema sp



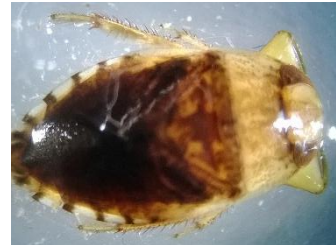
Dythemis sp



Guerridae: Sin identificar



Heliosoma sp



Pelocoris sp



Limnogonus sp



Martarega sp



Hylaella sp



Tropisternus sp



Terpides sp



Familia Veliidae



Figura 10. Registro fotográfico de los macroinvertebrados encontrados.

6.4 Análisis resultados diversidad de especies

En el presente estudio se encontraron 26 géneros agrupados en 19 familias y 9 órdenes (Tabla 5). La familia que presentó la mayor riqueza fue Culicidae (4 especies),

seguido por Libellulidae, Belostomatidae y Planorbiidae cada una con 2 especies (Tabla 5). De los órdenes identificados en los sitios de muestreo en el humedal ciénaga Juan Esteban, hemíptera representa el 52,99% de los macroinvertebrados registrados, conteniendo 7 familias y 10 géneros (Tabla 5). Siguiendo a los hemípteros están los órdenes Coleóptera con un 15,52% (representado en 4 familias y 4 géneros) y Odonata con un 10,74% (agrupado en 1 familias y 2 géneros).

Análisis de composición de especies de macroinvertebrados acuáticos

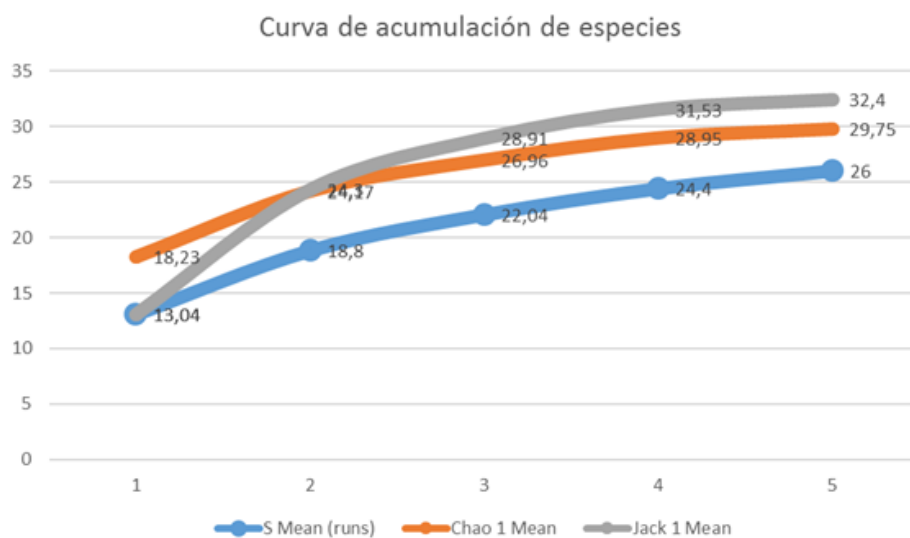


Figura 11. *Curva de acumulación de especies.*

Con el objetivo de determinar el número de especies esperadas en los sitios de muestreo del humedal ciénaga Juan Esteban se realizó la curva de acumulación usando los estimadores Jack 1 y Chao 1 utilizando el software Estimate S 9.1.0 ®, según los cuales, registran en total 32,4 y 29,75 especies respectivamente. Las especies encontradas en los

datos de campo fueron 26, que corresponden al 80,24% de las especies esperadas para Jack 1 y 87,39% para Chao 1. Por lo tanto, los datos obtenidos se ajustan mejor al estimador Chao 1. (Ver figura 11)

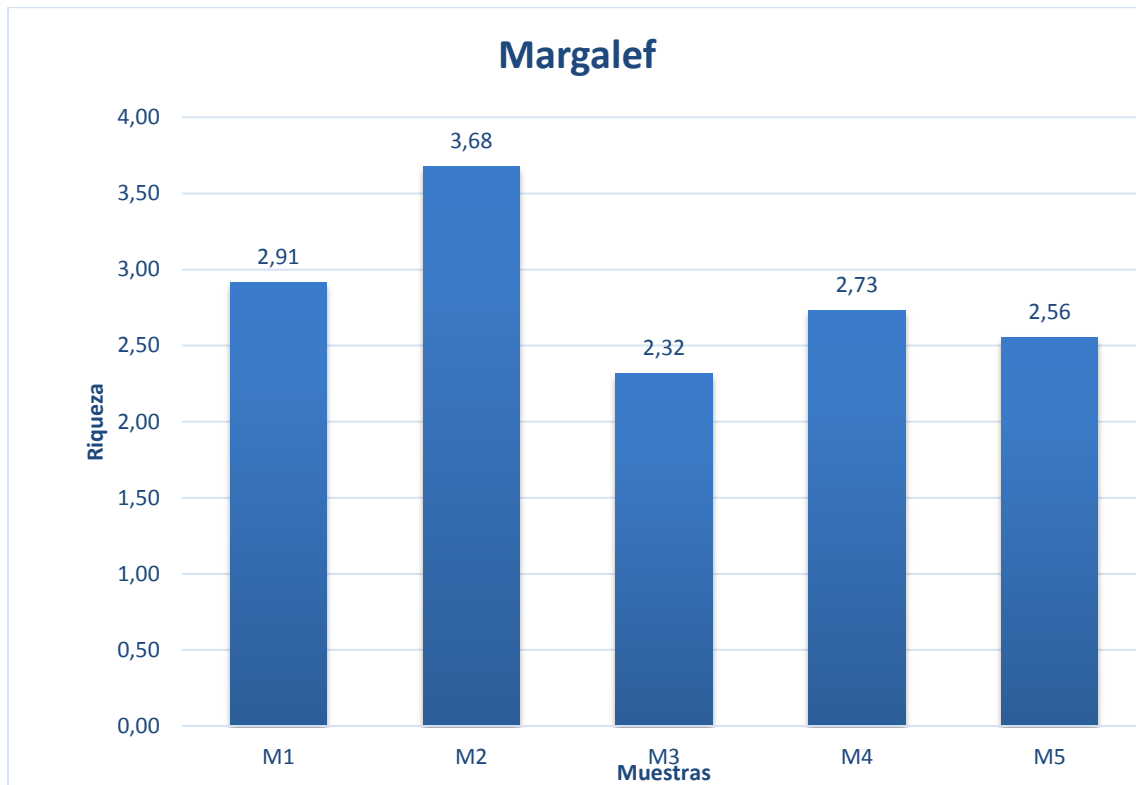


Figura 12. Índice de Margalef.

Los sitios de muestreo con mayor índice de riqueza de especies utilizando Margalef ($Dmg = \frac{s-1}{\ln N}$) fue: M2 cuyas coordenadas son en X: 1026738 y en Y: 1269017 ubicado a 20 metros de la nueva invasión del barrio Buenavista con un valor de 3,68, seguido por los sitios de muestreo M1 con coordenadas en X: 1026522 y en Y: 1269125 a 20 metros del puerto de las canoas, el cual registro un índice de riqueza de 2,91 y M4 cuyas coordenadas son en X: 1026250 y en Y: 1268980 que corresponde al centro de la ciénaga Juan Esteban,

donde se encontraron especies de macrófitas flotantes con un valor de riqueza de 2,73. Aquellos sitios de muestreo que presentaron el índice de riqueza de especies más baja fueron: M3 cuyas coordenadas son en X: 1026463 y en Y: 1268997 que corresponden al inicio del caño Juan Esteban, registrando un valor de 2,32 siendo el valor más bajo de riqueza seguido por M5 con coordenadas en X: 1026450 y en Y: 1268902 sitio que corresponde a la desembocadura del caño 24 horas, registrando un valor de 2,56. El índice de riqueza de Margalef utilizado tiene en cuenta el número de especies registradas con respecto al tamaño total de la población de macroinvertebrados. (Ver figura 12).

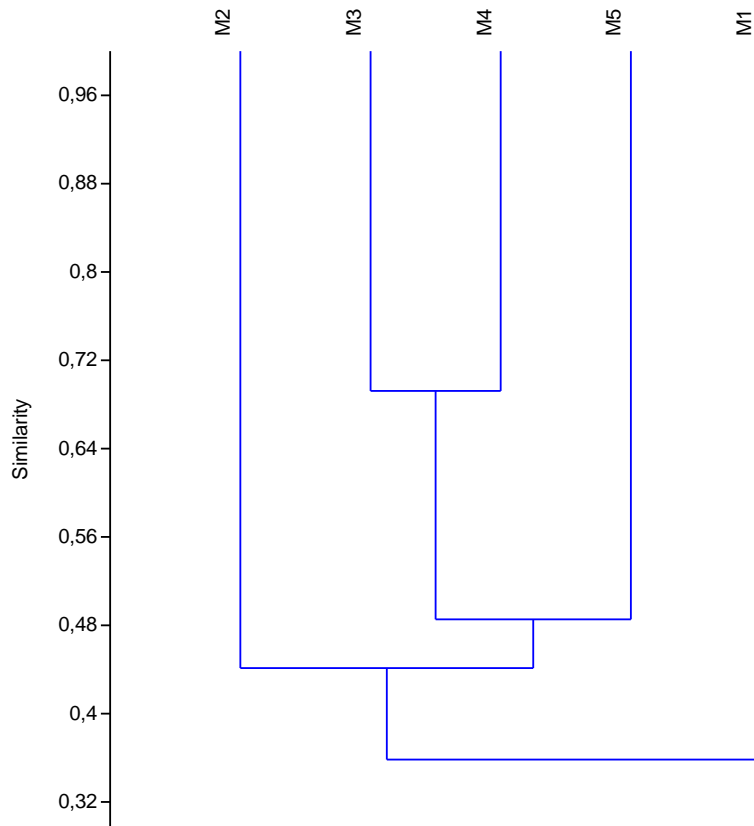


Figura 13. Índice de similitud de Jaccard en los sitios de muestreo de la ciénaga humedal Juan Esteban.

La composición de especies en los sitios de muestreo en el humedal ciénaga Juan Esteban fue calculado con el software PAST 2.17 ® utilizando el índice de similitud de Jaccard como un modelo cualitativo de medición, el cual relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas en los diferentes sitios de muestreo. Este índice muestra que los sitios M3 y M4 se parecen entre sí con un valor de similitud de especies de 0,70 y los sitios M1, M2 y M5 no se parecen entre sí debido a la gran diferencia en los valores de similitud. (Ver figura 13)

DIVERSIDAD DE GÉNEROS

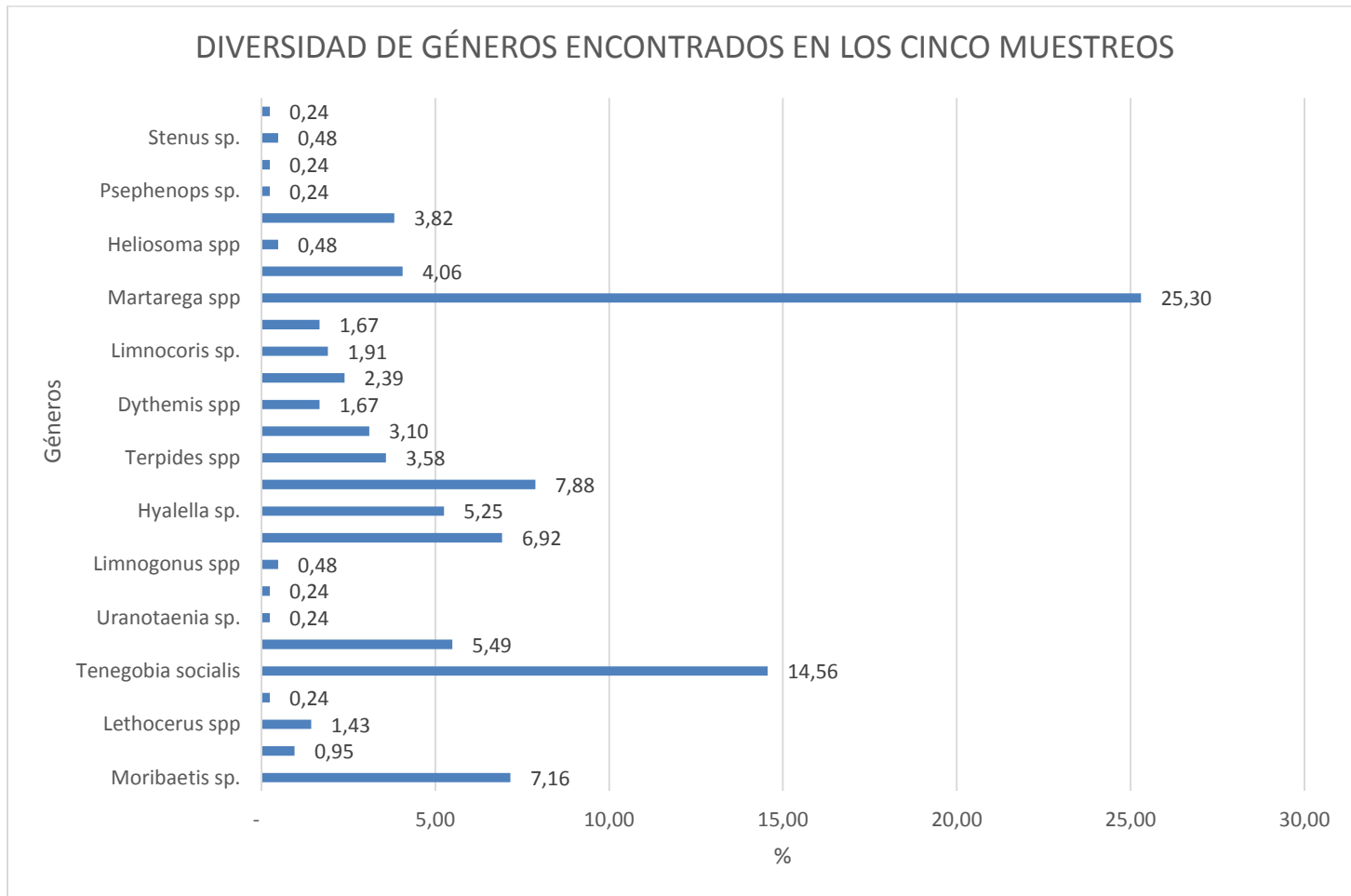


Figura 14. *Diversidad de géneros.*

De los cinco sitios muestreados, los géneros con mayor porcentaje de aparición fueron *Martarega sp* con 25,3%; seguido de *Tenegobia socialis* (14,56%) y *Tropisternus sp* representado con un 7,88%. Los géneros proporcionalmente raros en el muestreo fueron *Psephenops sp*; *Culex quincuenfasciatus*; *Uranotaenia sp*; *Neochordes sp* y algunos sin identificar los generos con un 0,24%.

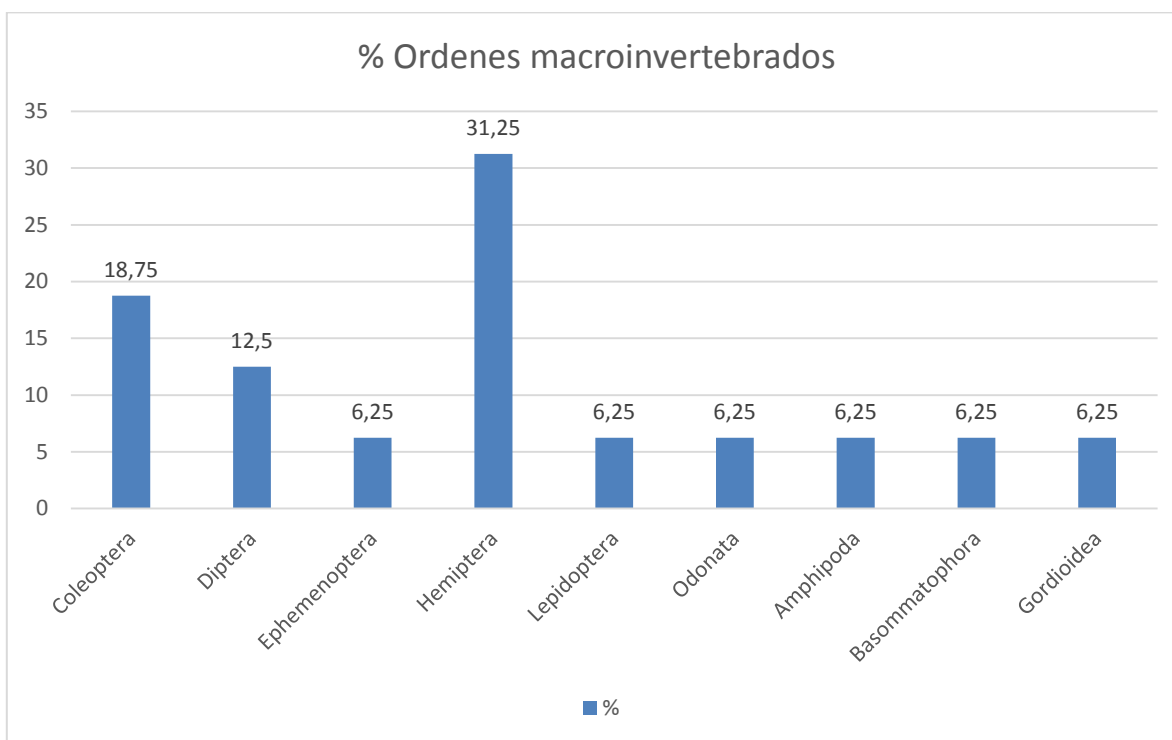


Figura 15. *Diversidad de órdenes.*

Del total de órdenes encontrados durante los cinco muestreos en el humedal Juan Esteban, el más representativo fue el orden Hemiptera con un 52,99% seguido por el orden coleoptera representado por el 15,2% y los ephemenopteros con un 10,74%. El orden menos representativo fue Gordiidea con un 0,24%.

En la Figura 16. Se observan que las familias que más aparecieron en los muestreos en orden proporcional son: Notonectidae (29,36%); Corixidae (14,56%) Hidrophylidae y Baetidae con un 7,888% y 7,16% respectivamente.

Las familias de macroinvertebrados con menor porcentaje en el humedal Juan Esteban son Veliidae, Piralidae, Psephenidae y Chordodidae todas con un 0,24%

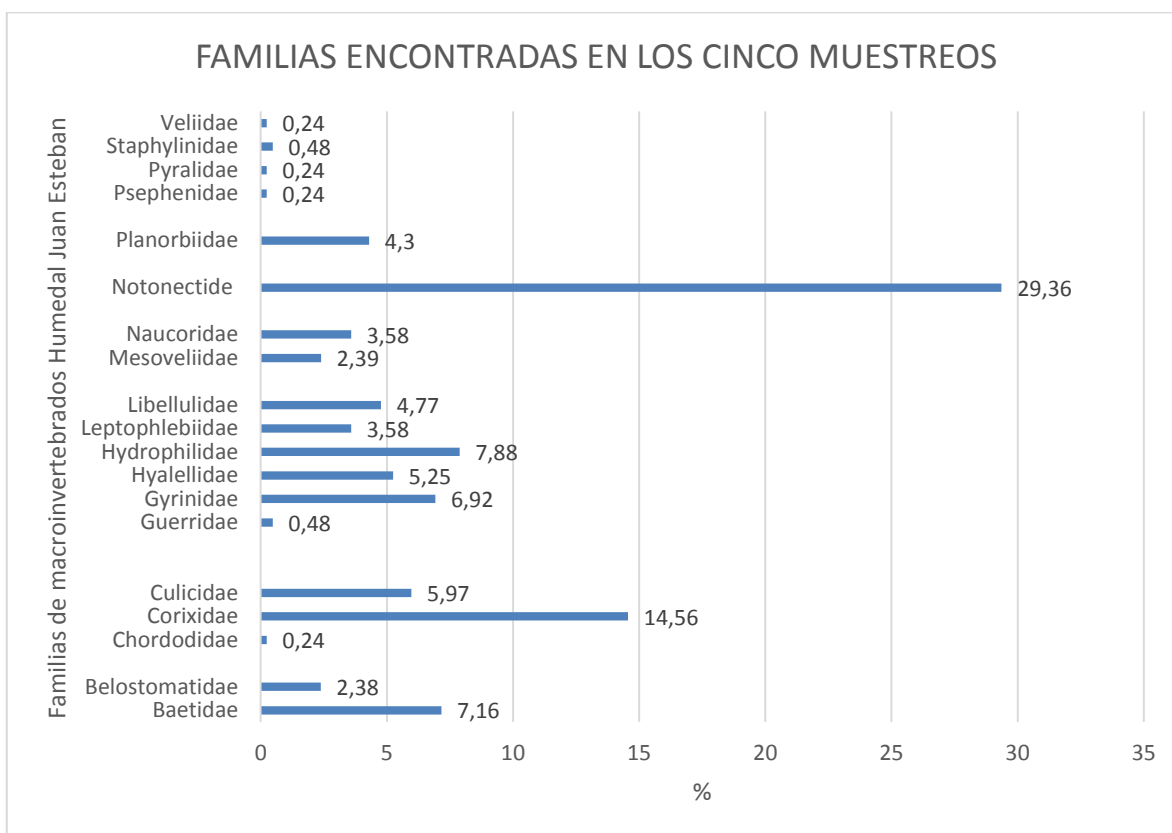


Figura 16. Porcentajes de las principales familias de macroinvertebrados encontrados en el Humedal Juan Esteban.

Análisis estructural de la diversidad

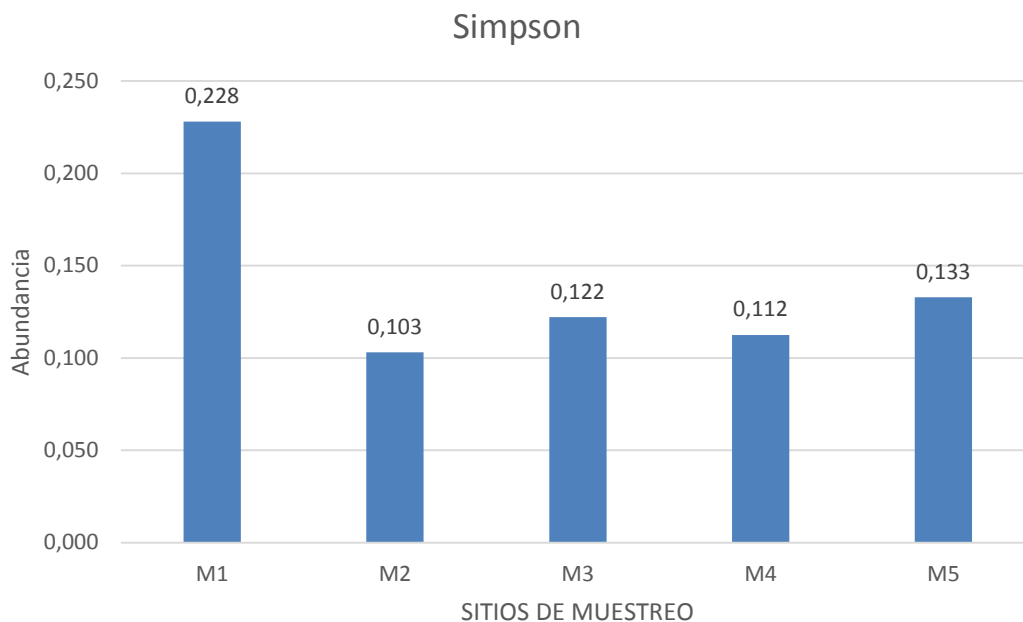


Figura 17. *Índice de abundancia de Simpson.*

Las medidas realizadas con índice de Simpson ($\lambda = \sum p_i^2$) están referidas como medidas de dominancia ya que se ponderan según la abundancia de las especies más comunes más que a partir de una medida de riqueza de especies. En cuerpos de agua esta medida refleja problemas en la distribución de las poblaciones, siendo el sitio M1 (ubicado a 20 metros del puerto de las canoas) el de mayor valor de abundancia 0,228. Los otros sitios de muestreo presentan valores de dominancia muy cercanos siendo el sitio M5 el segundo valor más elevado en dominancia 0,133, este lugar corresponde con la desembocadura del caño 24 horas. De acuerdo con este índice, el sitio de muestreo M2, es

el que presenta el valor más bajo de abundancia de especies 0,103 y está ubicado cerca de la nueva invasión del barrio Buenavista. (Ver figura 17).

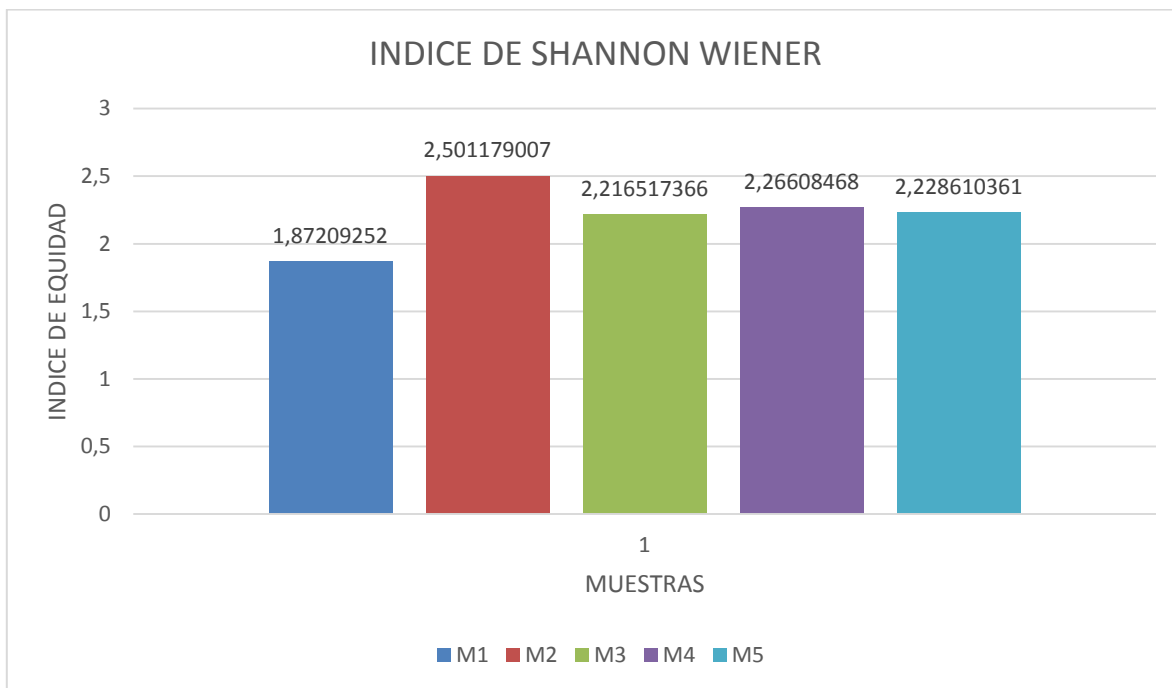


Figura 18. *Índice de equidad de Shannon Wiener.*

Aunque los modelos de abundancia de especies proporcionan la descripción más completa de los datos de diversidad, dependen de algún test de ajuste generalmente tedioso y lento que requiere el uso de un computador (Peet, 1974). Esto se soluciona cuando a los datos se les aplica un índice de heterogeneidad como el índice de Shannon Wiener ($H' = -\sum p_i \ln p_i$) porque consideran tanto la uniformidad como la riqueza de especies. De acuerdo con estos datos el sitio M2 que corresponde a la nueva invasión del barrio Buenavista presenta el mayor valor de uniformidad de especies 2,5 considerándose el mejor sitio de muestreo del humedal ciénaga Juan Esteban. Este dato se reafirma si lo comparamos con el

dato obtenido por el índice de Simpson que muestra a M2 como el sitio de menor abundancia de especies 0,103. Esto quiere decir que las especies están distribuidas en número de una forma casi equitativa y pueden utilizar los recursos de forma parecida. Si ahora analizamos los datos de equidad obtenidos en el sitio M1 que está ubicado a 20 metros del puerto de las canoas podemos ver que este presentó el valor más bajo de equidad 1,87 y fue al mismo tiempo el que tuvo mayor valor de abundancia 0,228 confirmando que es el sitio de menor diversidad de especies. (Ver figura 18)

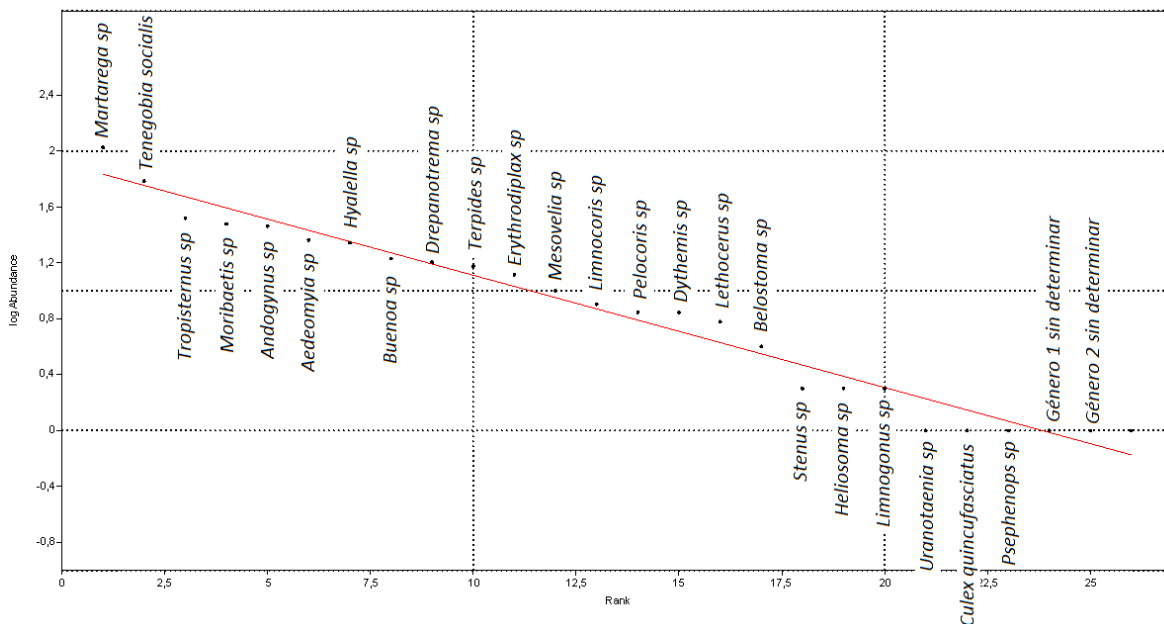


Figura 19. Curva de rango-abundancia de los macroinvertebrados presentes en el humedal ciénaga Juan Esteban

La diversidad es comúnmente examinada en relación a cuatro modelos principales. Estos son la distribución normal logarítmica, la serie geométrica, la serie logarítmica y el modelo de vara quebrada (*Broken stick model*). La curva de rango de abundancia se ajustó

al modelo geométrico ($\chi^2 = 31,71$, $p > 0,05$). Consideramos con este modelo la situación en la que la especie dominante *Martarega sp* tiene prioridad sobre una porción k de ciertos recursos limitados, con la segunda especie en dominancia *Tenegobia socialis* adelantándose sobre una misma porción k de los recursos restantes, la tercera especie *Tropisternus sp* explota k de lo que resta, y así sucesivamente hasta que todas las especies (s) se han acomodado.

Martarega sp y *Tenegobia socialis* del orden hemíptera, *Tropisternus sp* del orden coleóptera *Moribaetis sp* del orden efemeróptera, *Andogynus sp* del orden coleóptera y *Aedeomyia sp* del orden díptera. De moluscos se reportan 2 especies como las más abundantes *Heliosoma sp* y *Drepanotrema sp*. Las especies de macroinvertebrados con menor abundancia fueron el platelminto *Neochordodes sp*, los insectos *Uranotaenia sp* y *Culex quincufasciatus* del orden díptera. (Ver figura 19)

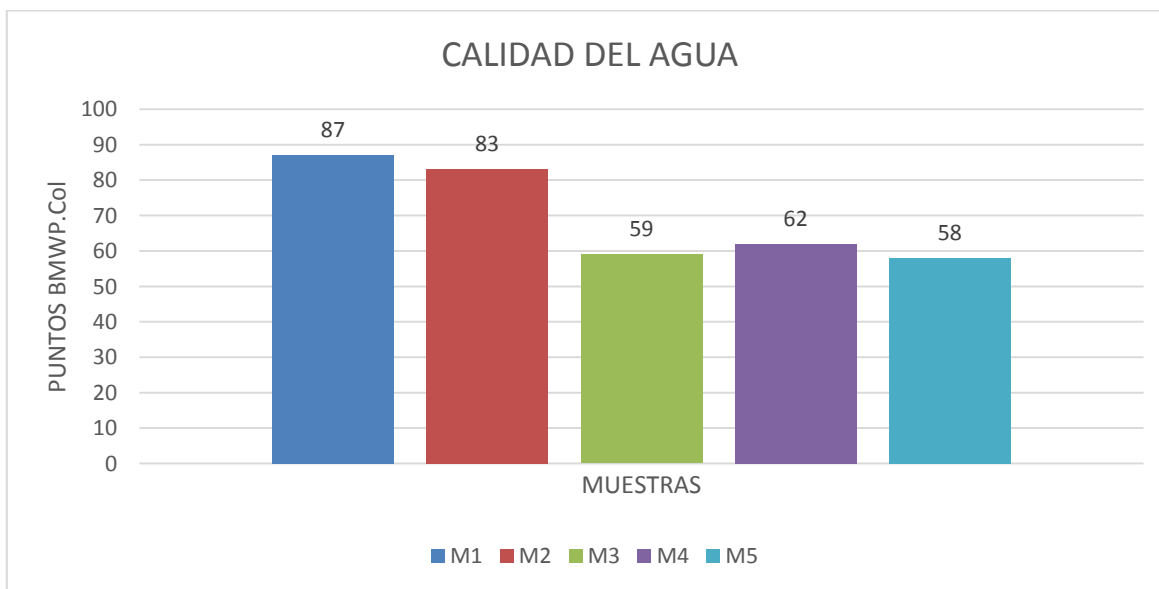


Figura 20. Resultados de la calidad del agua evaluados por el método BMWP.Col.

El diagrama de barras nos muestra la calidad del agua en cada uno de los sitios muestreados en el humedal Juan Esteban. La lectura que se hace es la siguiente: Las muestra M1, M2 y M4 corresponden a aguas de clase II, cuya calidad se interpreta como aceptable, con un valor BMWP de 87, 83 y 62 puntos respectivamente, caracterizadas como aguas ligeramente contaminadas. El código de colores para cada punto se observa la tabla 6.

Respecto a los resultados del puntaje BMWP para las muestras M3 y M5, estas se encuentran en la clase III, con calidad de agua dudosa, con puntajes de 59 y 58 respectivamente. Se interpretan como aguas moderadamente contaminadas.

Tabla 6.
Interpretación de los valores BMWP/Col.

Clase	Calidad	BMWP.Col.	Significado	Color
		>150, 101-		
I	Buena	120	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
			Aguas moderadamente	
III	Dudosa	36-60	contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
	Muy			
V	crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

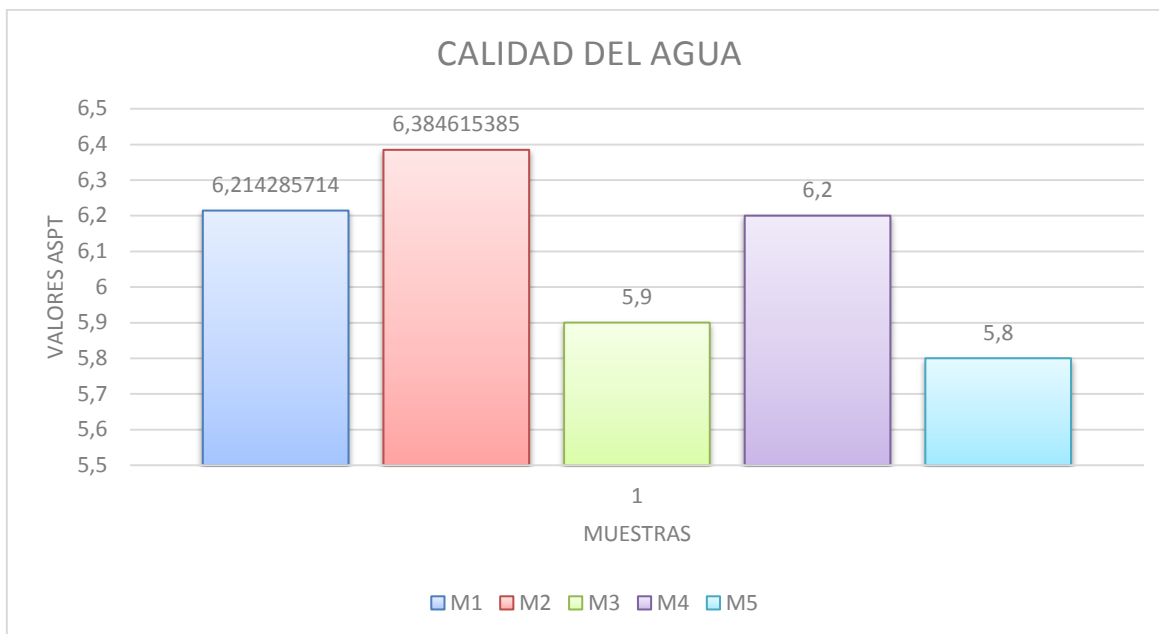


Figura 21. Resultados de la calidad del agua expresados como ASPT (Average score per taxa).

El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT es el puntaje total BMWP dividido entre el número de los taxa, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio. Los valores ASPT van de 0 a 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicara condiciones graves de contaminación. (Roldán, G. 2002).

En la figura 21 podemos apreciar que la muestra M2 presenta un valor menor de BMWP con respecto a la muestra M1; sin embargo, en la gráfica del ASPT vemos que la muestra M1 tiene un puntaje mayor (6,38). Esto indica, que el sitio M2 se encuentra en mejores condiciones ambientales que M1, en razón a que las familias que se encuentran allí son más sensibles a la contaminación y por tal razón presentan un puntaje mayor de BMWP.

De todos los sitios muestreados, M5 que corresponde al caño 24 horas, presenta las peores condiciones del agua y del sitio por tener asociados el valor más bajo de BMWP (58 puntos) con el valor más bajo de ASPT (5,8 puntos). Este sitio está representado por una mayor cantidad de familias de macroinvertebrados tolerantes asociados a los valores más bajos de BMWP.

6.5 Evaluación cuantitativa del espejo o lámina de agua del humedal

Desde 1986 se vienen realizando estudios que permiten cuantificar la superficie de espejo o lámina de agua del humedal. A través del método de fotointerpretación, apoyado con fotografías aéreas y estereoscopio de espejo, ese mismo año se estimó en 74 hectáreas la superficie de espejo de agua del humedal. Utilizando la misma técnica y en tres periodos de tiempo posteriores, se evidenció una reducción del 21,6% del espejo de agua en 1995, 39,1% en 2007, el cálculo más reciente corresponde al año de 2013 con una cifra de reducción del 59,4% respecto a la superficie inicial de 1986. (Pedraza, J. 2008).

La pérdida o reducción de superficie del espejo de agua representa alteración del humedal, en lo atinente a la parte cuantitativa, en razón a que el equilibrio dinámico del mismo, está determinado por las óptimas condiciones cualitativas y cuantitativas de la estructura física-biótica del humedal.



Figura 22. *Medición del espejo de agua a través del estereoscopio de espejo.*

Características de las fotografías aéreas utilizadas.

Fotografía aérea 1986: Escala 1: 28.700, C-2332, fotografías pancromáticas

Fotografía aérea 1995: Escala 1: 19.800. C-2496, fotografías pancromáticas

Fotografía aérea 2007: Escala 1: 10.500. C- 2739, fotografías pancromáticas

Fotografía aérea 2009-10. Escala 1: 20.000. Fotografías digitales.

Tabla 7.
Disminución del espejo de agua (análisis multitemporal)

AÑO	SUPERFICIE ESPEJO DE AGUA	MÉTODO	DISMINUCIÓN ESPEJO DE AGUA	
			ÁREA (Has)	%
1986	74	Fotointerpretación		
1995	58	Fotointerpretación	16 has	21,6%
2007	45	Fotointerpretación	29 Has	39,1%
2013	30	Fotointerpretación	44 Has	59,4%

Fuente: Autor

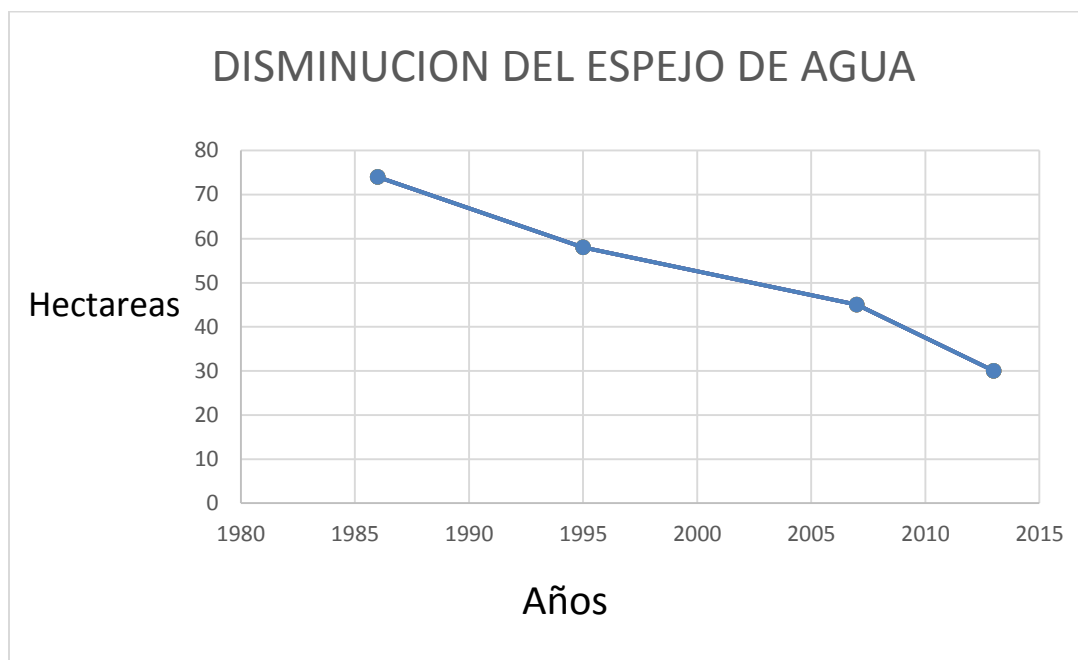


Figura 23. Disminución del espejo de agua

Fuente: Autor

6.6 Matriz de evaluación de impacto Battelle Columbus

PROYECTO: Viviendas a orillas del humedal Juan Esteban - Barrancabermeja

Tabla 8.
Matriz Battelle Columbus

ECOLOGÍA	VALOR UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL (UIA)			SEÑALES DE ALERTA	
	CP	SP	CAMBIO NETO		
ESPECIES Y POBLACIONES					
TERRESTRES					
Bosque de galería	14	4,5	12	-7,5	
Vegetación arbustiva	14	5	7	-2	
Pastizales	14	10	4	4	
Cultivos	14	11	5	6	
Especies de plagas terrestres	14	11	4,2	6,3	
ACUÁTICAS					
Pesca comercial	14	4,5	12,5	-8	
Vegetación natural acuática	14	11	3,2	8,2	
Aves acuáticas	14	3,4	12	-8,6	
Especies icticas	14	4,3	11,5	-7,2	
SUBTOTAL					
HABITATS Y COMUNIDADES					
TERRESTRES					

ECOLOGÍA	VALOR UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL (UIA)				SEÑALES DE ALERTA
	ESPECIES Y POBLACIONES	CP	SP	CAMBIO NETO	
Cadenas alimentarias	12	9,5	9,5	0	
Usos del suelo	12	12	3,5	8	
Especies terrestres raras en peligro	12	10	6,5	3,5	
Diversidad de especies terrestres	14	5,5	11	-4,5	
ACUÁTICAS					
Cadena alimentaria	12	9,5	9,5	0	
Especies terrestres raras en peligro	12	10	6,5	3,5	
Diversidad de especies terrestres	14	5,5	11	-4,5	
Características del humedal	12	4,8	11,2	-6,4	
SUBTOTAL		66	68,7	-0,4	
ECOLOGÍA TOTAL	240	131	140,1	-9,2	

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	VALOR UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL (UIA)				SEÑALES DE ALERTA
	CP	SP	CAMBIO NETO		
Pérdida en la cuenca hidrográfica	20	18	18	0	
DBO	25	20	4	16	
Oxígeno disuelto	31	22	28	-6	
Coliformes fecales	17	15	10	5	
Carbono inorgánico	22	17	15	2	
Nitrógeno inorgánico	25	22	15	7	
Fósforo inorgánico	28	25	19	6	
Pesticidas	16	14	9	5	
pH	18	16	14	2	
Variación de caudal	28	18	25	-7	
Temperatura	28	25	25	0	
Sólidos disueltos totales	25	20	15	5	
Sustancias tóxicas	14	12	7	5	
Turbiedad	20	18	13	7	
SUBTOTAL		262	217	47	
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA					
Monóxido de carbono	5	4,5	4	0,5	
Hidrocarburo	5	4,5	2	2,5	
Óxidos de nitrógeno	10	8	4	4	
Partículas sólidas	12	9	4	5	
Oxidantes fotoquímicos	5	4	2	2	
Óxidos de azufre	10	9	5	4	
Otros	5	4,5	4,5	0	

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	VALOR UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL (UIA)			SEÑALES DE ALERTA
	CP	SP	CAMBIO NETO	
CONTAMINACIÓN DEL AGUA				
SUBTOTAL	44	25,5	18	
CONTAMINACIÓN DEL SUELO				
Usos del suelo	14	13	10	2,5
Erosión	14	13	9	4
SUBTOTAL	26	19	6,5	
CONTAMINACIÓN POR RUIDO				
Ruido	4	3	1	2
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL TOTAL	402	334	262,5	73,5

CP = Con proyecto

SP = Sin proyecto

6.7 Resumen de resultados Matriz Battelle Columbus

Tabla 9.

Resultado compilado de las dos categorías del SEA Battelle

VALOR UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL (UIA)	SEÑALES DE ALERTA	ECOLOGÍA	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
		CP	8 Señales	2 Señales
SP			
CAMBIO NETO		-9,2	73,5

La matriz cuantitativa del instituto Battelle Columbus se utilizó en el presente trabajo de aplicación para solo dos categorías; ecología y contaminación ambiental.

Esta matriz fue ajustada al humedal Juan Esteban, resaltando que la Columna de CP (Con proyecto) no fue proyectada a futuro, pues en el humedal los procesos de conurbación empezaron en la década de los años 80.

Los resultados del cuadro muestran para la categoría ecología, ochos señales de alerta y un valor (-9) en el cambio neto, esto indica impactos negativos que se están presentando en algunos parámetros, debido a la intervención o actividad antrópica ejercida por los habitantes de los barrios aledaños al humedal, lo que obliga a implementar medidas correctivas en pro del humedal.

En la categoría contaminación ambiental se presentan dos señales de alerta y un valor significativo en el cambio neto, lo que indica que es evidente la contaminación en las características físicas y químicas del agua.

6.8 Alternativas sociales, técnicas y ambientales

Estas corresponden a diseño de programas encaminados a prevenir, mitigar, corregir y compensar, recursos naturales impactados por la actividad antrópica, a fin de lograr su preservación, conservación y sostenibilidad en el curso del tiempo.

Tabla 10.
Alternativas Sociales.

Nombre: Programa de educación ambiental.

Objetivo: Capacitar a la comunidad en temas relacionados con manejo y conservación de recursos naturales, manejo integral de residuos sólidos.

Localización: Barrios Buenavista, Villa Rosa, Lagos, El Palmar, Las nieves, La Península, El Castillo, Limonar, Miradores del Limonar.

Alcances: Adquisición de una cultura ambiental a mediano y largo plazo en las comunidades posicionadas en la periferia del humedal.

Metodología: Capacitación a través de talleres y seminarios de la siguiente manera: Cuatro talleres al mes durante seis meses, cada taller tendrá una duración de cuatro horas (media jornada), esta capacitación se empezará con líderes y ediles de la comuna cuatro, estos a su vez serán multiplicadores del conocimiento adquirido ante la comunidad. Los temas a tratar en los talleres son: Manejo integral de residuos sólidos (Selección, transporte y disposición final de residuos), manejo de vertimientos, Protección y conservación de la biodiversidad, legislación ambiental, manejo sostenible de los humedales. La realización de los talleres y seminarios se llevará a cabo en los salones comunitarios de los barrios de la comuna cuatro.

Presupuesto: \$24.000.000. Este valor corresponde a: Honorarios del tallerista, refrigerios, alquiler videobean, material a entregar (fotocopias, cartillas).

Fuentes financiadoras: Secretaría del medio ambiente de Barrancabermeja, Aguas de Barrancabermeja, Ecopetrol, Empresas que deban cumplir compensaciones ambientales exigidas por la autoridad ambiental(CAS).

Tabla 11
Alternativas técnicas

Nombre: Construcción del colector de aguas residuales domésticas del sector suroriente de la comuna cuatro de Barrancabermeja.

Objetivo: Recolectar y conducir de las aguas residuales domésticas hacia la planta de tratamiento de aguas residuales.

Localización: Sector suroriente, comuna cuatro, barrios: Villa Rosa, Bosques de la Cira, El

palmar, Los Almendros, Lagos, José Antonio Galán, Las nieves, Buenavista, Las colmenas, Bellavista, El castillo, La Península, El refugio, Limonar, Miradores del Limonar.

Alcances: Inclusión de este importante sector al Plan Maestro de Saneamiento Hídrico del Municipio de Barrancabermeja.

Metodología: Construcción de colectores de aguas residuales domésticas para cada barrio, a su vez estos se comunicarán al colector principal que llevará las aguas residuales a la planta de tratamiento, la cual está proyectada a construirse aproximadamente a cuatro kilómetros del área urbana del municipio, vía al corregimiento del Llanito.

Presupuesto: Macroproyecto

Fuentes financiadoras: Alcaldía de Barrancabermeja, Ecopetrol. Findeter.

Tabla 12.

Alternativa ambiental 1

Nombre: Programa de reforestación

Objetivo: Reponer el bosque de galería equivalente a la ronda de protección del humedal ciénaga Juan Esteban con especies nativas que en el pasado conformaron esta cobertura arbórea a saber: Hobo (*Spondias mombin*), ceiba amarilla (*Hura crepitans*), Guamo playero (*Inga sp*), Camajón (*Sterculia apetala*), Suán (*Ficus sp*), ceiba (*ceiba pentandra*), Samán (*Samanea samán*).

Localización: Periferia del humedal ciénaga Juan Esteban en una franja aproximadamente de treinta metros de ancho.

Alcances: Reposición total de la ronda de protección del humedal, la cual se encuentra altamente fragmentada.

Metodología: El programa de reforestación se desarrollará con especies nativas propias del bosque de galería, en el establecimiento de las especies se utilizará espaciado de siembra de 3 metros por tres metros para una densidad de 1111 árboles por hectárea, las plántulas se obtendrán de los viveros existentes en la región, el programa además incluye mantenimiento y control fitosanitario los primeros cuatro años.

Presupuesto: \$60.000.000. (12 has.)

Fuentes de financiación: Secretaría del medio ambiente, Ecopetrol, Corporación autónoma

de Santander (CAS)

Tabla 13.

Alternativa ambiental 2

Nombre: Repoblamiento con especies ícticas

Objetivo: Repoblar el humedal ciénaga Juan Esteban con alevinos de las especies: Bocachico, mojarra, bagre pintado, blanquillo, dorada.

Localización: Espejo o lámina de agua del humedal ciénaga Juan esteban, ubicada en la comuna cuatro, Municipio de Barrancabermeja

Alcances: preservar las especies ícticas, amenazadas por la actividad de la pesca y la contaminación de las aguas.

Metodología: El programa de siembra o repoblamiento de especies ícticas se desarrollará en período de lluvia, en razón a que el humedal presenta mayor nivel de profundidad, con ello se asegura mayor supervivencia de los alevinos, los alevinos se obtendrán de la estación piscícola San Silvestre, ubicada en el sector conocido como la represa en la ciénaga san silvestre.

Presupuesto: \$30.000.000

Fuentes de financiación: Secretaría del medio ambiente de Barrancabermeja, Unidad Municipal de asistencia técnica agropecuaria, Ecopetrol.

7. Conclusiones

.- La calidad del agua del humedal ciénaga Juan esteban está muy deteriorada. Muchos parámetros físicos y químicos a saber: Turbiedad, hidrocarburos totales, grasas y aceites están por fuera de la norma de calidad (Decreto 1594/84), en este decreto los valores de DBO y DQO no aplican, sin embargo una tabla de escala de clasificación internacional de la calidad del agua con base en la DBO y DQO (Abarca, F, J. 2002), según los valores obtenidos para estos parámetros en el presente trabajo, se catalogan como aguas fuertemente contaminadas.

.-Según el BMWP/Col, de acuerdo al puntaje obtenido en las muestras, la calidad de las aguas del humedal ciénaga Juan Esteban se catalogan como aguas ligeramente y moderadamente contaminadas.

.- El espejo o lámina de agua del humedal ha disminuido ostensiblemente, los referentes que se tenían eran de 45 hectáreas en el año 2007, los cálculos realizados en el año 2013 señalan que la superficie de espejo de agua fue de 30 hectáreas, la mayor fuente de sedimentos provienen de las descargas de aguas residuales domésticas que se generan en las cocinas, baños y sanitarios de las viviendas y que por ende tienen como destino final el lecho del humedal. En el evento de continuar imperando y aumentando las condiciones de alteración del humedal, es apenas lógico que en un futuro no muy lejano, estaremos presenciando la transformación de una sucesión acuática a una sucesión terrestre.

.-Una vez obtenidos los resultados estructurales analizados a través de los índices de Simpson, Shannon – Wiener y el uso de la curva de rango de abundancia se concluye que el sitio M2 presenta la mayor diversidad de especies, siendo el género *Martarega sp* el más abundante. En cuanto a composición queda claro que el sitio con mayor riqueza de especies calculado a partir del índice de Margalef corresponde a sitio M2 y los valores de similitud de Jaccard indican que los sitios que más se parecen con respecto a las especies únicas y compartidas son M3 y M4.

- La mayor diversidad de especies fue aportada por aquellos organismos que son tolerantes a los procesos de contaminación del agua. De igual manera, estos macroinvertebrados se ubicaron en el punto M2, siendo este, según las caracterizaciones físico químicas el más contaminado en cuanto a la DBO, DQO, dureza y nitratos. Estos resultados se soportan debido a que este punto está influenciado por las descargas de aguas residuales y construcción muy cercana al humedal de pozos séptico de un asentamiento subnormal (invasión) establecido recientemente.

8. Recomendaciones

.- Es importante realizar estudios de toxicidad en los peces, toda vez que existen personas dedicadas a la actividad de la pesca, dicho producto es consumido, sin saber las implicaciones que estos puedan generar en la salud humana.

.- La comunidad debe exigir a los administradores y mandatarios que la conservación y manejo sostenible de los humedales debe estar incluida en los planes de gobierno como política pública.

.- Se deben desarrollar ambiciosos programas de educación ambiental cuyo soporte sea la protección, conservación y manejo sostenible de los humedales, para generar en la comunidad a mediano y largo plazo una cultura ambiental.

Bibliografía

- Abarca, F. J. (2002) Técnica para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. México. 23p.
- Barrancabermeja. Municipio de Barrancabermeja [en línea] disponible en www.barrancabermeja.org
- Colwell R K. (2013) Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. CORANTIOQUIA (2002). Guía de campo para toma de muestras de agua. Medellín. 2002. 14p
- Corporación Autónoma regional de Santander, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Gobernación de Santander. (2006) Plan de Manejo de los Humedales del Magdalena Medio Santandereano. Bogotá. 52p.
- De Pauw, N y Hawkes, H. (1993). Biological Monitoring of river water quality. Ed. W.J. Walley and S. Judd Anston University. U.K. 249 pp.
- Fundación Alma, Empresa Colombiana de Petróleos. (2012) Protocolo de restauración ecológica participativa: Los complejos de humedales del Magdalena Medio. Bogotá. 99p.

- Galvis Fayad. J. (2013) Evaluación físico-química y microbiológica del humedal ciénaga Juan Esteban, Municipio de Barrancabermeja, Santander. Trabajo de grado, Escuela de ingeniería ambiental y saneamiento. Unipaz. 70p.
- Ghetti, P.F y Bonazzi, G. (1981) Macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d' acqua. Consiglio Nazionale delle Ricerche Aq 127 pp.
- Hammer Ø, Dat Harper, Pd Ryan. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontología Electronica 4: 9
- Holdridge. L. (1987) Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. San José de Costa Rica.. 216p.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2004) Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá.. 235p.
- Mina Marulanda N.. (1989) Calidad del agua. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 216p.
- Ministerio de Agricultura. (1984) Decreto 1594 de junio 26 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 9 de 1979 así como algunos títulos del decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogota D. C. 55p
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2006) Resolución N°196 de febrero 1 de 2006. Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia.
- Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. (2004) Resolución N° 157 de febrero 12 de 2004. Por la cual se reglamentan el uso sostenible, conservación y

manejo de humedales y se desarrollan aspectos referidos a los mismos en aplicación de la Convención de Ramsar.

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. (2006) Plan de manejo de los humedales del magdalena medio santandereano. Bogotá. 2006. 52p

Oficina asesora de planeación municipal de Barrancabermeja. (2002) Plan de Ordenamiento Territorial.

Oficina asesora de planeación municipal de Barrancabermeja. (2005) Barrancabermeja en cifras, 2004-2005. 126p.

Pedraza Álvarez, J. (2008) Dinámica de la sucesión vegetal en el humedal Juan Esteban, Municipio de Barrancabermeja.. 8 p.

Pedraza Álvarez, J. (2008) Un día en la vida del humedal Juan Esteban, Municipio de Barrancabermeja. 2008. 9p.

República de Colombia. Congreso Nacional. (1971) Ley 357 de 1997. Por medio de la cual se aprueba la “Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas”, suscrita en Ramsar el 2 de febrero de 1971.

Rangel Parra, O E. (2011) Informe final Línea base y revisión bibliográfica de monitoreo calidad de agua en el Municipio de Barrancabermeja. Secretaría de Medio Ambiente, Alcaldía Municipal. 89p.

Roldan Pérez, G. (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Medellín. 170 p.

Apéndices

Apéndice A. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 1 de 6	



Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1659 de 2011, en los parámetros pH, DBO₅, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestas



Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 5534 de 2010, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano

Informe de resultados No.	I-14-049	Fecha de emisión:	Febrero 19 de 2014
Cliente:	JAIRO PEDRAZA ALVAREZ		
Dirección del cliente:	Calle 53 No. 13-47 Barrio Olaya Herrera - Barrancabermeja		
Solicitud de servicio No.	14-051	No. de muestras:	05
Fecha de recepción de las muestras:	Febrero 05 de 2014		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Febrero 05 de 2014 – Febrero 17 de 2014		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	14-051-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Punto No. 1		
Matriz de la muestra:	Agua Cruda		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Barrancabermeja / Humedal Ciénaga Juan Esteban		
Fecha del muestreo:	Febrero 05 de 2014		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	5,41	Potenciométrico/SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	21,4	Nefelométrico/SM 2130B
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	8,51	Sonda Luminiscente Infrarroja
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	4,34	Titrimétrico / SM 2320 B
Conductividad (uS/cm)	110	Conductivimétrico/SM 2510
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	240,0	Titrimétrico/Reflujo Cerrado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	135	Respirométrico/SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	48,46	Titrimétrico/EDTA/SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ /L)	0,047	Espectrofotométrico/SM4500-NO ₂ B
Nitratos (mg NO ₃ /L)	0,582	Espectrofotométrico/ RODIER
Fosfatos (mg PO ₄ ⁻³ /L)	0,062	Espectrofotométrico/ SM 4500 P E
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	38,12	Turbidimétrico/SM 4500-SO ₄ ⁻² E

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 6	

Informe de resultados No. I-14-049 Solicitud de servicio No. 14-051

2. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 14-051-02	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Punto No. 2	
Matriz de la muestra: Agua Cruda	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Barrancabermeja / Humedal Ciénaga Juan Esteban	
Fecha del muestreo: Febrero 05 de 2014	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	6,22	Potenciométrico/SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	29,7	Nefelométrico/SM 2130B
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	8,03	Sonda Luminiscente Infrarroja
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	13,01	Titrimétrico / SM 2320 B
Conductividad (uS/cm)	141,6	Conductivimétrico/SM 2510
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	640	Titrimétrico/Reflujo Cerrado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	360	Respirométrico/SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	48,46	Titrimétrico/EDTA/SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,105	Espectrofotométrico/SM4500-NO ₂ ⁻ B
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,682	Espectrofotométrico/ RODIER
Fosfatos(mg PO ₄ ⁻³ /L)	0,112	Espectrofotométrico/ SM 4500 P E
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	16,29	Turbidimétrico/SM 4500-SO ₄ ⁻² E

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 6	

Informe de resultados No. I-14-049



Solicitud de servicio No. 14-051

3. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 14-051-03	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Punto No. 3	
Matriz de la muestra: Agua Cruda	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Barrancabermeja / Humedal Ciénaga Juan Esteban	
Fecha del muestreo: Febrero 05 de 2014	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	6,39	Potenciométrico/SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	23,8	Nefelométrico/SM 2130B
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	8,11	Sonda Luminiscente Infrarroja
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	18,67	Titrimétrico / SM 2320 B
Conductividad (uS/cm)	174,6	Conductivimétrico/SM 2510
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	186,7	Titrimétrico/Reflujo Cerrado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	110	Respirométrico/SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	44,42	Titrimétrico/EDTA/SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,082	Espectrofotométrico/SM4500-NO ₂ B
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,572	Espectrofotométrico/ RODIER
Fosfatos(mg PO ₄ ⁻³ /L)	0,078	Espectrofotométrico/ SM 4500 P E
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	22,85	Turbidimétrico/SM 4500-SO ₄ ⁻² E
Hidrocarburos Totales (mg/L)	0,25	Extracción Líquido-Líquido/SM 5520F

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 4 de 6	

Informe de resultados No. I-14-049 Solicitud de servicio No. 14-051

4. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 14-051-04	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Punto No. 4	
Matriz de la muestra: Agua Cruda	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Barrancabermeja / Humedal Ciénaga Juan Esteban	
Fecha del muestreo: Febrero 05 de 2014	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	6,72	Potenciométrico/SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	27,9	Nefelométrico/SM 2130B
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	7,97	Sonda Luminiscente Infrarroja
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	23,01	Titrimétrico / SM 2320 B
Conductividad (uS/cm)	168,4	Conductivimétrico/SM 2510
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	460,0	Titrimétrico/Reflujo Cerrado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	260	Respirométrico/SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	44,42	Titrimétrico/EDTA/SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,079	Espectrofotométrico/SM4500-NO ₂ ⁻ B
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,388	Espectrofotométrico/ RODIER
Fosfatos(mg PO ₄ ⁻³ /L)	0,177	Espectrofotométrico/ SM 4500 P E
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	11,41	Turbidimétrico /SM 4500-SO ₄ ⁻² E

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 5 de 6	

Informe de resultados No. I-14-049

Solicitud de servicio No. 14-051

5. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 14-051-05	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Punto No. 5	
Matriz de la muestra: Agua Cruda	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Barrancabermeja / Humedal Ciénaga Juan Esteban	
Fecha del muestreo: Febrero 05 de 2014	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	5,41	Potenciométrico/SM 4500-H ⁺ B
Turbiedad (NTU)	21,4	Nefelométrico/SM 2130B
Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	8,06	Sonda Luminiscente Infrarroja
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	4,34	Titrimétrico / SM 2320 B
Conductividad (uS/cm)	110	Conductivimétrico/SM 2510
Demanda Química de Oxígeno (mg O ₂ /L)	150	Titrimétrico/Reflujo Cerrado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	90	Respirométrico/SM 5210 D
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	48,46	Titrimétrico/EDTA/SM 2340C
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,047	Espectrofotométrico/SM4500-NO ₂ ⁻ B
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,216	Espectrofotométrico/ RODIER
Fosfatos(mg PO ₄ ⁻³ /L)	14,76	Espectrofotométrico/ SM 4500 P E
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² /L)	38,12	Turbidimétrico /SM 4500-SO ₄ ⁻² E
Grasas y Aceites(mg/L)	57,33	Extracción Líquido-Líquido/SM 5520 B

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 6 de 6	

Informe de resultados No. I-14-049

Solicitud de servicio No. 14-051

5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar(UFC/100 ml)	6800	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales(UFC/100 ml)	700	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

servaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:

Laboratorio Químico de Consultas Industriales
 Luz Yolanda Vargas Pitalb
 Directora del Laboratorio Químico. Msc Química UIS
 MP PQ 1144

Elaboró: Amparo López Guerrero

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia