

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 1 de 9

FECHA	28 de noviembre de 2016
--------------	-------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

SEDE/SECCIONAL/EXTENSIÓN	Seccional Ubatè
---------------------------------	-----------------

DOCUMENTO	Trabajo De Grado
------------------	------------------

FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
---	----------

PROGRAMA ACADÉMICO	Administración Agropecuaria
---------------------------	-----------------------------

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	NO. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
MONTAÑO CORREDOR	NELSON JAVIER	1076657651

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 2 de 9

Director(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
ROBAYO ZAMUDIO	LILIAN MARCELA

TÍTULO DEL DOCUMENTO
ESTUDIO DE APROXIMACIÓN AL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL RIO UBATÉ A CAUSA DE LA INDUSTRIA LÁCTEA.

SUBTÍTULO
(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ADMINISTRADOR
AGROPECUARIO

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS (Opcional)
22/11/2016	116

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS: (Usar como mínimo 6 descriptores)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Macroinvertebrados acuáticos	Aquatic macroinvertebrates
2. impactos ambientales	Environmental impacts
3. Calidad del agua	Water quality
4. Índices de calidad	Quality rates

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 3 de 9

5. Rio Ubaté	Ubaté River
6. Industria láctea	Dairy industry

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS: (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres):

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar un estudio de aproximación al uso de macroinvertebrados acuáticos como alternativa en la evaluación de impactos ambientales generados por la industria láctea en el río Ubaté (Cundinamarca, Colombia), mediante la identificación de las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en el lecho del río, conociendo el grado de similitud entre muestreos aplicando el índice de Jaccard y realizando una aproximación a los resultados de una evaluación ambiental con la aplicación de los índices de calidad de la fundación nacional de saneamiento (NSF), y el índice biótico BMWP/Col, el empleo de esta metodología permitió conocer el estado de la comunidad biológica en los transectos en dos diferentes épocas del año. Los resultados fisicoquímicos, de macroinvertebrados acuáticos y de los índices mostraron que los transectos que tenían contacto con la industria láctea presentaban afectaciones por contaminación, pero debido a que este resultado no es concluyente no podría decirse con certeza el grado de contaminación en que se encuentra el lecho del río, pero si permite tener un acercamiento y conocer la distribución de familias presentes.

Este estudio también permite abrir las puertas al análisis de los ecosistemas en el lecho del río Ubaté, teniendo en cuenta que la taxonomía de los diferentes grupos de macroinvertebrados empieza solo ahora a ser conocida de forma detallada en Colombia y los resultados preliminares de este estudio como las familias y su abundancia, deben ser un aliciente para el desarrollo de nuevas metodologías que se adapten mejor a la evaluación de la calidad ecológica del río Ubaté.

La evaluación de impactos ambientales debe considerarse una prioridad para cualquier empresa, sobre todo para las empresas del sector agropecuario

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 4 de 9

debido que sus recursos son la base para el desarrollo económico de estas y sin un adecuado control y manejo de los recursos se generarán impactos que no solo afectarán a la empresa sino a una comunidad como tal, sumándose a esto las sanciones económicas y legales que se pueden presentar que pueden agravar a un más la situación de dicha empresa, por tal motivo es necesario que se generen nuevas alternativas para evaluar impactos ambientales sin excluir los análisis fisicoquímicos que son de suma importancia y permiten tener mayor acercamiento a una adecuada evaluación ambiental.

ABSTRACT

This research aimed to develop a study approach to the use of aquatic macroinvertebrates as an alternative in the evaluation of environmental impacts generated by the dairy industry in the river Ubaté (Cundinamarca, Colombia). Through the identification of families of present aquatic macroinvertebrates the bed of the river. Knowing the degree of similarity between samples using the Jaccard index and performing an approximation to the results of an environmental evaluation with the application of the quality indices of the national sanitation foundation (NSF) and biotic index the BMWP/Col, employment of this methodology allowed the status of the biological community in transects on two different seasons. Physicochemical results of aquatic macroinvertebrates and indices showed that transects who had contact with the dairy industry had affectations by pollution, but because a queue this result m is inconclusive not could be said with certainty the extent of contamination in which it is the riverbed of river. However, if you allow to have an approach and know the present distribution families.

This study Also Allows you to open the doors to the Analysis of Ecosystem in the riverbed Ubaté. Considering That the taxonomy of the different groups of macroinvertebrates Begins only now to Known Being detail in Colombia and preliminary results of this study as Families and abundance Should be an incentive for the development of new methodology That are better suited to the evaluation of the ecological quality of Ubaté River.

The environmental impact assessment should be a priority for any company, especially for companies in the agricultural sector. Because its resources are the

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 5 de 9

basis for the economic development of these and without adequate control and resource management impacts will be generated not only affecting the company but a community as such, adding to this economic and legal sanctions that may arise that can aggravate to the situation of the company. For this reason it is necessary that new alternatives be generated to assess environmental impacts without excluding physicochemical analysis are critical and allow having closer to an adequate environmental assessment.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un alianza, son:

Marque con una "x":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.		X
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.		X

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 6 de 9

5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.			X
6. La inclusión en el Repositorio Institucional.			X

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 7 de 9

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** **NO** **X** .

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 8 de 9

d) El(Los) Autor(es), garantizo (amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional, cuyo texto completo se puede consultar en biblioteca.unicundi.edu.co

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons : Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 9 de 9

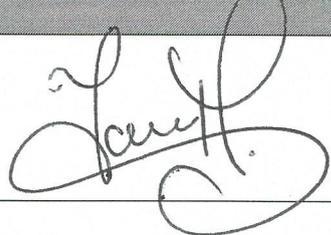
Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Titulo Trabajo de Grado o Documento.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. ESTUDIO DE APROXIMACIÓN AL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL RIO UBATÉ A CAUSA DE LA INDUSTRIA LÁCTEA.	TEXTO
2.	
3.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA
NELSON JAVIER MONTAÑO CORREDOR	

**ESTUDIO DE APROXIMACIÓN AL USO DE MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS
AMBIENTALES EN EL RIO UBATÉ A CAUSA DE LA INDUSTRIA LÁCTEA.**

NELSON JAVIER MONTAÑO CORREDOR

**UNVIERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA**

UBATÉ

2016

**ESTUDIO DE APROXIMACIÓN AL USO DE MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS COMO ALTERNATIVA EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS
AMBIENTALES EN EL RIO UBATÉ A CAUSA DE LA INDUSTRIA LÁCTEA**

NELSON JAVIER MONTAÑO CORREDOR

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ADMINISTRADOR
AGROPECUARIO**

LILIAN MARCELA ROBAYO ZAMUDIO

DIRECTORA DE TESIS

**UNVIERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA**

UBATÉ

2016

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. OBJETIVOS	18
1.1. Objetivo general.	18
1.2. Objetivos específicos.	18
2. MARCO REFERENCIAL	19
2.1. La industria láctea su impacto en la calidad del agua	21
2.2. Vertimientos por la industria de productos lácteos.....	23
2.3. Contaminación por la industria láctea en el municipio de Ubaté.....	25
2.4. Costos ambientales su impacto en las empresas.....	27
2.5. Bioindicadores.	31
2.6. Macroinvertebrados acuáticos.	32
2.7. Índices de calidad de agua.	35
2.7.1. Índices bióticos.	36
2.7.1.1. El método BMWP para Colombia (BMWP / Col).....	37
2.8. Parámetros fisicoquímicos.	40
2.9. Índices físico-químicos ICA.....	42
2.9.1. Índice de calidad de agua “Water Quality Index” (WQI).....	43
3. DISEÑO METODOLOGICO	43
3.1. Tipo de investigación.	47
3.2. Línea de investigación.....	47
3.3. Delimitación.	47
3.3.1. Delimitación Temporal	47
3.3.2. Delimitación geográfica.	47
3.4. Universo	49
3.5. Procedimiento	50
4. ANALISIS DE RESULTADOS	61
5. CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA.....	100
Anexos.....	103

Lista de tablas

Tabla 1. Los macroinvertebrados acuáticos mejor conocidos en Colombia.....	34
Tabla 2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col de acuerdo a los valores originales del BMWP y ajustados por Roldán (2003) para Colombia.....	39
Tabla 3. Clasificación de las aguas, significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/Col y colores para representaciones cartográficas.....	40
Tabla 4. Factores de ponderación NSF.....	45
Tabla 5. Clasificación de calidad de agua en función del índice WQI _{NSF}	46
Tabla 6. Puntos de muestreo.....	52
Tabla 7. Composición de la comunidad de macroinvertebrados.....	61
Tabla 8. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M1.....	65
Tabla 9. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M2.....	67
Tabla 10. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M3.....	69
Tabla 11. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M4.....	71
Tabla 12. Aplicación del índice de Jaccard.....	73
Tabla 13. Aplicación del índice BMWP/Col por muestreo.....	75
Tabla 14. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice BMWP/Col.....	76
Tabla 15. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M1.....	78
Tabla 16. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M2.....	80
Tabla 17. Familias de macroinvertebrados en las dos épocas.....	82
Tabla 18. Similitud entre épocas de muestreo.....	83
Tabla 19. Composición de la comunidad de macroinvertebrados y aplicación del índice BMWP/Col para el muestreo final.....	85
Tabla 20. Clasificación de la calidad del agua de los muestreos en contacto con la industria.....	86
Tabla 21. Clasificación de la calidad del agua en función del WQI _{NSF} para los dos muestreos.....	88
Tabla 22. Resultados de los índices BMWP/Col y el WQI _{NSF}	88
Tabla 23. Costos del monitoreo biológico.....	92
Tabla 24. Costo del monitoreo físico-químico.....	93

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Familias de macroinvertebrados presentes en el lecho del río Ubaté.....	63
Gráfica 2. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo uno (M1)	66
Gráfica 3. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo dos (M2).....	68
Gráfica 4. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo tres (M3).	70
Gráfica 5. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo cuatro (M4).....	72
Gráfica 6. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo uno (M1)	79
Gráfica 7. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo dos (M2).....	81

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Cuencas y Microcuencas Ubaté.....	49
Ilustración 2. Ubicación de muestreos.....	54
Ilustración 3. Calculo del índice WQI_{NSF} para muestreo uno (M1)	87
Ilustración 4. Cálculo del índice WQI_{NSF} Para el muestreo dos (M2).	87

Lista de fotografías

Fotografía 1. Rio Ubaté.....	53
Fotografía 2. Identificación y cuantificación.....	56
Fotografía 3. Identificación de organismos.....	57
Fotografía 4. Identificación de organismos adheridos a material vegetal.....	58

Nota de aceptación

Firma del director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar un estudio de aproximación al uso de macroinvertebrados acuáticos como alternativa en la evaluación de impactos ambientales generados por la industria láctea en el río Ubaté (Cundinamarca, Colombia), mediante la identificación de las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en el lecho del río, conociendo el grado de similitud entre muestreos aplicando el índice de Jaccard y realizando una aproximación a los resultados de una evaluación ambiental con la aplicación de los índices de calidad de la fundación nacional de saneamiento (NSF), y el índice biótico BMWP/Col, el empleo de esta metodología permitió conocer el estado de la comunidad biológica en los transectos en dos diferentes épocas del año. Los resultados fisicoquímicos, de macroinvertebrados acuáticos y de los índices mostraron que los transectos que tenían contacto con la industria láctea presentaban afectaciones por contaminación, pero debido a que este resultado no es concluyente no podría decirse con certeza el grado de contaminación en que se encuentra el lecho del río, pero si permite tener un acercamiento y conocer la distribución de familias presentes.

Este estudio también permite abrir las puertas al análisis de los ecosistemas en el lecho del río Ubaté, teniendo en cuenta que la taxonomía de los diferentes grupos de macroinvertebrados empieza solo ahora a ser conocida de forma detallada en Colombia y los resultados preliminares de este estudio como las familias y su abundancia, deben ser un aliciente para el desarrollo de nuevas metodologías que se adapten mejor a la evaluación de la calidad ecológica del río Ubaté.

La evaluación de impactos ambientales debe considerarse una prioridad para cualquier empresa, sobre todo para las empresas del sector agropecuario debido que sus recursos son la base para el desarrollo económico de estas y sin un adecuado control y manejo de los recursos se generarán impactos que no solo afectarán a la empresa sino a una comunidad como tal, sumándose a esto las sanciones económicas y legales que se pueden presentar que pueden agravar a un más la situación de dicha empresa, por tal motivo es necesario que se generen nuevas alternativas para evaluar impactos ambientales sin excluir los análisis fisicoquímicos que son de suma importancia y permiten tener mayor acercamiento a una adecuada evaluación ambiental.

Palabras claves: Macroinvertebrados acuáticos, impactos ambientales, calidad del agua, índices de calidad, río Ubaté, industria láctea.

ABSTRACT

This research aimed to develop a study approach to the use of aquatic macroinvertebrates as an alternative in the evaluation of environmental impacts generated by the dairy industry in the river Ubaté (Cundinamarca, Colombia). Through the identification of families of present aquatic macroinvertebrates the bed of the river. Knowing the degree of similarity between samples using the Jaccard index and performing an approximation to the results of an environmental evaluation with the application of the quality indices of the national sanitation foundation (NSF) and biotic index the BMWP/Col, employment of this methodology allowed the status of the biological community in transects on two different seasons. Physicochemical results of aquatic macroinvertebrates and indices showed that transects who had contact with the dairy industry had affectations by pollution, but because a queue this result m is inconclusive not could be said with certainty the extent of contamination in which it is the riverbed of river. However, if you allow to have an approach and know the present distribution families.

This study Also Allows you to open the doors to the Analysis of Ecosystem in the riverbed Ubaté. Considering That the taxonomy of the different groups of macroinvertebrates Begins only now to Known Being detail in Colombia and preliminary results of this study as Families and abundance Should be an incentive for the development of new methodology That are better suited to the evaluation of the ecological quality of Ubaté River.

The environmental impact assessment should be a priority for any company, especially for companies in the agricultural sector. Because its resources are the basis for the economic development of these and without adequate control and resource management impacts will be generated not only affecting the company but a community as such, adding to this economic and legal sanctions that may arise that can aggravate to the situation of the company. For this reason it is necessary that new alternatives be generated to assess environmental impacts without excluding physicochemical analysis are critical and allow having closer to an adequate environmental assessment.

Keywords: Aquatic macroinvertebrates, environmental impacts, water quality, quality rates, Ubaté River, dairy industry.

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado. Cada sector según su actividad genera residuos en porcentajes diferentes de acuerdo con los tipos de productos elaborados, la industria láctea al procesar su materia prima más importante como es la leche, producto altamente perecedero que requiere de diferentes procesos para obtener alimentos con periodos de almacenamiento y conservación prolongada genera un gran volumen de residuos sólidos y líquidos (CONAMA-RM, 1998; Restrepo, 2006 citado por Mundo Pecuario, VIII, N° 1, 16-32, 2012).

Entre las industrias que generan mayor contaminación ambiental se encuentra la láctea, que durante la elaboración de productos como el queso origina residuos principalmente constituidos por el suero el cual está compuesto por diluciones de leche cruda, agua y grasas (Garzón & Morán, 2008). Aproximadamente 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lacto suero el cual retiene cerca de 55% del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales (Parra, 2009). Algunas posibilidades de la utilización de este residuo han sido propuestas, pero las estadísticas indican que una importante porción de este residuo es descartada como efluente el cual crea un serio problema ambiental (Aider *et al*, 2009; Fernández, *et al*, 2009 citados por Parra, 2009). Debido a que afecta física y químicamente la estructura

del suelo, lo anterior resulta en una disminución en el rendimiento de cultivos agrícolas y cuando se desecha en el agua, reduce la vida acuática al agotar el oxígeno disuelto (Aider *et al*, 2009 citado por Parra, 2009). Esto puede provocar un impacto a corto, mediano o largo plazo sobre las fuentes de agua que son esenciales para la supervivencia y el bienestar humano, y es importante para muchos sectores de la economía.

En el departamento de Cundinamarca se encuentra el municipio de Ubaté, el cual es conocido como la capital lechera de Colombia, ya que en este tiene lugar el funcionamiento de empresas artesanales con alta producción de quesos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2009). Su economía se basa en la producción del líquido y en la transformación del mismo; numerosas empresas son de carácter formal y otras son informales, según González, Lancheros para el año 2010 se identifican 25 empresas que funcionaban en el área específica del municipio de Ubaté y que reunían los mínimos requisitos para ser consideradas microempresas. Sus características principales fueron: ocupar entre dos y cuatro trabajadores, procesar entre 18 y 800 litros diarios, dedicarse específicamente al procesamiento y fabricación principalmente de quesos y quesadillos y en menor volumen de yogur y kumis; tomar el agua del acueducto municipal y verter sus aguas residuales sin ningún tratamiento al alcantarillado. Y en algunos casos tienen contacto directo con varios afluentes hídricos del municipio, ocasionando olores desagradables, proliferación de insectos y contaminación directa sobre fuentes, corrientes y depósitos de agua.

Durante los últimos 200 años el hombre ha acelerado los procesos de eutrofización modificando tanto la calidad de las aguas, como la estructuras de las comunidades biológicas debido al aumento en la carga orgánica e inorgánica de los cuerpos de agua (Burkholder, 2001 citado por Martínez, 2010). A pesar que la contaminación del agua es esencialmente un problema de tipo biológico, en Colombia la mayoría de estudios de calidad de agua están basados en información de tipo fisicoquímico y bacteriológico y solo durante las últimas décadas se inicia la incorporación del componente biológico en este tipo de estudios (Zúñiga, M. del C. 2009).

Los trabajos relacionados con estudios de impacto ambiental y afectaciones al medio ambiente por parte de la industria agroalimentaria son amplios a nivel mundial, estos estudios han enfocado su atención en la evaluación de parámetros ambientales desconociendo en su mayoría el trasfondo social y económico que estos traen. A nivel nacional, el panorama es similar, teniendo en cuenta que los problemas ambientales causados por los procesos de industrialización a nivel urbano y rural han generado un deterioro gradual de los ecosistemas, provocando impactos negativos principalmente en el recurso hídrico. Desde la visión de la administración agropecuaria resulta innovador e importante revisar los parámetros y alternativas biológicas de trabajo que permitan establecer estudios aplicables, reales en donde pueda evidenciarse las afectaciones ambientales de la industria en un sector específico mediante el uso de estrategias biológicas.

El uso de macroinvertebrados acuáticos constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad de agua, siendo necesario para un adecuado control y conservación de un ecosistema (Roldán, 1996).

A nivel local en el municipio de Ubaté-Cundinamarca son muy pocos los estudios sobre calidad de agua y no existentes a la fecha investigaciones o referentes sobre el uso de macroinvertebrados como bioindicadores. Por tal razón la presente investigación tiene como objetivo elaborar un estudio de aproximación al uso de macroinvertebrados acuáticos como alternativa en la evaluación de impactos ambientales generados por la industria láctea en el río Ubaté, objeto de estudio donde se analizó la presencia de macroinvertebrados en sitios afectados por vertimientos lácteos además se aplicaron los índices de calidad de NSF y el índice biótico BMWP/Col para comparar los resultados obtenidos con la aproximación del estudio teniendo claro que no son resultados concluyentes del impacto ambiental provocado por la industria láctea del municipio sino aproximaciones a ese resultado, por último se buscaba calcular y analizar los costos del uso de macroinvertebrados acuáticos como una alternativa en la evaluación de impactos ambientales para conocer si es viable económicamente la aplicación de esta metodología.

La metodología del estudio se desarrolló en tres momentos; primero trabajo en campo basado en el protocolo de muestreo de Roldán, segundo trabajo en laboratorio apoyado en las planchas de identificación de macroinvertebrados y tercero determinación de costos de la evaluación ambiental; para el primer momento fue necesario realizar un proceso de reconocimiento, identificación y caracterización del afluente hídrico objeto de estudio el

río Ubaté en puntos de influencia de la industria láctea principalmente, el proceso de reconocimiento tuvo una duración de tres días en los cuales se identificaron los sitios de muestreo. La fase de campo fue realizada en dos épocas que comprendió la época del año lluviosa con fecha de 9 de Septiembre del 2015, donde se tomaron muestras en transectos afectados por vertimientos lácteos y en puntos que no estaban siendo afectados por la industria láctea inicialmente para identificar las familias presentes en el lecho del río Ubaté, comparar la similitud entre muestreos con el índice de Jaccard y segundo para comparar el puntaje obtenido por el índice BMWP/Col, la segunda época fue la de transición con fecha de 20 de abril de 2016, donde solamente se muestrearon los transectos afectados y se aplicaron los índices NSF y BMWP/Col para generar una aproximación al resultado que se puede obtener con un monitoreo biológico.

El estudio permitió responder a la pregunta de investigación ¿Cómo se podría determinar el uso de macroinvertebrados acuáticos como una alternativa en la evaluación de impactos ambientales? Con esta pregunta resuelta, se podría contemplar el uso de macroinvertebrados en la evaluación de impactos ambientales provocados no solo por la industria láctea sino también por las actividades del sector agropecuario, el poder evaluar un impacto ambiental permite tomar decisiones adecuadas pensando en el componente ambiental sin tener que dejar de ser productivo o tener que aumentar demasiado los costos de producción, ya debe existir un compromiso medio ambiental por parte de las empresas, también el estudio permite que se habrán oportunidades para conocer más sobre la comunidad de macroinvertebrados presentes en el lecho del río Ubaté.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general.

- Elaborar un estudio de aproximación al uso de macroinvertebrados acuáticos como alternativa en la evaluación de impactos ambientales generados por la industria láctea en el río Ubaté.

1.2. Objetivos específicos.

- Identificar las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en el lecho del río Ubaté.
- Comparar los resultados obtenidos por el índice BMWP/Col y el índice de calidad NSF generados a partir de la aproximación del uso de macroinvertebrados y los análisis físico-químicos.
- Calcular y analizar los costos del uso de macroinvertebrados acuáticos como una alternativa en la evaluación de impactos ambientales generados por la industria láctea en el río Ubaté.

2. MARCO REFERENCIAL

La administración no sólo es un factor importante, sino determinante en el éxito o fracaso de cualquier negocio, incluido el agropecuario. La tarea más relevante de un administrador es tomar decisiones y ponerlas en ejecución. Las decisiones que se toman en la empresa agropecuaria requieren tomar en consideración el tiempo, ya que se refieren a eventos futuros sobre los cuales no se cuenta, obviamente, con gran información. Una de las limitaciones más importantes en las decisiones del administrador agropecuario se genera con la naturaleza física y biológica de la producción de ese sector. El proceso de decisiones de la empresa agropecuaria se desarrolla en un ambiente de riesgo e incertidumbre (Guerra, G. 1992).

Los recursos naturales son proporcionados por la naturaleza; tienen gran influencia en la elección de los rubros de producción, según Brevis y Jolly (1970). Se reconocen tres tipos de recursos naturales: tierra, agua y clima. Donde el agua es un recurso cuya disponibilidad condiciona lo que se puede producir, razón por la cual es necesario conocer, por una parte, los requisitos específicos de agua de los diferentes cultivos y, por otra, las disponibilidades en las distintas épocas del año agrícola (Guerra, G. 1992).

La gestión y administración adecuada de los recursos hídricos obliga a conocer su comportamiento y respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas, siendo necesaria la implementación de métodos rápidos y económicos para el diagnóstico de las características de las fuentes de agua (Gómez *et al.*, 2007 citado por Hahn-vonHessberg,

Toro, Grajales, Quintero & Serna, 2009). Para este tipo de análisis se usan los bioindicadores, que son organismos puntuales y selectos de estrés ambiental que pueden evaluar y predecir los efectos de las modificaciones ambientales antes que el daño sea irreversible (McCarthy & Shugart., 1990 citado por Hahn-vonHessberg, C. M., *et al.*, 2009).

La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado. Cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de productos que fabrican (Restrepo, 2012).

Los recursos naturales son insumos de los procesos productivos que generan residuos y desechos contaminantes debido a ineficiencias internas que son descargados en el ambiente. Esto podría crear condiciones de escasez de algunos recursos naturales, y generar problemas de deterioro ambiental y salubridad. Si se explota el medio buscando únicamente el beneficio privado, se pueden causar impactos ambientales que reducen el bienestar de terceras personas no relacionadas con los procesos productivos. Estos impactos constituyen “externalidades negativas” susceptibles de valoración económica. La contaminación ambiental se relaciona con esta ausencia de “internalización” de los costos externos o “externalidades ambientales” que generan los empresarios en perjuicio de la sociedad (Panayotou, Faris, Uribe, Duque, Galarza & Del Valle 2003).

En circunstancias normales, un empresario define el nivel óptimo de producción tomando en cuenta costos directos, tales como materias primas, mano de obra, capital, etc., sin incluir los costos ambientales generados, que al no asumirlos, los transfiere a terceros. Estos costos a los que se puede asignar un valor monetario, se expresan en forma de agotamiento y deterioro de los recursos naturales; contaminación del agua, del aire y del suelo; y en efectos negativos a la salud. Al no internalizar los costos ambientales, el empresario define un nivel de producción diferente al óptimo social (Panayotou, T., *et al.*, 2003).

2.1. La industria láctea su impacto en la calidad del agua

Durante los años 70, la raza humana aumentó la generación de contaminación más de lo que generaba en décadas anteriores; esto produjo entre otras cosas más emisiones de las que la atmósfera puede absorber y consumir más recursos renovables de lo que la biocapacidad anual de la tierra permite. Este conjunto de procesos sigue incrementándose en intensidad y se les denomina “translimitación ecológica” (World Wildlife Fund International WWF, 2010).

La contaminación ambiental de origen industrial, se caracteriza por la emisión, dispersión y concentración de contaminantes naturales y sintéticos cuyo destino final son los diferentes elementos ambientales. Dichos contaminantes dependiendo de sus propiedades físicas y químicas, producen alteraciones al biotopo donde se encuentran y, además, debido a sus propiedades toxicológicas afectan a los organismos vivos presentes en dichos

medios, produciendo cambios ya sean en el comportamiento, fisiológicos o de toxicidad (Jairo Alberto, 2005 citado por Quintero & López, 2008).

La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado. La industria láctea por su diversidad de procesos y productos genera una gran cantidad de residuos sólidos, líquidos y gaseosos los cuales se ven incrementados al mejorar la productividad, calidad y sanidad de los mismos (Mundo Pecuario, VIII, N° 1, 16-32, 2012).

El impacto ambiental de este tipo de industrias no se deriva del uso de tecnologías obsoletas o materias primas contaminantes. Se debe casi exclusivamente a prácticas de proceso descuidadas, al desperdicio, a la ausencia de aprovechamiento o disposición inadecuada de subproductos y a la falta de instalación y mantenimiento apropiado de sistemas de pretratamiento de los vertimientos industriales. Tampoco existen programas de uso racional de agua ni prácticas de limpieza en seco, que podrían disminuir significativamente tanto el volumen como la carga de contaminantes de los efluentes (Quintero & López, 2008).

Los aspectos ambientales significativos en las empresas del sector de producción y acopio de leche cruda son los consumos de agua y energía, la generación de vertimientos con altos contenidos de materia orgánica y sólidos. También, potencialmente se pueden emitir gases refrigerantes, ruido y vibraciones; por lo tanto, una acción efectiva dentro de la gestión ambiental, es hacer uso de la evaluación de impacto ambiental para identificar y

valorar los aspectos ambientales de potencial ocurrencia e incidencia, con el fin de establecer medidas de prevención, mitigación y control de los impactos negativos de mayor significación, y lograr un desarrollo sostenible de la planta de acopio garantizando su permanencia en el tiempo y espacio (V. Conesa Fdez., 1996 citado por Quintero & López, 2008).

Tanto los subproductos del procesamiento de la leche como los derivados lácteos por su naturaleza orgánica son fácilmente putrescibles, razón por la cual deben ser utilizados o evacuados muy rápidamente una vez se han producido pues generan olores ofensivos tanto para el personal que labora en la industria, como para la comunidad vecina (Quintero & López, 2008).

2.2. Vertimientos por la industria de productos lácteos.

En las plantas medianas y pequeñas de productos lácteos y las plantas de leche fresca; el procesamiento de la leche que se recibe en la mañana se limita a unas cuantas horas, por lo tanto los vertimientos son descargados por lotes. Los vertimientos se caracterizan por su bajo contenido de sólidos suspendidos, excepto las partículas de cuajo que pueden encontrarse en las aguas residuales de la producción de queso, una moderada demanda de oxígeno y fuerte olor a ácido butírico originado por la descomposición de la caseína. El pH es neutro o ligeramente alcalino, pero tiende a acidificarse rápidamente a causa de la fermentación de la lactosa y posterior conversión a ácido láctico (Quintero & López, 2008).

Según Quintero y López (2008) las aguas residuales de las industrias lácteas se pueden clasificar en tres tipos:

1. Aguas de proceso de enfriamiento, calentamiento y refrigeración: esta agua circula por tuberías y equipos sin entrar en contacto directo con los productos. Por ello su contaminación es mínima. Se deben volver a utilizar para disminuir el consumo de agua así como el consumo energético.
2. Aguas sanitarias: procedentes de lavabos, retretes, cocinas; que se envían al sistema de alcantarillado.
3. Aguas industriales: procedentes del lavado de depósitos, de equipos con soluciones de limpieza, etc., por lo que llevan residuos de productos y están contaminadas además por soluciones ácidas y de desinfectantes.

El agua residual generada en la industria láctea posee altas cargas contaminantes que evidencian impactos en los cuerpos receptores y por tanto hacen necesarios técnicas más potentes para alcanzar las reducciones impuestas por la normatividad ambiental vigente (Corpas & Herrera, 2013).

la legislación colombiana en los decretos 1594 de 1984 [8], 3930 de 2010 y 3100 de 2003 establecen los criterios de calidad de agua para vertimientos industriales y el cobro de tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de vertimientos puntuales, obligando a que las empresas establezcan estrategias para favorecer la reducción de la carga contaminante (DBO5,DQO,SST) y así poder reducir el pago de impuestos y destinar el agua, posterior a su tratamiento, para actividades agrícolas y

pecuarias, sin que constituyan un riesgo significativo para el deterioro de cultivos y animales. En el caso particular de aguas residuales de industrias lácteas se reportan importantes trabajos que consideran distintas alternativas de tratamiento en función de las características específicas del efluente (Corpas & Herrera, 2013).

2.3. Contaminación por la industria láctea en el municipio de Ubaté.

La Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA), elaboró un estudio sobre el plan de mejoramiento ambiental regional para la cuenca de la Laguna de Fúquene. En él, se señala como una de las causas puntuales de contaminación de los cuerpos de agua de la región, el vertimiento sin ningún tipo de tratamiento de aguas residuales industriales, entre las cuales destaca las industrias de enfriamiento y procesamiento de productos lácteos, que para el año 2000, oscilaba sobre las 50 industrias en la cuenca hidrográfica del Valle de Ubaté.

La Unidad de Asistencia para la Pequeña y Mediana Industria (ACERCAR) con sede en Bogotá, en el año 2003, elaboró un estudio sobre el impacto ambiental de las industrias y dentro del capítulo de las fuentes de contaminación destaca los vertimientos de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua de las diferentes industrias de procesamiento de productos lácteos, particularmente en la Sabana de Bogotá y en los Valles de Ubaté y Chiquinquirá (González, 2010).

Ubaté, es la principal fuente hídrica de la población; por su cauce, hoy corre cada vez mucha menos agua que antes, y la que hay está conformada en buena parte por aguas residuales (negras). Los ribereños viven prácticamente al lado de una alcantarilla descubierta. En lugar de peces y aguas cristalinas lo que pulula son residuos tóxicos, algas verdes que según los expertos sólo se dan en aguas muy contaminadas y residuos evidentes de un líquido acuoso: leche (González, 2010).

Las empresas procesadoras de productos lácteos botan sus aguas residuales (con alto contenido de leche y grasa) a los cuerpos de agua, hecho éste que hizo colapsar la planta de tratamiento de aguas del municipio, que fue inaugurada en el año 1997 y en el 2000 su función depuradora era prácticamente nula en virtud de la inmensa carga contaminante que le llegaba y para la cual no estaba habilitada. No cuentan con sistemas de pre-tratamiento de aguas, no adecuan sus vertimientos a las normas mínimas para un río catalogado como de tipo b (aguas para uso agropecuario, no humano) (González, 2010).

Entre los impactos más importantes, identificados con plena certeza para la industria, que para el caso específico de Ubaté, ésta es realmente incipiente, pues se reduce casi que exclusivamente a la de procesamiento de productos lácteos, se puede mencionar los siguientes:

- Afectación a la salud humana
- Afectación a las especies animales y vegetales
- Deterioro de la calidad del agua y del aire
- Afectación del suelo
- Proliferación de malos olores en su área de influencia

- Deterioro de las visuales paisajísticas
- Presión sobre el insumo agua, por consumos excesivos.
- Deterioro progresivo de la calidad de vida de la población

Según óscar Iván González Lancheros para el año 2010 se identificaron 25 empresas que funcionaban en el área específica del municipio de Ubaté y que reunían los mínimos requisitos para ser consideradas microempresas. Se dedicaban específicamente al procesamiento y fabricación principalmente de quesos y quesadillos y en menor volumen de yogur y kumis; tomaban el agua del acueducto municipal y vertían sus aguas residuales sin ningún tratamiento al alcantarillado.

Los pequeños industriales consideraban que el cumplimiento de la regulación ambiental es un asunto costoso, que les disminuye de manera significativa su competitividad al aumentar los costos. Consideraban igualmente, que es más importante dar trabajo que controlar la contaminación (González, 2010).

2.4. Costos ambientales su impacto en las empresas.

Actualmente, ninguna empresa u organización debería ignorar la incidencia de la problemática ambiental, porque el medio ambiente es un factor de riesgo y competitividad.

Tanto los costos de prevención o de reparación del daño ambiental, como los que surgen de la aplicación de políticas ambientales, requieren de un análisis para su tratamiento contable. En primer lugar, las empresas han de incluir en sus definiciones estratégicas

información sobre los problemas medioambientales que afectan a la industria en general y a la propia empresa. Deberán evaluar el impacto medioambiental de sus actividades como paso previo necesario para mejorar su eficiencia al determinar dónde concentrar sus esfuerzos de mejora. Por lo tanto, lo fundamental es tener una amplia información a la hora de usar los recursos escasos y en el momento de enfocar actividades de mejora. En segundo lugar, las organizaciones poseen la responsabilidad social de informar acerca de la relación de la empresa y sus grupos sociales, (empleados, accionistas, clientes, proveedores, y autoridades estatales) y el impacto social que la misma ejerce (Helouani, 2002).

Actualmente las empresas asumen diferentes actitudes frente al tema medioambiental desde aquellas indiferentes a otras firmemente comprometidas pero en ningún caso son ajenas a la necesidad inmediata de comenzar a gestionar la repercusión medioambiental de sus actividades en razón de la creciente tendencia regulatoria y las características del entorno.

Las empresas incurren en costos ambientales por tres motivos distintos: legales, sociales, y de mercado; siendo los primeros obligatorios y los restantes voluntarios. Los costos ambientales incurridos por cuestiones **legales** son aquellos que derivan de las normas ambientales emitidas por los entes de control, mientras que los incurridos por cuestiones **sociales y culturales** derivan de las expectativas de la sociedad y la cultura en la que opera la empresa. En cambio, los costos ambientales de **mercado** derivan de la presión que ejercen los consumidores al preferir productos que cumplen con normas ambientales, por ejemplo el etiquetado. Además de los costos, es necesario mencionar los ingresos

ambientales derivados de los mismos; tales como subvenciones, venta o alquiler de tecnologías propias y servicios ambientales, beneficios por menor generación de residuos, etc. En términos generales, hablamos de ventajas competitivas que obtienen las empresas con una adecuada gestión del medioambiente (Helouani, 2002).

Según Helouani (2002) las actividades relacionadas con el medioambiente generan costos que pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Los costos de prevención: son aquellos destinados a eliminar potenciales causas de impactos ambientales negativos. Por ejemplo, el rediseño de procesos o la sustitución de materiales.
- Los costos de evaluación: son los dirigidos a medir y monitorear las fuentes potenciales de daños ambientales. Por ejemplo, auditorías ambientales, información por suministrar a los entes de control, monitoreo de emisiones.
- Los costos de control: son aquellos encaminados a contener sustancias peligrosas que son utilizadas o producidas. Por ejemplo, plantas de tratamiento o tanques reforzados para almacenar productos químicos.
- Los costos de fracasos: son los destinados a remediar los daños ambientales ocasionados. Por ejemplo, el pago de indemnizaciones o multas.

Desde el punto de vista de la registración contable, se los puede clasificar en:

- Costos ambientales evidentes: son aquellos que pueden ser tomados directamente de las cuentas contables. Por ejemplo, costos de eliminación de los residuos.

- Costos ambientales ocultos: son aquellos que están asentados en la contabilidad, pero solamente pueden ser obtenidos a través de diversos registros, por ejemplo: amortizaciones relevantes para el medioambiente, costos de personal para actividades operativas ambientales (Helouani, 2002).

Además de los costos, es necesario mencionar los ingresos ambientales derivados de los mismos; tales como subvenciones, venta o alquiler de tecnologías propias y servicios ambientales, beneficios por menor generación de residuos, etc.

En términos generales, hablamos de ventajas competitivas que obtienen las empresas con una adecuada gestión del medioambiente (Helouani, 2002).

El medioambiente puede ser una variable tanto o más importante que las proyecciones financieras, comerciales o de recursos humanos para el futuro de la empresa y, por ende, debe considerarse necesariamente dentro de la planeación estratégica. La empresa requiere definir políticas y objetivos concretos del desempeño ambiental y establecer las estructuras y mecanismos de control que aseguren su logro. Aquellas que no lo reconozcan así, corren un riesgo cierto de ser aventajadas en el corto plazo por empresas competidoras mejor orientadas o, incluso, de desaparecer por su incapacidad de adaptarse a un medio dinámico que requiere nuevas habilidades y conductas en un aspecto muy importante para toda la humanidad (Helouani, 2002).

2.5. Bioindicadores.

Polanía (2010), se refiere a un Indicador Biológico o bioindicador como una especie de planta o animal que muestra cambios de presencia/ausencia y una condición y/o comportamiento particular que proporciona información sobre la salud de un ecosistema cuando éste es sometido a una tensión. Sin importar los factores que la causen, ocasiona cambios cuantitativos y cualitativos en la estructura y el funcionamiento de las comunidades.

Los indicadores biológicos ayudan a la simplificación y síntesis de datos complejos, facilitando la transmisión de la información para el público interesado, incluyendo los propios usuarios del recurso, la prensa y los tomadores de decisión (Dauvin *et al.*, 2010 citado por Rodríguez & Mesa 2015). La idea fundamental que sustenta el concepto de Indicador Biológico es que los organismos o grupos seleccionados brinden, expresen o integren información sobre su hábitat. Una vez conocido esto, podrán ser una alternativa rápida y económica para evaluar los impactos sobre la biota (Martínez-Quiroga 2009 citado por Rodríguez & Mesa, 2015).

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. Para el año 1988 Roldán 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. Y 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.

2.6. Macroinvertebrados acuáticos.

Dentro de los indicadores biológicos más relevantes para el estudio de ecosistemas acuáticos se encuentran las macrófitas, los peces y los macroinvertebrados acuáticos (o fauna bentónica); cobrando este último una importancia significativa.

Roldán en el año 1992 describe a los Macroinvertebrados acuáticos como organismos que no tienen espina dorsal y que son visibles sin usar un microscopio. En la mayoría de los riachuelos, la energía disponible para los organismos se almacena en las plantas y se pone a disposición de la vida animal en forma de hojas y algas que comen los macroinvertebrados. A su vez, estos son una fuente de energía (alimento) para aves, mamíferos y peces.

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados bentónicos han recibido una gran atención en los estudios de los ecosistemas de aguas corrientes, principalmente por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores como por ejemplo peces, por ser transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, etc.)

principal entrada de energía a los sistemas fluviales, y también son destacados por su actual utilidad como indicadores biológicos para realizar estudios de análisis de agua que están orientados a la determinación de las características fisicoquímicas del agua y de las comunidades asociadas a ellas. Se parte del principio de que a cada tipo de ecosistema está asociado a una determinada comunidad de organismos (Margalef, 1983,1998; Roldán, 1992, 1996).

Las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados como los mejores indicadores de calidad del agua son las siguientes (Roldán, 2003):

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar.
- Son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como las bacterias, virus, entre otros.
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Proporcionan información para integrar efectos acumulativos.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en el laboratorio.
- Responden rápidamente a los tenses ambientales.
- Varían poco genéticamente.

Los diferentes niveles de perturbación de los ecosistemas acuáticos continentales afectan a las comunidades de macroinvertebrados que allí se han establecido tal como lo plantean Prat & Ward (1994) tanto en la riqueza de especies, en diversidad y en la productividad, caracterizándose naturalmente por ser diversas y heterogéneas y cuando aparecen perturbaciones moderadas las comunidades sensibles van desapareciendo y las más tolerantes se van posicionando del sector y puede presentarse aumento de la depredación con altas perturbaciones, desaparecen las comunidades más intolerantes y las tramas alimenticias se hacen más simple, más lineales, y cuando la contaminación es más elevada solo aparecen unas pocas especies extremamente tolerantes en grandes números. En condiciones extremas de contaminación aparecen bacterias, ciliados y algas (Camargo, 2004).

Tabla 1. Los macroinvertebrados acuáticos mejor conocidos en Colombia.

ORDEN	FAMILIA	ORDEN	FAMILIA
Hidroida	Hydridae		Dytiscidae
Tricladida	Dugesiidae		Gyrinidae
Gordioidea	Chordodidae		Hydrophilidae
Haplotaxida	Tubificidae		Elmidae
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae		Noteridae
Hirudiniformes	Ozobanchidae		Haliplidae
	Cyclobdellidae		Staphylinidae
	Lymnaeidae	Coleoptera	Psephenidae
Basommatophora	Physidae		Ptilodactylidae
	Planorbiidae		Scirtidae
	Ancylidae		Chrysomelidae
	Hydrobiidae		Limnichidae
Mesogastropoda	Ampullariidae		Lutrochidae
	Thiaridae		Dryopidae
Veneroidea	Sphaeriidae		Hydraenidae
Ephemeroptera	Baetidae		Calamoceratidae
	Oligoneuriidae	Trichoptera	Glossosomatidae
	Leptohiphidae		Hydropsychidae

	Leptophlebiidae		Helicopsychidae
	Euthyplociidae		Hydroptilidae
	Caenidae		Leptoceridae
	Polymitarcidae		Atriplectididae
	Ephemeridae		Anomalopsychidae
	Libellulidae		Hydrobiosidae
	Gomphidae		Odontoceridae
	Aeshnidae		Philopotamidae
	Polythoridae		Polycentropodidae
Odonata	Calopterygidae		Xiphocentronidae
	Coenagrionidae	Lepidóptera	Pyralidae
	Lestidae		Tipulidae
	Megapodagrionidae		Psychodidae
Plecóptera	Perilestidae		Blepharoceridae
	Perlidae		Culicidae
Megaloptera = Neuróptera	Corydalidae		Dixidae
	Sialidae		Ceratopogonidae
	Corixidae	Díptera	Chironomidae
	Belostomatidae		Simuliidae
	Nepidae		Stratiomyidae
	Gelastocoridae		Tabanidae
	Naucoridae		Empididae
	Pleidae		Dolichopodidae
	Notonectidae		Muscidae
Hemíptera	Saldidae		Sciomyzidae
	Veliidae	Acari	Lymnessiidae
	Gerridae	Amphipoda	Hyalellidae
	Hydrometridae		Pseudothelpusidae
	Mesoveliidae	Decápoda	Palaemonidae
	Hebridae		
	Helotrephidae		

Fuente; Roldán, Pérez. G. (2003)

2.7. Índices de calidad de agua.

Un índice de calidad de agua, consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como

una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color (Parada & Ortega 2005).

Su ventaja radica, en que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Consecuentemente, un índice de calidad de agua es una herramienta comunicativa para transmitir información. Los usuarios de esta información pueden estar estrechamente relacionados, como: biólogos, ingenieros sanitarios y ambientales, administradores de recursos hídricos; o en su defecto personas apenas familiarizados con la misma, como el caso de usuarios, abogados y público en general; sin embargo unos y otros podrán rápidamente tener una idea clara de la situación que expresa el índice como contaminación excesiva, media o inexistente, entre otras, de fácil comprensión y abstracción (Parada & Ortega 2005).

2.7.1. Índices bióticos.

Suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, y se basan en el concepto de los organismos indicadores. Permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación. Para ello se les asigna un valor numérico a los grupos de invertebrados de una muestra en función de su tolerancia a un tipo de contaminación. Los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todos estos valores indica la calidad de ese ecosistema (Baddi, Garza & Landero, 2005).

2.7.1.1. El método BMWP para Colombia (BMWP / Col).

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. Este método sólo requiere llegar hasta 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 (Roldán, 2003).

Biological Monitoring Working Party (BMWP). Representa un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Con el apoyo del National Water Council, Armitage *et al.* (1983), ordenaron las familias de macroinvertebrados acuáticos en 10 grupos siguiendo un gradiente de mayor a menor tolerancia a la contaminación. A cada familia le hicieron corresponder una puntuación que oscila entre 1 y 10. Con este sistema fue posible comparar la situación relativa entre estaciones de muestreo y finalmente con esta información se creó el índice BMWP.

Las familias más sensibles como 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 todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxón), esto es, el puntaje total 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, 2003).

Teóricamente, una medida ideal de la calidad del agua estaría dada por la determinación del grado de composición al cual una comunidad difiere de la que fue considerada típica para un determinado ecosistema acuático. Usando un modelo computarizado llamado RIPACS (River Invertebrate Prediction y Classification System) desarrollado en Inglaterra, es posible comparar la comunidad de invertebrados encontrada en un sitio determinado con la prevista en un lugar no contaminado (Roldán, 2003).

En Latinoamérica se han hecho intentos de aplicar índices para evaluar la calidad de las aguas. El libro "Bioindicación de la calidad del agua en Colombia" de (Roldán, 2003), propone el uso del BMWP/Col; que no es más que una modificación del BMWP, aplicando un puntaje de 1 a 10 a las diferentes familias de macro-invertebrados comunes en el país y para las clases de calidad de agua normalmente encontradas. Esta modificación, además incluye un color significativo para representaciones cartográficas.

Tabla 2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col de acuerdo a los valores originales del BMWP y ajustados por Roldán (2003) para Colombia.

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

Fuente; Roldán, Pérez. G. (2003)

Finalmente tras la suma de los valores correspondientes a cada una de las familias presentes en la zona de estudio, se obtiene la calidad del agua, que se puede encuadrar en una de las cinco clases.

Tabla 3. Clasificación de las aguas, significado ecológico de acuerdo al índice BMWP/Col y colores para representaciones cartográficas.

CLASE	CALIDAD	VALOR DEL BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150 101-120	Aguas muy limpias a limpias	 AZUL
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	 VERDE
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	 AMARILLO
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	 NARANJA
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	 ROJO

Fuente; Roldán, Pérez. G. (2003)

2.8. Parámetros fisicoquímicos.

Los parámetros fisicoquímicas del agua representan una herramienta fundamental para en el estudio y determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las variables fisicoquímicas son:

- pH. El término pH expresa la intensidad de un ácido, dependiendo de su capacidad de disociación, así como de su concentración.
- Temperatura. La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (Roldán, 1992).

- La turbiedad. Es el grado de opacidad producido en el agua por la materia orgánica particulada en suspensión. La concentración de sustancias determina la transparencia del agua puesto que limita el paso de la luz (Roldán, 1992).

- Conductividad. La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica (Roldán, 1992).

- El color. Es producido por colorantes disueltos o ácidos húmicos de plantas, la presencia de hierro, manganeso y plancton causan alteraciones en el color de un cuerpo de agua. Desde el punto de vista limnológico el color aparente del agua se debe al resultado de la acción de la luz sobre los materiales particulados suspendidos (Roldán, 1992).

- Oxígeno Disuelto (OD). Es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. Puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal (Roldán, 1992).

- Dióxido de carbono. Este proviene de la respiración de los organismos y de la oxidación de la materia orgánica. La presencia de la acidez está asociada a la presencia del dióxido de carbono, sin embargo tiene poca importancia desde el punto de vista de la potabilidad (Roldán, 1992).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): es la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias, principalmente para descomponer materia orgánica bajo condiciones aeróbicas, lo que quiere decir que en términos generales permite conocer la cantidad de materia orgánica presente en el cuerpo de agua (Roldán, 1992).

- Fosfatos. Es un elemento muy importante para la función de las células, sirve como componente básico para la estructura de los ácidos nucleicos y de la molécula ATP (trifosfato de adenosina), (Roldán, 1992).

- Nitratos. La existencia de éstos en aguas superficiales no contaminadas y sin aporte de aguas industriales y comunales, se debe a la descomposición de materia orgánica (tanto vegetal como animal) y al aporte de agua de lluvia. En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos (Roldán, 1992).

2.9. Índices físico-químicos ICA.

Los índices de calidad son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de diferentes parámetros. Su combinación da una visión más precisa del estado ecológico y el estado del medio biológico (Reolon, 2010).

Los índices fisicoquímicos se basan en la combinación de diferentes parámetros fisicoquímicos para proporcionar una visión global de la calidad del agua. Los valores de nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, concentración de oxígeno, TOC, conductividad, pH y temperatura se usarán para obtener un nivel global de la calidad fisicoquímica de los ríos. Son convertidos a un valor único -índice-, el cual se encuentra entre 0 (cero) (muy mala calidad) y 100 (excelente calidad).

Existen índices que a pesar de haber sido desarrollados para las condiciones propias de una región o un país son ampliamente utilizados en el mundo y han sido validados en diferentes estudios, como los índices ICA de la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NSF) (1970) y el ICA de Dinius (1987).

A partir de estos, varios autores y entidades de control ambiental han realizado modificaciones para adaptarlos a las condiciones específicas de diferentes ríos (Reolon, 2010).

2.9.1. Índice de calidad de agua “Water Quality Index” (WQI)

El índice WQI fue desarrollado en 1970 por la National sanitation foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delph de la “Rand Corporations” (Ball y Church, 1980 citado por Parada & Ortega, 2005). Esta técnica es

utilizada comúnmente en paneles de expertos, que para la época fueron 142. El NSF, tiene la característica de ser un índice multiparámetro, y se basó en tres estudios. En el primero, se probaron 35 variables de contaminación incluidos en el índice; los expertos opinaron sobre ellos y clasificaron los mismos en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso” o “incluido”. Dentro de los incluidos debían dar una calificación de 1 a 5, de acuerdo a su mayor o menor importancia, siendo uno la calificación más significativa. Igualmente tuvieron la oportunidad de incluir más variables (Ott, 1978; Brown *et al.*, 1970 citado por Parada & Ortega, 2005).

En un segundo estudio, se dio la evaluación comparativa de las respuestas dadas por todos los expertos, de tal manera que se modificaran las respuestas si se determinaba conveniente. Como resultados de este segundo estudio, nueve fueron las variables identificadas de mayor importancia: Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, pH, DBO₅, Nitratos, Fosfatos, Desviación de la Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales (Parada & Ortega, 2005).

Finalmente, en el tercer estudio, los participantes fueron cuestionados sobre el desarrollo de una curva de valoración para cada variable. Los niveles de Calidad de Agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas. Cada participante realizó la curva que pensó que representaba la variación de la calidad del agua, causada por el nivel de contaminación de las variables. Estas curvas fueron conocidas como “Relaciones Funcionales” o “Curvas de Función (Ott, 1978; Brown *et al.*, 1970 citado por Parada & Ortega, 2005).

ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE

Para estimar el índice de calidad, WQI_{NSF} , se asignan factores de ponderación a cada una de las variables en las que se fundamenta, de tal forma que éste puede determinarse como (Krenkel & Novotny, 1980 citado por Jiménez & Vélez, 2006):

$$WQI = \sum_{i=1}^9 W_i \times Q_i$$

W_i denota el factor de importancia o ponderación de la variable i respecto a las restantes variables que conforman el índice, y Q_i corresponde al factor de escala de la misma. Este último depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes, y se estima de acuerdo con diagramas construidos para cada variable que permiten llevarlas a una misma escala antes de ser agregadas en un sólo valor.

Tabla 4. Factores de ponderación NSF

Parámetro	Factor W_i
% Saturación de oxígeno	0,17
Coliformes fecales	0,16
PH	0,11
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Temperatura ΔT	0,10
Turbiedad	0,08
Sólidos totales	0,07

Fuente; Jiménez y Vélez (2006)

Teniendo en cuenta el número de puntos de medición definidos en la cuenca y lo complejo que resulta obtener los factores de escala Q_i directamente de los diagramas, se han elaborado ajustes polinómicos a las curvas de estandarización asociadas a cada variable.

Una vez determinado el índice WQ_{INSF} en cualquier punto, puede clasificarse la fuente de acuerdo con los intervalos señalados en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de calidad de agua en función del índice WQI_{NSF}

VALOR DEL ÍNDICE	CLASIFICACIÓN	LEYENDA
0 - 25	Calidad muy mala (MM)	
26 - 50	Calidad mala (M)	
51 - 70	Calidad media (R)	
71 - 90	Calidad buena (B)	
91 - 100	Calidad excelente (E)	

Fuente; Jiménez y Vélez (2006).

Este índice tiene la particularidad de ser ampliamente usado en estudios ambientales. Así, en los Estados Unidos en 1977, 12 de los 60 estados y agencias interestatales lo usaron. Inclusive se han utilizado gráficas tridimensionales para mostrar perfiles de calidad del agua. El índice se coloca en el eje vertical y el tiempo y la distancia en los ejes horizontales, con el fin de detectar tendencias y observar el comportamiento de la contaminación (Ott. 1978 citado por Parada & Ortega, 2005).

3. DISEÑO METODOLOGICO

3.1. Tipo de investigación.

- Investigación experimental que tiene como propósito determinar, con la mayor confiabilidad posible, relaciones de causa-efecto.

3.2. Línea de investigación.

- Desarrollo de modelos con equidad.

3.3. Delimitación.

3.3.1. Delimitación Temporal

El proyecto se desarrolló en 1 año y 2 meses a partir de la aprobación del anteproyecto, la ejecución del proyecto inicio en el primer semestre del año 2015 y finalizo el primer semestre de 2016.

3.3.2. Delimitación geográfica.

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Ubaté-Cundinamarca que cuenta dentro de su división administrativa con un casco urbano y un sector rural conformado por 9 veredas.

El Municipio de Ubaté se encuentra localizado al norte del Departamento de Cundinamarca y hacia el Occidente del valle de Ubaté y Chiquinquirá. La cabecera

Municipal está localizada a los $5^{\circ} 18' 24''$ de latitud norte y $73^{\circ} 48' 52''$ de longitud al este de Greenwich. Está localizado al Norte del departamento de Cundinamarca geográficamente está alindado de la siguiente manera: limita al Norte con los municipios de Susa y Fúquene, por el Oriente con Guacheta, Lenguazaque y Cucunubá, por el Sur con Sutatausa y por el Occidente con Carmen de Carupa.

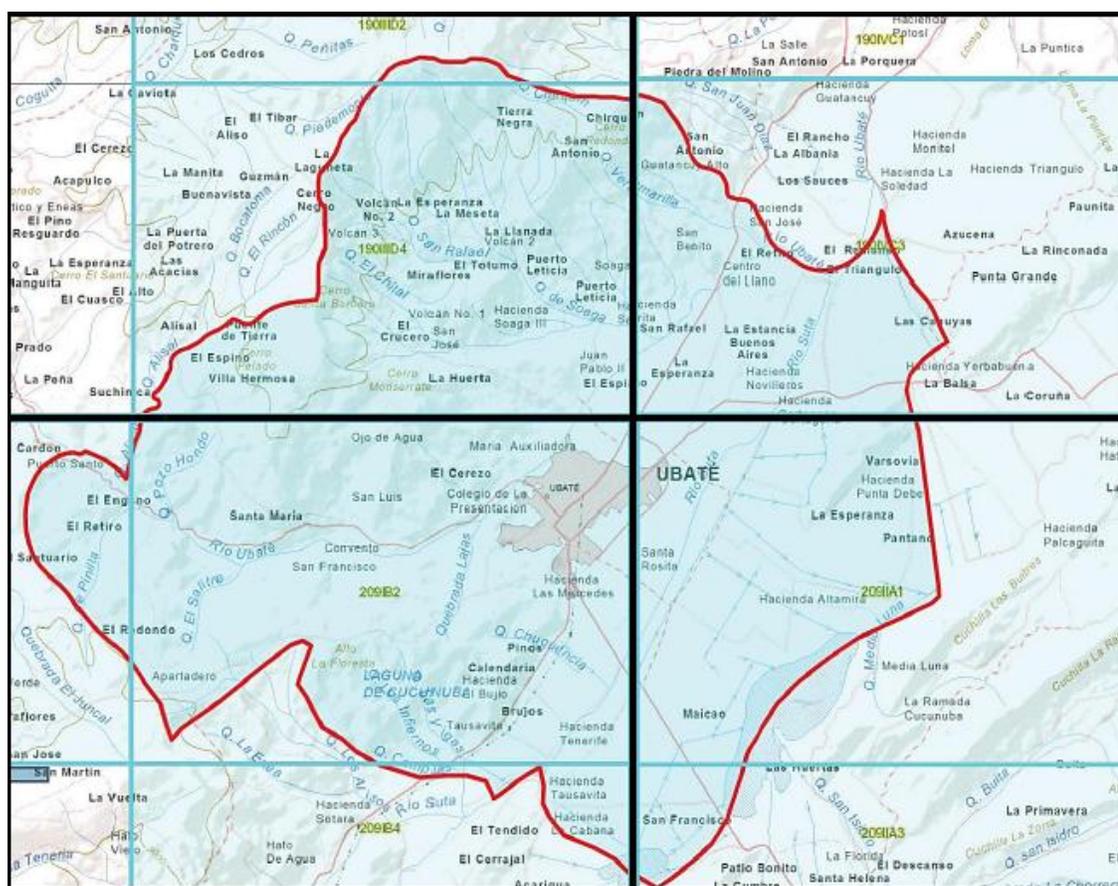
El río Ubaté constituye la corriente principal que surca al municipio. Lo recorre de occidente a nororiente-, toma en nombre de Ubaté, luego de la confluencia de la quebrada Suchinica con el río Hato, este último origen de su recorrido, al norte del Embalse de Neusa. Durante su recorrido por el municipio de Ubaté, recibe las aguas de otras corrientes como: quebrada Vetama, Chuntoque, Suaga, San Rafael, Chacón y las Lajas, además de otras corrientes menores.

Por el costado oriental del casco urbano recorre con sus aguas canalizadas el río Suta, entregando sus aguas al río Ubaté. Iguales características registra el río Lenguazaque, el cual hace parte del límite municipal en un corto recorrido. De otro lado, dos cuerpos de agua naturales como lo son las aguas de Palacio y Ubaté, conforman el sistema hídrico del municipio; la primera originada por la quebrada, la cual se origina en la Peña de Palacio, municipio de Sutatausa y la segunda que se origina por las aguas de varias quebradas como: Ubaté, El Volcán, Grande, además de otras corrientes menores.

3.4. Universo

El universo del proyecto fue el río Ubaté, que es la corriente principal que surca al municipio. Lo recorre de occidente a nororiente-, toma en nombre de Ubaté, luego de la confluencia de la quebrada Suchinica con el río Hato, este último origen de su recorrido, al norte del Embalse de Neusa. Durante su recorrido por el municipio de Ubaté, recibe las aguas de otras corrientes como: quebrada Vetama, Chuntoque, Suaga, San Rafael, Chacón y las Lajas, además de otras corrientes menores.

Ilustración 1. Cuencas y Microcuencas Ubaté.



Fuente; IGAC

3.5. Procedimiento

El estudio conto con tres momentos: trabajo en campo, trabajo en laboratorio y evaluación económica; para el primer momento fue necesario realizar un proceso de reconocimiento, identificación y caracterización del afluente hídrico objeto de estudio que para esta investigación fue el río Ubaté en puntos de influencia de la industria láctea principalmente, el proceso de reconocimiento tuvo una duración de tres días en los cuales se identificaron los sitios de muestreo.

Definición de puntos de muestreo y temporalidad de estudio.

Para elegir los puntos de muestreo se tuvo en cuenta la ubicación y el contacto del lecho del río Ubaté con lugares de manejo, producción y/o manipulación de residuos lácteos. La elección de los sitios de muestreo se generó debido a criterios de observación basados en sitios que estuvieran cerca de viviendas o empresas que procesaran derivados lácteos o que realizaran lavado de camiones recolectores de leche. Conociendo que en el municipio de Ubaté existen lugares no aptos para el procesamiento de la leche y se consideran empresas artesanales.

El procedimiento inicio con un diagnóstico del lecho del río, en dicho diagnostico se identificaron dos transectos con presencia o contacto con la industria láctea, que serán identificados como muestreo uno (M1) y muestreo dos (M2), cada una de las muestras fueron tomadas en los mismos lugares para las dos épocas que se realizaron los muestreos, teniendo en cuenta que los lugares eran los más adecuados para conocer la variación de

diversidad de macroinvertebrados acuáticos, y porque cumplieran con los requisitos para realizar los muestreos.

La fase de campo fue realizada en dos épocas del año representadas en dos muestreos: *El MUESTREO INICIAL*, que se llevó a cabo con la intención de efectuar un reconocimiento de las familias de macroinvertebrados acuáticos presentes en el lecho del río Ubaté, este muestreo comprendió la época del año lluviosa con fecha de 9 de Septiembre del 2015, donde se tomaron cuatro muestreos, dos muestreos en puntos que presentaban alteración y otros dos muestreos en puntos que no presentaban afectación por la industria láctea para luego aplicar el índice de Jaccard que permitió medir el grado de similitud entre muestreos.

El MUESTREO FINAL comprendió la época del año de transición con fecha de 20 de abril de 2016, solo se recolectaron muestras en los puntos que presentaron alteración por la industria láctea y a la vez se les tomaron las respectivas muestras de agua que posteriormente fueron llevadas al laboratorio, es de aclarar que este muestreo solo podría generar un aproximación a la evaluación del impacto ambiental generado por la industria láctea en el río Ubaté, los resultados obtenidos de esta aproximación se compararon con los resultados generados por el índice de calidad de agua NSF.

Los puntos de muestreo se seleccionaron teniendo en cuenta: a) accesibilidad; b) estructura del lecho del río y c) presencia de actividades antrópicas con influencia de

vertimientos de la industria láctea directa e indirecta. Los transectos o puntos de muestreo fueron:

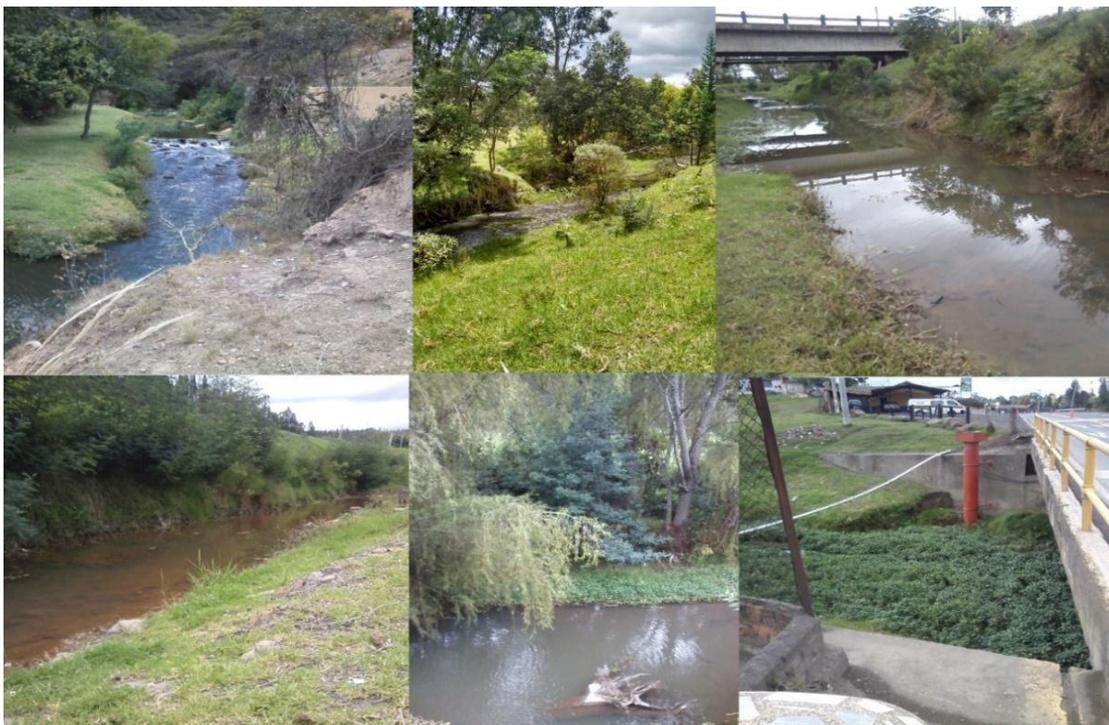
Tabla 6. Puntos de muestreo.

Muestreo	Muestras	Lugar	Observación
1	1	Vía Carupa puente Nariño	Punto con presencia de camiones recolectores de leche
	2	Puente Nariño parte alta	
	3	Vía Carupa Milco	
	4	San Luis colegio Icam	
2	1	Juan Pablo II parte media	Punto con presencia de empresas lácteas y camiones recolectores de leche.
	2	Juan pablo II parte alta	
	3	San Benito zona media	
	4	Centro del llano puente el ahorcado	
3	1	Vía Suaga colegio Santa María	Transecto del río sin presencia de la industria láctea
	2	Vía Suaga zona puente	
	3	Juan pablo II parte baja	
	4	Juan pablo II parte media baja	
4	1	Brúcelas	Transecto sin presencia de vertimientos de industria láctea
	2	Guacal bajo	
	3	Guacal alto	

Fuente; Autor.

Cada transecto o punto de muestreo tenía que cumplir con aspectos de representatividad y seguridad, lo anterior obedeciendo a que el punto de muestreo debe facilitar la obtención de muestras teniendo en cuenta la carga que implica el transporte de las muestras y su conservación.

Fotografía 1. Rio Ubaté



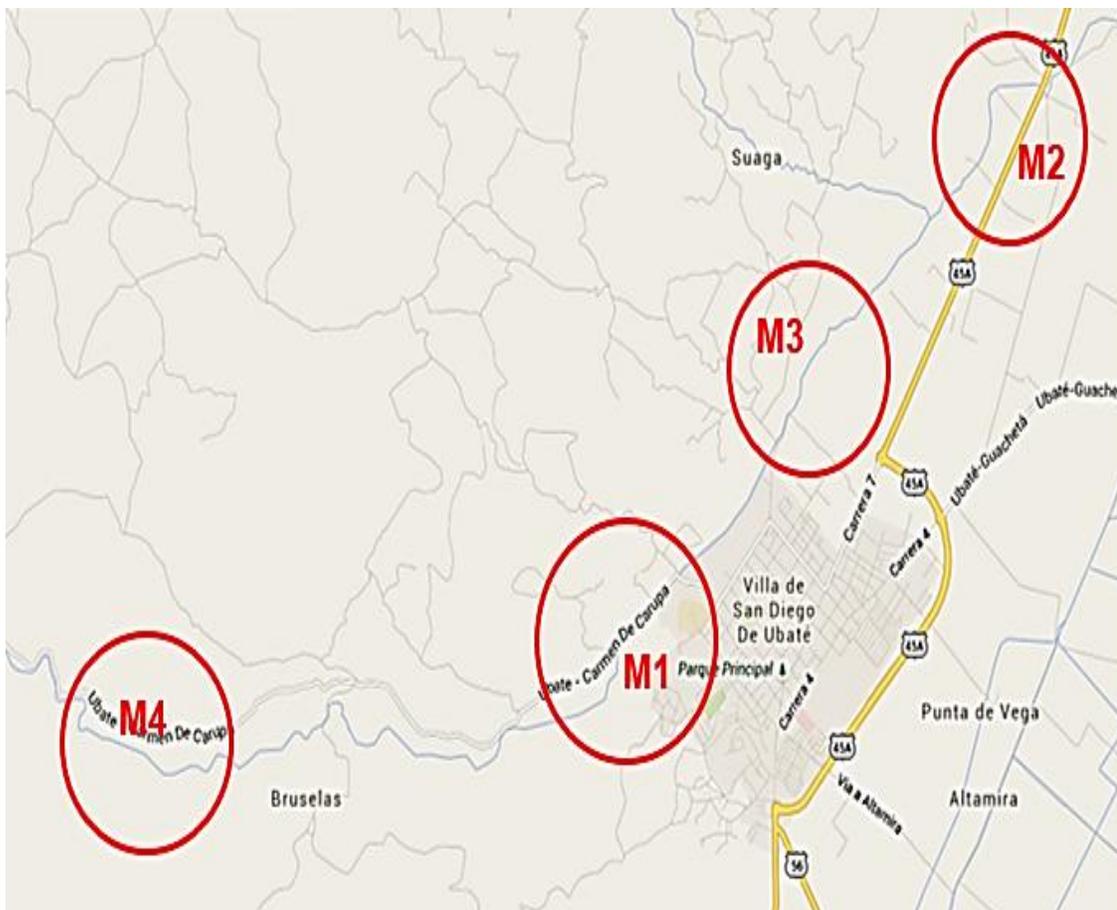
Fuente; Autor.

En total fueron 4 muestreos cada uno con 4 muestras con excepción del muestreo 3 debido a que no cumplió con todos los requisitos de accesibilidad y seguridad para realizarse otra muestra, cada muestreo se realizó en horas de la mañana y según las recomendaciones citadas en la bibliografía Roldán, (2003) no se llevaron a cabo muestreos después de lluvias intensas, pues puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente.

Los puntos o transectos se seleccionaron teniendo en cuenta la presencia de posibles agentes perturbadores del ambiente natural tales como camiones transportadores de leche y empresas productoras de lácteos que se encontraban en contacto directo con el rio Ubaté.

Con estas características se encontraron dos puntos que se identificaron como muestreo uno (M1) y muestreo dos (M2), los muestreos que no presentaban alteración o contacto directo con la industria láctea son el muestreo tres (M3) y muestreo cuatro (M4).

Ilustración 2. Ubicación de muestreos



Fuente; Google Maps

La determinación de la comunidad de macroinvertebrados se evaluó inicialmente por cada uno de los muestreos iniciando con los puntos que presentaron algún tipo de alteración por la industria láctea y luego se continuo con los muestreos que no presentaban alteración

para posteriormente realizar una comparación entre los cuatro muestreos y cotejar las valoraciones obtenidas por la aplicación del índice BMWP/Col.

La colecta de macroinvertebrados se realizó por colecta manual de estrato rocoso y hojarasca de manera directa en el lugar de muestreo, los organismos se conservaron en alcohol al 70% y en viales separados por lugar de muestreo; sumado a esto, se colectó una muestra de hojarasca por transecto para ser analizada en laboratorio. Cada uno de los muestreos contó con una ficha de registro que consignaba información de los sitios de muestreo. (Ver anexos)

Colecta de organismos.

Dentro de cada punto de muestreo se procedía a levantar rocas, piedras, ramas sumergidas en cuya superficie se observarían organismos que posteriormente fueron recolectados cuidadosamente con pinceles de diferentes tamaños buscando no dañar la estructura del macroinvertebrado, luego se colocaban en frascos transparentes con alcohol al 70%, así mismo se recolectó material vegetal para ser llevado al laboratorio y ser revisado con los macroinvertebrados en el estereoscopio. Cada uno de los frascos como el material vegetal fue empacado en bolsas de cierre hermético y rotulado con el nombre del lugar, fecha y hora. Todos estos datos se registraban en la ficha donde se colocaba la mayor información posible que se obtuviera de la zona, de igual manera se llevaba un registro fotográfico de los lugares, este proceso se llevó a cabo bajo la metodología propuesta por Roldán, (2003).

Identificación y cuantificación de macroinvertebrados.

Esta parte de la metodología se denominó trabajo en laboratorio, ya que la identificación se realizó en las instalaciones de los laboratorios de microbiología de la Universidad de Cundinamarca, utilizando un estereoscopio.

Cada una de las muestras biológicas fue conservada en alcohol al 70% evitando su deterioro, todo el material se tuvo que manejar de manera cuidadosa evitando el daño de las estructuras de los organismos para esto se utilizaron pinceles y pinzas entomológicas todo esto con el fin de facilitar su identificación con ayuda de la planchas de identificación de macroinvertebrados acuáticos de Roldán, Pérez. G. (2003).

Fotografía 2. Identificación y cuantificación.



Fuente; Autor.

El manejo del material biológico se llevó a cabo en dos momentos, la revisión inicial y clasificación de organismos colectados en estrato rocoso en donde cada una de las muestras se dispuso en cajas de Petri para remover el material residual procedente de los macroinvertebrados colectados tales como tierra, hojas y tallos, luego de esto se empezó a clasificar uno a uno con el fin de identificarlos principalmente a nivel taxonómico de orden y luego a familia utilizando las planchas de identificación de macroinvertebrados acuáticos de Roldán, (2003) que a su vez permitía conocer la calificación obtenida por familia.

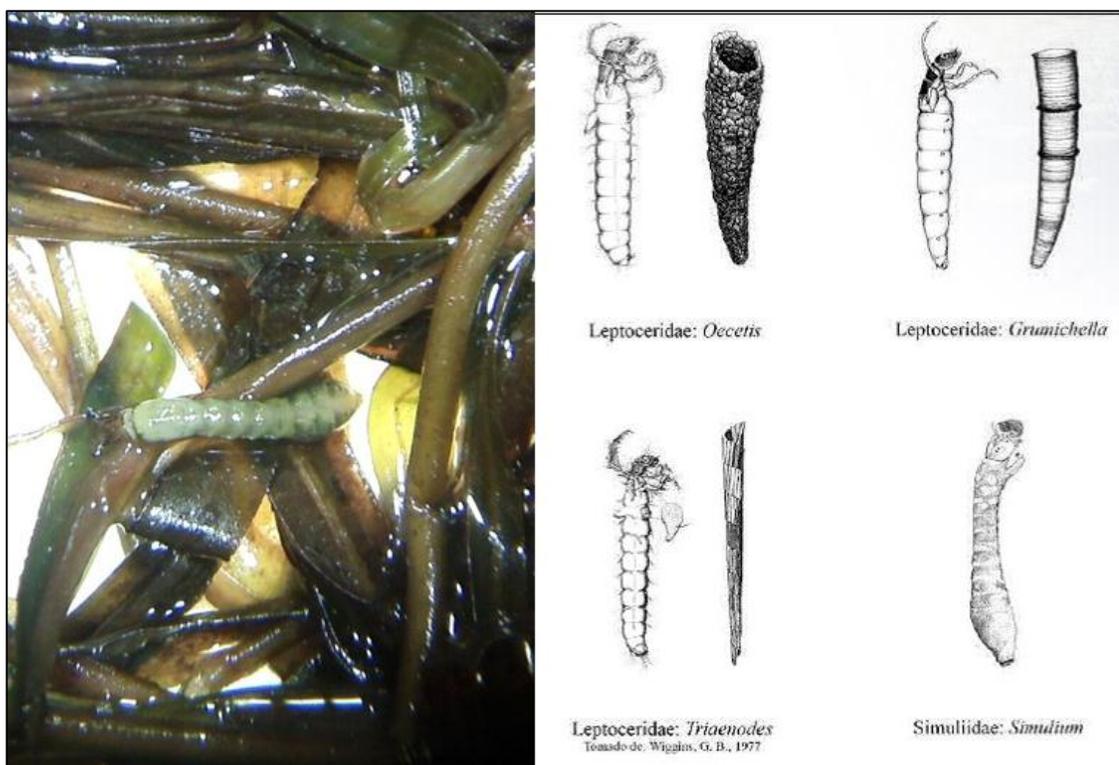
Fotografía 3. Identificación de organismos.



Fuente; Autor.

El segundo momento consistió en la revisión de hojarasca, en donde el material vegetal se colocó en cajas de Petri y se observó con el estereoscopio con el fin de encontrar organismos adheridos, posteriormente de ser revisado el material y sustraer cada macroinvertebrado se realizó el mismo proceso de reconocimiento, luego de este proceso se llevó un registro cuantitativo por muestreo para ser analizado.

Fotografía 4. Identificación de organismos adheridos a material vegetal.



Fuente; Autor.

Composición taxonómica y diversidad de macroinvertebrados.

La composición taxonómica de los macroinvertebrados se realizó por medio de tablas representativas de presencia/ausencia de tal manera que se tuviera una organización de los

datos, teniendo en cuenta los componentes más importantes del estudio como son; la clasificación taxonómica de los organismos que fue desde el orden hasta la familia, el número de organismos recolectados, los puntos de muestreo en los cuales fueron muestreados, las épocas en las cuales fueron realizadas las visitas y el afluente hídrico como lo fue el río Ubaté, parte fundamental del estudio.

Por otro lado se realiza estadística descriptiva o deductiva, con la cual se realiza una ordenación y clasificación de los datos obtenidos por las observaciones desarrollando distribuciones de frecuencias y organizando el número de individuos que hay para cada uno de las familias identificadas.

Las frecuencias utilizadas fueron frecuencias absolutas, indicando el número de individuos de la variable, la frecuencia relativa y frecuencias relativas porcentuales, dando el porcentaje de la población que presenta cada uno de los géneros o familias según corresponda por cada uno de los muestreos.

Se evaluó inicialmente los muestreos que presentaron algún tipo de alteración por la industria láctea y luego se continuo con los muestreos que no presentaban alteración. Posteriormente de obtener la información se aplicó el índice de Jaccard que es un Método cualitativo que relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas. Cada una de las familias encontradas fue calificada según el puntaje del índice BMWP/Col empleado por Roldán.

Para tener un acercamiento a la fiabilidad del índice BMWP/Col con los resultados obtenidos se realizó una comparación con el índice WQI_{NSF} para el cual se requería realizar pruebas de análisis físico-químico a los dos puntos. Para esto se tomaron muestras de agua y se depositaron en recipientes específicos luego se conservaron a una temperatura de 4°C para su posterior transporte al laboratorio INTERLABCO. Al obtener los resultados del laboratorio se registraron en la página web *Water Quality Index Calculator*. [Online] Water-research.net. disponible en: <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>. Donde permite obtener el resultado del índice WQI_{NSF} y la clasificación de la calidad del agua.

Para el tercer momento que consistió específicamente en calcular y analizar los costos del uso de macroinvertebrados acuáticos como alternativa en la evaluación de impactos ambientales se realizó el registro de cada uno de los costos en los que se incurrieron para el muestreo final donde se tuvo en cuenta materiales, pago por servicios profesionales debido a que se requiere de un conocimiento claro sobre el manejo de este tipo de organismos también se tenía en cuenta el costo de alquiler del laboratorio, estereoscopio y material de vidrio, luego de tener el valor del muestreo se calculó el valor del monitoreo biológico teniendo en cuenta los costos anteriores y por último se realizó el mismo procedimiento para un monitoreo físico-químico con la intención de conocer cuál de los dos monitoreos resultaría más costoso para una empresa.

4. ANALISIS DE RESULTADOS

La determinación de la comunidad de macroinvertebrados se evaluó teniendo en cuenta el criterio de presencia/ausencia en cada una de los puntos muestreados; así, para los cuatros muestreos iniciales se identificaron un total de 12 órdenes y 22 familias representadas en la tabla 7 y la gráfica 1 relacionando la composición de la comunidad de macroinvertebrados de los cuatro puntos de muestreo en el río Ubaté, para efectos del análisis de este estudio, se trabajó solamente por familias para la aplicación del índice BMWP/Col que permitió realizar una aproximación del resultado debido a que para hacer una evaluación adecuada se requiere más un muestreo en el año.

Tabla 7. Composición de la comunidad de macroinvertebrados.

Orden	Familias	M1	M2	M3	M4	Total
Acari	Lymnessiidae	3	0	10	6	19
Amphipoda	Hyaellidae	441	91	178	622	1332
Basommatophora	Physidae	27	131	3	140	301
	Ancylidae	0	5	5	8	18
Coleóptera	Elmidae	0	0	4	0	4
	Chironomidae	18	69	216	125	428
	Simuliidae	58	35	352	13	458
Díptera	Dolichopodidae	2	0	2	0	4
	Culicidae	0	0	1	0	1
	Tipulidae	0	3	0	0	3
Ephemeroptera	Baetidae	6	4	48	21	79
	Leptohiphidae	0	12	59	27	98
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	1	0	0	0	1
Hemíptera	Gerridae	0	1	3	2	6

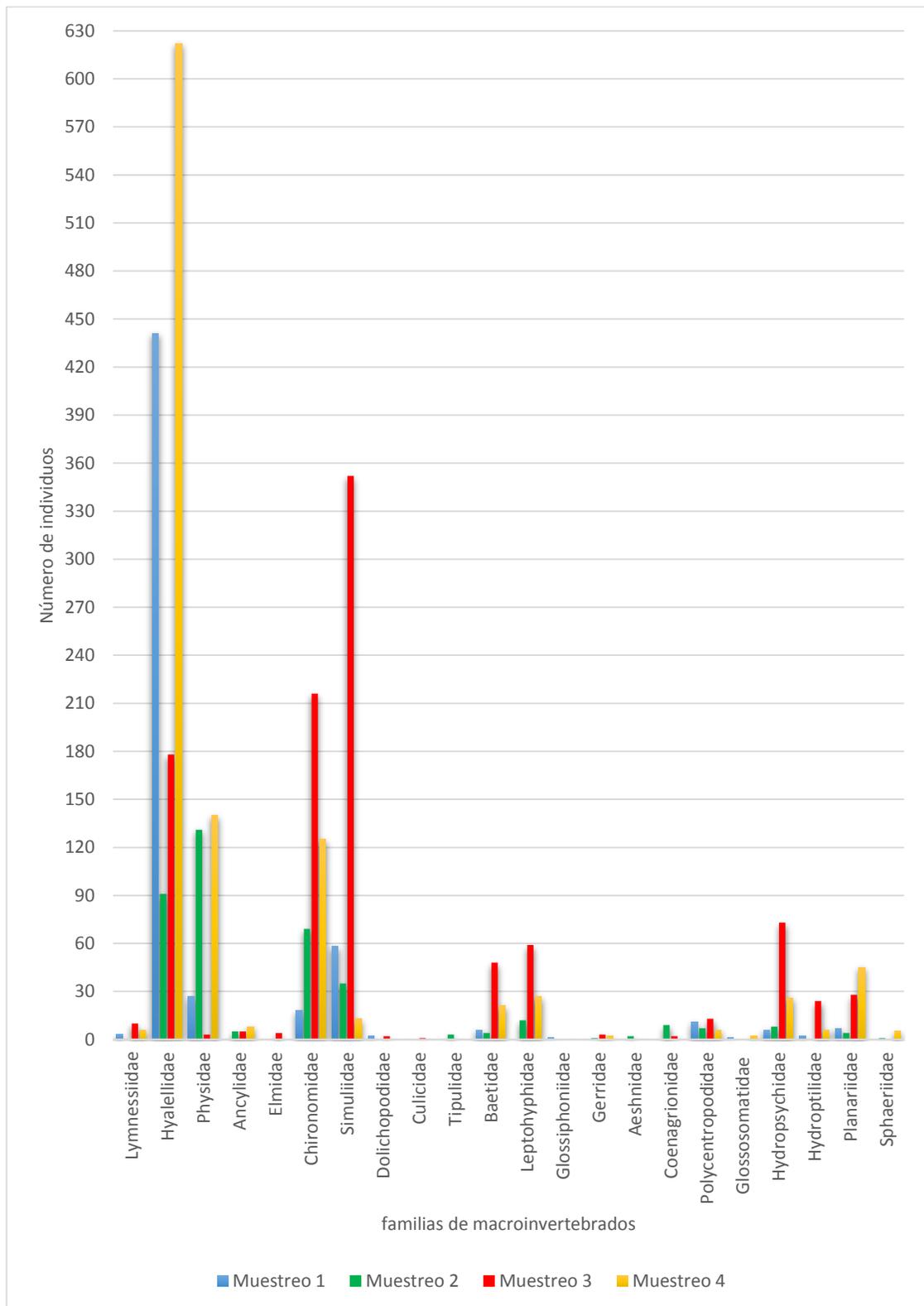
Odonato	Aeshnidae	0	2	0	0	2
	Coenagrionidae	0	9	2	0	11
	Polycentropodidae	11	7	13	6	37
Trichoptera	Glossosomatidae	1	0	0	2	3
	Hydropsychidae	6	8	73	26	113
	Hydroptilidae	2	0	24	6	32
Tricladida	Planariidae	7	4	28	45	84
Veneroida	Sphaeriidae	0	1	0	5	6
TOTAL		583	382	1021	1054	3040

Fuente; Autor

En la tabla 7 se puede observar la frecuencia absoluta de cada uno de los cuatros muestreos donde se puede evidenciar que los muestreos que menor número de individuos presentaron fueron el uno (M1) y el dos (M2), donde se debe tener en cuenta que estos puntos fueron los seleccionados por tener alteración o contacto con la industria láctea del municipio de Ubaté, en el caso del muestreo dos (M2) se evidencio el menor número de organismos y que a su vez era el punto con mayor contacto con la industria láctea.

La familia más abundante en los cuatro muestreo fue la Hyalellidae que son organismos de cuerpo comprimido lateralmente, miden entre 5,5 mm y 10,5 mm, de coloración blanquecina o amarillenta, viven en aguas corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones (Roldán, Pérez. G. 2003).

Gráfica 1. Familias de macroinvertebrados presentes en el lecho del río Ubaté



Fuente; Autor.

La familia Hyalellidae fue encontrada en los cuatros muestreo con altos nivel de población lo que no permite que esta especie pueda ser vista como un indicador de calidad debido a que se encuentra en puntos con afectación y sin afectación por la industria láctea. A diferencia de la familia Lymnessiidae que tuvo mayor presencia en puntos no contaminados. Teniendo en cuenta que el presente estudio es una aproximación, no se cuenta con suficientes datos y manejo de variables para concluir que familia podría ser un indicador adecuado de contaminación para el lecho del rio Ubaté, debido a que las condiciones ambientales y demás permiten que algunas especies generen grados de tolerancia a la contaminación o que desaparezcan por su alta susceptibilidad a la contaminación del afluente. Este estudio de aproximación no puede determinar a un el grado de contaminación del lecho del rio Ubaté, pero si podría tener un acercamiento con la aplicación del índice BMWP/Col.

Identificación de familias por muestreo

Muestreo 1: En el muestreo uno (M1) se identificaron 8 órdenes y 13 familias representadas en la tabla 8 y la gráfica 2.

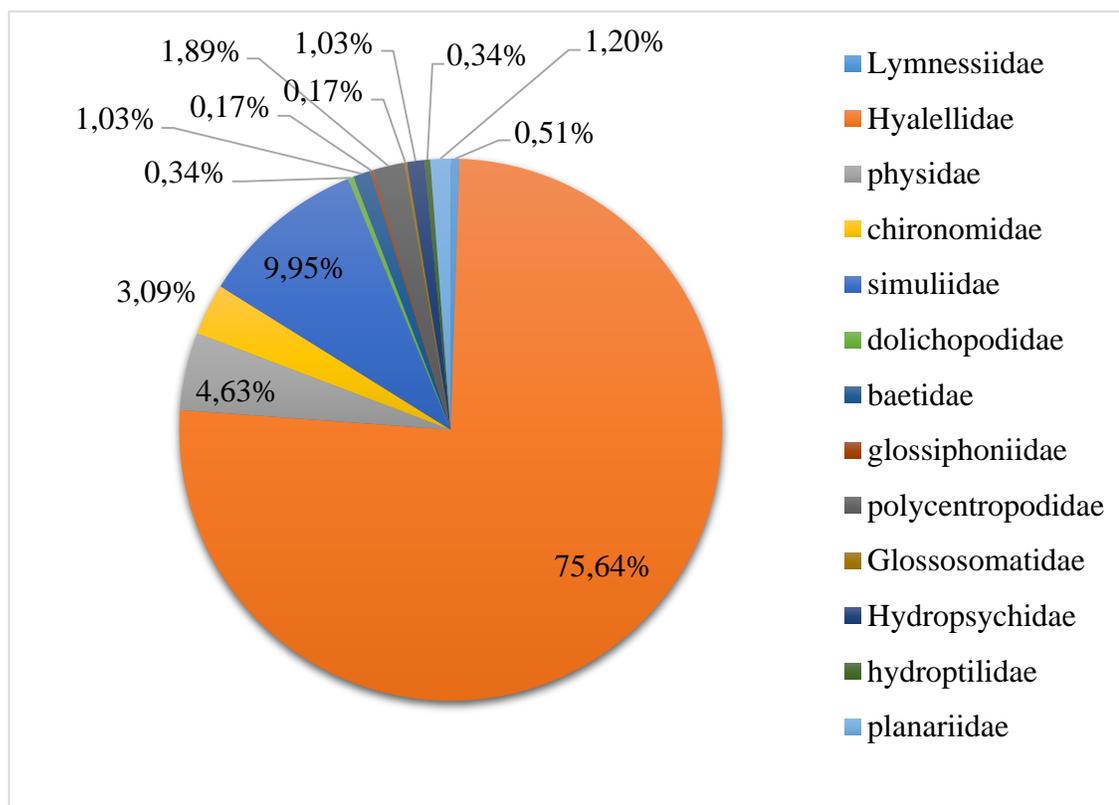
Tabla 8. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M1.

Orden	Familias	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
Acari	Lymnessiidae	3	0.0051458	0.51
Amphipoda	Hyalellidae	441	0.75643225	75.64
Basommatophora	Physidae	27	0.04631218	4.63
	Chironomidae	18	0.03087479	3.09
Díptera	Simuliidae	58	0.09948542	9.95
	Dolichopodidae	2	0.00343053	0.34
Ephemeroptera	Baetidae	6	0.0102916	1.03
Hirudinea	Glossiphoniidae	1	0.00171527	0.17
	Polycentropodidae	11	0.01886792	1.89
Trichoptera	Glossosomatidae	1	0.00171527	0.17
	Hydropsychidae	6	0.0102916	1.03
	Hydroptilidae	2	0.00343053	0.34
Tricladida	Planariidae	7	0.01200686	1.20
	Total	583	1	100

Fuente; Autor.

En la tabla 8 se tienen los valores de cada una de las familias que se encontraron en el muestreo uno (M1). Con una ordenación y clasificación de los datos obtenidos por las observaciones desarrollando distribuciones de frecuencias y organizando el número de individuos que hay para cada uno de las familias identificadas donde se tienen los valores de frecuencia absoluto, frecuencia relativa y frecuencia relativa porcentual. En este muestreo se recolectaron 583 individuos y donde predominó una de las familias con una frecuencia absoluta de 441 individuos representando el 75.64% de la comunidad de macroinvertebrados encontrados para este muestreo.

Gráfica 2. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo uno (M1)



Fuente; Autor.

Las familias más abundantes encontradas fueron; Hyalellidae con 441 individuos (75.64%), seguido de Simuliidae con 58 individuos (9.94%) y Physidae con 27 individuos (4.63%), las diez familias restantes presentaron entre 1 y 18 individuos y que representan el 9.78%. teniendo en cuenta estos valores la familia que tiene mayor predominancia en el muestreo es la familia Hyalellidae.

Muestreo 2: En el muestreo dos (M2) se identificaron 9 órdenes y 15 familias representadas en la tabla 9 y la gráfica 3.

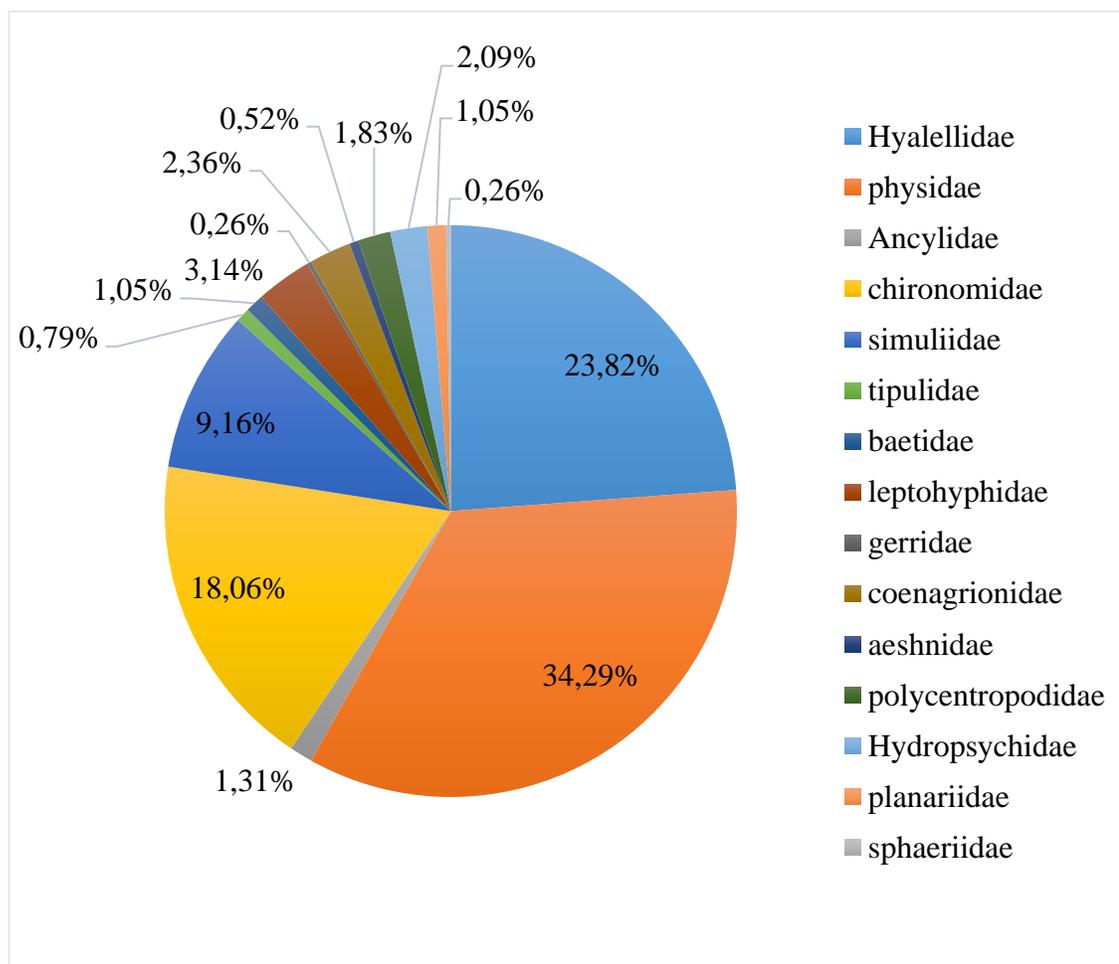
Tabla 9. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M2.

Orden	Familias	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
Amphipoda	Hyalellidae	91	0.23822	23.82
Basommatophora	Physidae	131	0.342932	34.29
	Ancylidae	5	0.013089	1.31
	Chironomidae	69	0.180628	18.06
Díptera	Simuliidae	35	0.091623	9.16
	Tipulidae	3	0.007853	0.79
Ephemeroptera	Baetidae	4	0.010471	1.05
	Leptohyphidae	12	0.031414	3.14
	Gerridae	1	0.002618	0.26
Heteróptera	Coenagrionidae	9	0.02356	2.36
Odonato	Aeshnidae	2	0.005236	0.52
	Polycentropodidae	7	0.018325	1.83
Trichoptera	Hydropsychidae	8	0.020942	2.09
	Planariidae	4	0.010471	1.05
Tricladida	Planariidae	4	0.010471	1.05
Veneroida	Sphaeriidae	1	0.002618	0.26
Total		382	1	100

Fuente; Autor.

En la tabla 9 se tienen los valores de cada una de las familias que se encontraron en el muestreo dos (M2). Con una ordenación y clasificación de los datos obtenidos por las observaciones desarrollando distribuciones de frecuencias y organizando el número de individuos que hay para cada uno de las familias identificadas donde se tienen los valores de frecuencia absoluta, frecuencia relativa y frecuencia relativa porcentual. En este muestreo se recolectaron 382 individuos donde no se presenta una predominancia de una familia en común.

Gráfica 3. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo dos (M2).



Fuente; Autor.

Las familias más abundantes encontradas fueron; Physidae con 131 individuos (34.29%), seguido de Hyalellidae con 91 individuos (23.83%) y Chironomidae con 69 individuos (18.06%), las doce familias restantes presentaron entre 1 y 35 individuos y que representan el 23.82%. teniendo en cuenta estos valores la familia que tiene mayor presencia en el muestreo es la familia Physidae.

Los muestreos que no presentaron contacto con la industria láctea del municipio de Ubaté son el muestreo tres (M3) y muestreo cuatro (M4).

Muestreo 3: En el muestreo tres (M3) se identificó 10 órdenes y 17 familias representadas en la tabla 10 y la gráfica 4.

Tabla 10. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M3.

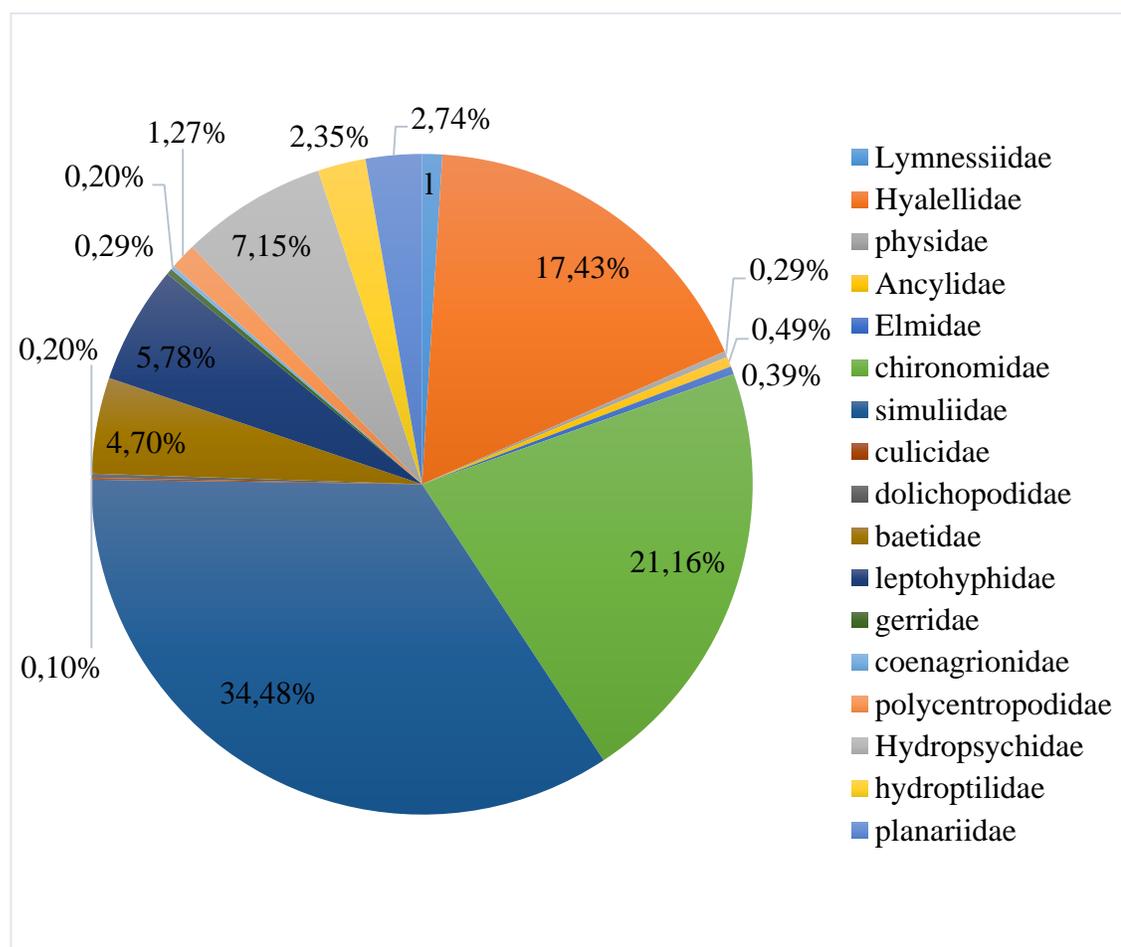
Orden	Familias	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
Acari	Lymnessiidae	10	0.00979432	0.98
Amphipoda	Hyaellidae	178	0.17433888	17.43
Basommatophora	Physidae	3	0.0029383	0.29
	Ancylidae	5	0.00489716	0.49
Coleóptera	Elmidae	4	0.00391773	0.39
	Chironomidae	216	0.2115573	21.16
Díptera	Simuliidae	352	0.34476004	34.48
	Culicidae	1	0.00097943	0.10
	Dolichopodidae	2	0.00195886	0.20
Ephemeroptera	Baetidae	48	0.04701273	4.70
	Leptohyphidae	59	0.05778648	5.78
Heteróptera	Gerridae	3	0.0029383	0.29
Odonato	Coenagrionidae	2	0.00195886	0.20
	Polycentropodidae	13	0.01273262	1.27
Trichoptera	Hydropsychidae	73	0.07149853	7.15
	Hydroptilidae	24	0.02350637	2.35
Tricladida	Planariidae	28	0.02742409	2.74
Total		1021	1	100

Fuente; Autor.

En la tabla 10 se tienen los valores de cada una de las familias que se encontraron en el muestreo tres (M3). Con una ordenación y clasificación de los datos obtenidos por las observaciones desarrollando distribuciones de frecuencias y organizando el número de

individuos que hay para cada uno de las familias identificadas donde se tienen los valores de frecuencia absoluto, frecuencia relativa y frecuencia relativa porcentual. En este muestreo se recolectaron 1021 individuos donde tres familias son las que presentan mayor número de individuos.

Gráfica 4. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo tres (M3).



Fuente; Autor.

Las familias más abundantes encontradas fueron; Simuliidae con 352 individuos (34.48%), seguido de Chironomidae con 216 individuos (21.16%) y Hyalellidae con 178

individuos (17.43%), las catorce familias restantes presentaron entre 1 y 73 individuos y que representan el 26.93%. teniendo en cuenta estos valores la familia que tiene mayor presencia en el muestreo es la familia Simuliidae.

Muestreo 4: En el muestreo cuatro (M4) se identificó 9 órdenes y 15 familias representadas en la tabla 11 y la gráfica 5.

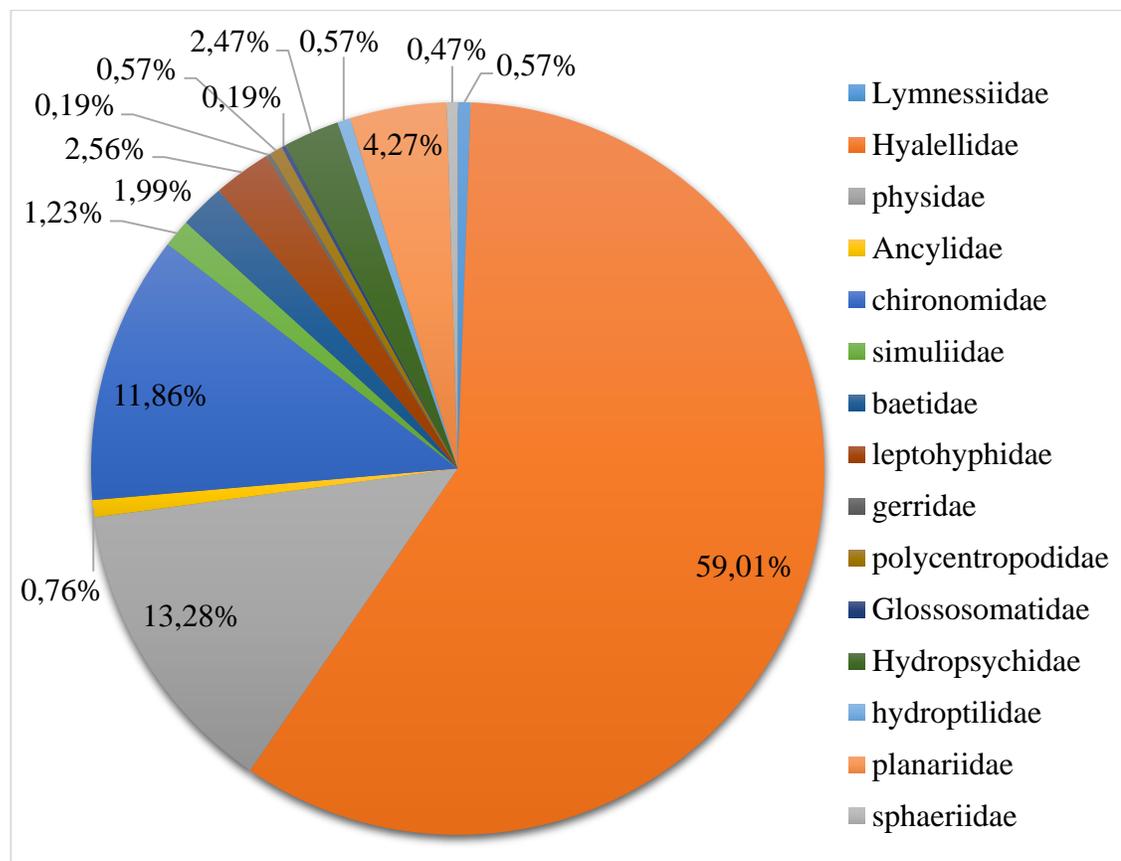
Tabla 11. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M4.

Orden	Familias	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
Acari	Lymnessiidae	6	0.0056926	0.56925996
Amphipoda	Hyaellidae	622	0.59013283	59.0132827
Basommatophora	Physidae	140	0.13282732	13.2827324
	Ancylidae	8	0.00759013	0.75901328
Díptera	Chironomidae	125	0.11859583	11.8595825
	Simuliidae	13	0.01233397	1.23339658
Ephemeroptera	Baetidae	21	0.0199241	1.99240987
	Leptohyphidae	27	0.0256167	2.56166983
Heteróptera	Gerridae	2	0.00189753	0.18975332
	Polycentropodidae	6	0.0056926	0.56925996
Trichoptera	Glossosomatidae	2	0.00189753	0.18975332
	Hydropsychidae	26	0.02466793	2.46679317
	Hydroptilidae	6	0.0056926	0.56925996
Tricladida	Planariidae	45	0.0426945	4.26944972
Veneroida	Sphaeriidae	5	0.00474383	0.4743833
	Total	1054	1	100

Fuente; Autor.

En la tabla 11 se tienen los valores de cada una de las familias que se encontraron en el muestreo cuatro (M4). Con una ordenación y clasificación de los datos obtenidos por las observaciones desarrollando distribuciones de frecuencias y organizando el número de individuos que hay para cada uno de las familias identificadas donde se tienen los valores de frecuencia absoluta, frecuencia relativa y frecuencia relativa porcentual. En este muestreo se recolectaron 1054 individuos y donde predominó una de las familias con una frecuencia absoluta de 622 individuos representando el 59.01% de la comunidad de macroinvertebrados encontrados para este muestreo.

Gráfica 5. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo cuatro (M4).



Fuente; Autor.

Las familias más abundantes encontradas fueron; Hyalellidae con 622 individuos (59.01%), seguido de Physidae con 140 individuos (13.28%) y Chironomidae con 125 individuos (11.85%), las doce familias restantes presentaron entre 1 y 45 individuos y que representan el 15.86%. teniendo en cuenta estos valores la familia que tiene mayor predominancia en el muestreo es la familia Hyalellidae.

Similitud cualitativa entre muestreos

Para conocer el grado de similitud entre muestreos se aplicó el índice de Jaccard que relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas, en la tabla 12 se puede observar la similitud cualitativa entre muestras.

Tabla 12. Aplicación del índice de Jaccard

SIMILITUD CUALITATIVA ENTRE MUESTREOS		
MUESTREO 1	MUESTREO 2	40%
MUESTREO 1	MUESTREO 3	58%
MUESTREO 1	MUESTREO 4	65%
MUESTREO 2	MUESTREO 3	60%
MUESTREO 2	MUESTREO 4	67%
MUESTREO 3	MUESTREO 4	68%

Fuente; Autor.

Los muestreos que menor similitud mostraron fueron el uno (1) con el dos (2) que fueron los muestreos que presentaron contacto con la industria láctea. El muestreo uno (M1) presento un grado de semejanza o similitud superior al 50% con los muestreos 3 y 4, que se refiere al poco cambio que hay de diversidad entre transectos o puntos.

Para el caso del muestreo dos (M2) se presentó mayor similitud con el muestreo cuatro (M4) que fue uno de los que no presentaba contacto con la industria láctea, pero este mismo muestreo presentó un grado de similitud del 68% con el muestreo tres (M3) que corresponde a un punto sin contacto con la industria láctea, estos dos muestreos presentaban condiciones similares de hábitat, aunque no se pueden descartar con seguridad otros factores, esta información es el resultado de cambios propios de las áreas de muestreo, como lo son la temperatura del agua, las adaptaciones fisiológicas de los organismos, la amplitud del río, el nivel de oxígeno y la corriente de agua del río.

Los muestreos que presentaron mayor diversidad entre transectos fueron los muestreos uno (M1) con el dos (M2) que mostraban contacto con la industria láctea, a diferencia de los muestreos dos (M2) y tres (M3) que correspondían a transectos con afectación y sin afectación que mostraron un grado de similitud 67% refiriéndose a poco cambio de diversidad entre los dos muestreos.

Para tener una aproximación de la calidad del agua de cada uno de los cuatro muestreos se aplicó el método BMWP/Col ajustado por Roldán, (2003). Que representa un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores.

Tabla 13. Aplicación del índice BMWP/Col por muestreo.

Familias	M1	BMWP /Col	M2	BMWP /Col	M3	BMWP /Col	M4	BMWP/ Col
Lymnessiidae	3	10	0	0	10	10	6	10
Hyalellidae	441	7	91	7	178	7	622	7
Physidae	27	3	131	3	3	3	140	3
Ancylidae	0	0	5	6	5	6	8	6
Elmidae	0	0	0	0	4	6	0	0
Chironomidae	18	2	69	2	216	2	125	2
Simuliidae	58	8	35	8	352	8	13	8
Dolichopodidae	2	4	0	0	2	4	0	0
Culicidae	0	0	0	0	1	2	0	0
Tipulidae	0	0	3	3	0	0	0	0
Baetidae	6	7	4	7	48	7	21	7
Leptohiphidae	0	0	12	7	59	7	27	7
Glossiphoniidae	1	3	0	0	0	0	0	0
Gerridae	0	0	1	8	3	8	2	8
Aeshnidae	0	0	2	6	0	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	9	7	2	7	0	0
Polycentropodidae	11	9	7	9	13	9	6	9
Glossosomatidae	1	7	0	0	0	0	2	7
Hydropsychidae	6	7	8	7	73	7	26	7
Hydroptilidae	2	7	0	0	24	7	6	7
Planariidae	7	7	4	7	28	7	45	7
Sphaeriidae	0	0	1	4	0	0	5	4
Total	583	81	382	91	1021	107	1054	99

Fuente; Autor.

En la tabla 13 se observa la aplicación de índice BMWP/Col modificado por Roldán donde los resultados más bajos los presentaron los dos transectos o puntos en contacto con la

industria láctea es de resaltar que el muestreo dos (M2) cual fue el que menor número de individuos presento su puntaje no fue tan bajo en comparación con el muestreo uno (M1) que contaba con un mayor número de organismos.

Luego de este proceso se realizó la clasificación de las aguas basado en los resultados obtenidos de la aplicación del índice.

Tabla 14. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice BMWP/Col.

Muestreo	Calidad	Valor del BMWP/Col	Significado	Color
1	Aceptable	81	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
2	Aceptable	91	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
3	Buena	107	Aguas limpias	Azul
4	Aceptable	99	Aguas ligeramente contaminadas	Verde

Fuente; Autor.

De acuerdo a las tablas 13 y 14 los puntajes del índice BMWP/Col para cada uno de los muestreos fueron los siguientes; muestreo uno (M1) obtuvo 81 puntos con una clasificación del agua de aceptable significando que es una agua ligeramente contaminada, el muestreo dos (M2) presento un puntaje de 91 que significa agua ligeramente contaminada, el muestreo tres (M3) alcanzo un puntaje de 107 siendo el más alto de todos los muestreos y clasificando en aguas limpias de buena calidad, para el muestreo cuatro (M4) el puntaje fue de 99 clasificándose como agua de calidad aceptable, es importante

resaltar que este último muestreo solamente conto con 3 muestras debido a que no cumplió con los parámetros de accesibilidad y seguridad para realizar otra muestra, lo que afectaría su resultado y clasificación pudiendo superar el puntaje de ciento uno (101), clasificando el muestreo en aguas de buena calidad.

Bajo los resultados anteriores se puede observar que los dos transectos o puntos que presentaban contacto con la industria láctea fueron los que obtuvieron los puntajes más bajos clasificándose en aguas ligeramente contaminadas. Sin embargo con lo anterior aún no se podría concluir que la comunidad de macroinvertebrados está siendo afectada directamente por causas antrópicas o que este tipo de aguas es habitada por especies con mayor grado de tolerancia a la contaminación, o que se está acabando la biodiversidad de un ecosistema y afectando la calidad del recurso ya que este es un estudio de aproximación para concluir esto, se requiere que se realicen más de un muestreo en el año para conocer la variación entre especies y muestreos, lo que si se podría llegar a decir es que las actividades tales como la producción de especies vegetales y animales que están altamente relacionados con el factor agua, se podrían estar viendo afectas por la presencia de algún tipo de contaminante para el cual se requiere realizar un estudio más exhaustivos.

Con el objetivo de Comparar los resultados obtenidos por el índice BMWP/Col y el índice de calidad NSF generados a partir de la aproximación del uso de macroinvertebrados y los análisis físico-químicos realizados en el segundo muestreo en el cual solo se tomaron muestras en los dos transectos o puntos que presentaban contacto con la industria láctea y a estos mismos se les tomo muestras de agua para realizarles un análisis físico-químico, el procedimiento para el muestreo final fue el mismo que para el muestreo inicial donde

se realizó la colecta de macroinvertebrados y se hizo clasificación, identificación y cuantificación de organismos.

Identificación de familias

Muestreo 1: Para el muestreo uno se identificaron 8 órdenes y 14 familias representadas en la tabla 15 y la gráfica 6.

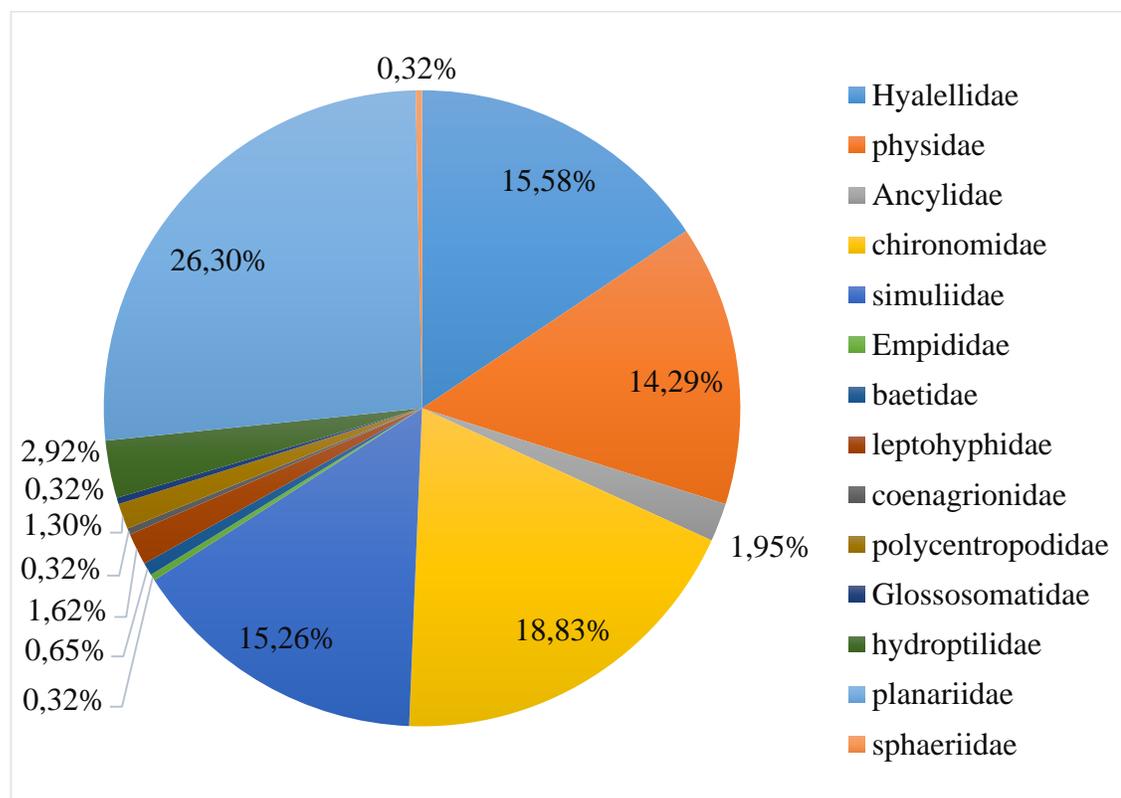
Tabla 15. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M1

Orden	Familias	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
Amphipoda	Hyalellidae	48	0.1558442	15.584416
Basommatophora	Physidae	44	0.1428571	14.285714
	Ancylidae	6	0.0194805	1.9480519
	Chironomidae	58	0.1883117	18.831169
Díptera	Simuliidae	47	0.152597	15.259740
	Empididae	1	0.0032467	0.3246753
Ephemeroptera	Baetidae	2	0.0064935	0.6493506
	Leptohyphidae	5	0.0162338	1.6233766
Odonato	Coenagrionidae	1	0.0032467	0.3246753
	Polycentropodidae	4	0.0129870	1.2987013
Trichoptera	Glossosomatidae	1	0.0032467	0.3246753
	Hydroptilidae	9	0.0292208	2.9220779
Tricladida	Planariidae	81	0.2629870	26.298701
Veneroida	Sphaeriidae	1	0.0032467	0.3246753
Total		308	1	100

Fuente; Autor.

En la tabla 15 se tienen los valores de cada una de las familias que se encontraron en el muestreo uno (M1). Con una ordenación y clasificación de los datos obtenidos por las observaciones desarrollando distribuciones de frecuencias y organizando el número de individuos que hay para cada uno de las familias identificadas donde se tienen los valores de frecuencia absoluta, frecuencia relativa y frecuencia relativa porcentual. En este muestreo se recolectaron 308 individuos y donde resalto una de las familias la Planariidae con una frecuencia absoluta de 81 individuos representando el 26.29% de la comunidad de macroinvertebrados encontrados para este muestreo, para el muestreo inicial en este mismo transecto o punto esta familia no era tan representativa presentado solamente 4 individuos representado con 1.05%.

Gráfica 6. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo uno (M1)



Fuente; Autor.

En la gráfica 6 se puede observar que cinco familias presentaron el mayor número de individuos pero una de ellas tuvo mayor presencia que fue la familia Planariidae que suelen vivir en aguas poco profundas debajo de piedras, ramas, hojas y sustratos similares.

Muestreo 2: Para el muestreo dos se identificaron 7 órdenes y 11 familias representadas en la tabla 16 y la gráfica 7.

Tabla 16. Composición de la comunidad de macroinvertebrados M2

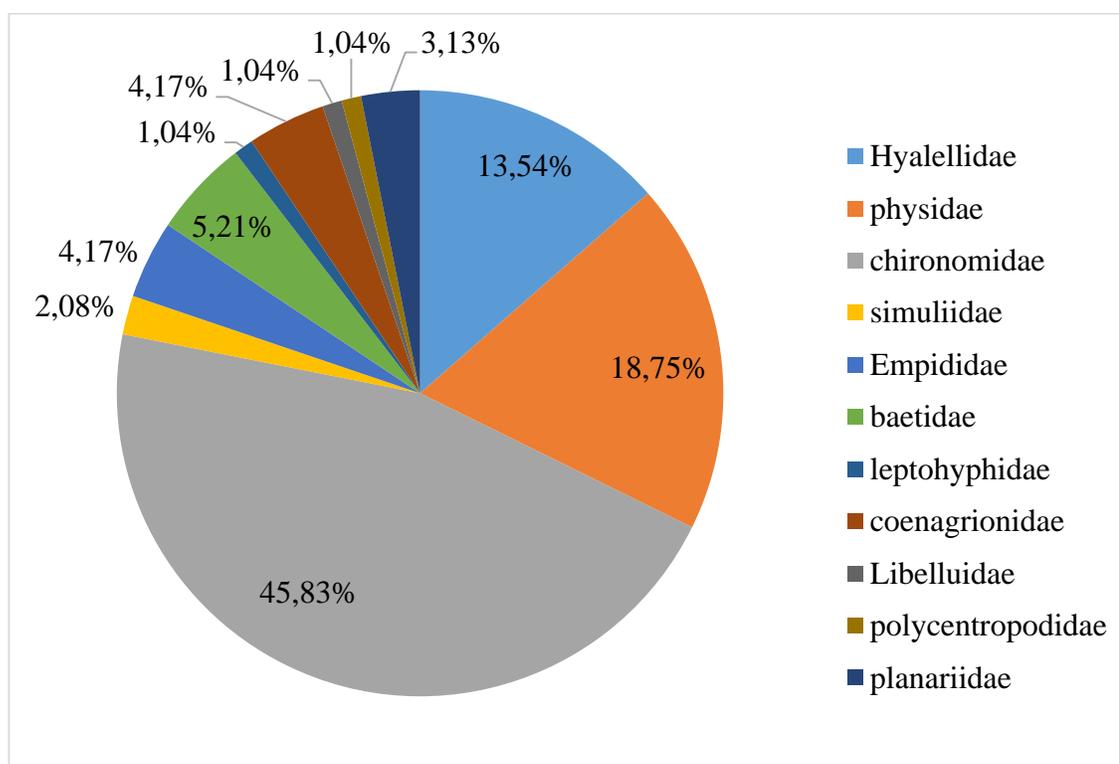
Orden	Familias	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa %
Amphipoda	Hyaellidae	13	0.1354167	13.5416667
Basommatophora	Physidae	18	0.187	18.75
	Chironomidae	44	0.4583333	45.8333333
Díptera	Simuliidae	2	0.0208333	2.08333333
	Empididae	4	0.0416667	4.16666667
Ephemeroptera	Baetidae	5	0.0520833	5.20833333
	Leptohyphidae	1	0.0104167	1.04166667
Odonato	Coenagrionidae	4	0.0416667	4.16666667
	Libellulidae	1	0.0104167	1.04166667
Trichoptera	Polycentropodidae	1	0.0104167	1.04166667
Tricladida	Planariidae	3	0.03125	3.125
Total		96	1	100

Fuente; Autor.

En la tabla 16 se tienen los valores de cada una de las familias que se encontraron en el muestreo dos (M2). Con una ordenación y clasificación de los datos obtenidos por las observaciones desarrollando distribuciones de frecuencias y organizando el número de individuos que hay para cada uno de las familias identificadas donde se tienen los valores

de frecuencia absoluta, frecuencia relativa y frecuencia relativa porcentual. En este muestreo se recolectaron 96 individuos y donde predominó una de las familias la Chironomidae con una frecuencia absoluta de 44 individuos representando el 45.83% de la comunidad de macroinvertebrados encontrados para este muestreo, teniendo en cuenta que para este mismo transecto en el muestreo inicial esta familia no era tan representativa.

Gráfica 7. Presencia de macroinvertebrados en el muestreo dos (M2)



Fuente; Autor.

En la gráfica 6 se evidencia que la familia Chironomidae es la más representativa de este muestreo esta familia vive en aguas lóxicas y lénticas con abundante materia orgánica en descomposición. Algunos, como Chironomus, viven en aguas muy contaminadas; otros pueden vivir en aguas limpias según Roldán, Pérez. G. (2003).

En la tabla 17 se encuentran registradas las familias identificadas en los dos transectos o puntos en dos diferentes épocas del año, el muestreo inicial correspondió al período lluvioso con fecha del 9 de Septiembre del 2015, y el muestreo final perteneció a la época de transición con fecha del 20 de abril de 2016.

Tabla 17. Familias de macroinvertebrados en las dos épocas

Familias	MUESTREO INICIAL		MUESTREO FINAL	
	M1	M2	M1	M2
Lymnessiidae	3	0	0	0
Hyalellidae	441	91	48	13
Physidae	27	131	44	18
Ancylidae	0	5	6	0
Chironomidae	18	69	58	44
Simuliidae	58	35	47	2
Dolichopodidae	2	0	0	0
Tipulidae	0	3	0	0
Baetidae	6	4	2	5
Leptohyphidae	0	12	5	1
Glossiphoniidae	1	0	0	0
Gerridae	0	1	0	0
Aeshnidae	0	2	0	0
Coenagrionidae	0	9	1	4
Polycentropodidae	11	7	4	1
Glossosomatidae	1	0	1	0
Hydropsychidae	6	8	0	0
Hydroptilidae	2	0	9	0
Planariidae	7	4	81	3
Sphaeriidae	0	1	1	0
Libellulidae	0	0	0	1
Empididae	0	0	1	4
Total	583	382	308	96

Fuente; Autor.

En la tabla 19 se puede ver como los muestreos uno y dos del muestreo final presentaron un número de individuos bajo en comparación con el muestreo inicial en los mismos transectos o puntos, esto podría estar relacionado a la época del año donde las precipitaciones fueron pocas generando una reducción de la comunidad de macroinvertebrados.

La abundancia en familias como la Hyalellidae presento cambios significativos para el caso del muestreo uno (M1) donde en la época lluviosa presentaba un número de 441 individuos y para la época de transición solo 48 individuos. A la inversa sucedió con la familia Planariidae que para el primer muestreo presento solo 7 individuos pero para el segundo aumento el número con 81 individuos.

Para conocer la similitud entre épocas se utilizó el índice de Jaccard donde los resultados para los muestreos entre épocas y entre muestreos fueron los siguientes;

Tabla 18. Similitud entre épocas de muestreo

SIMILITUD CUALITATIVA DE MUESTREOS		
MUESTREO 1 INICIAL	MUESTREO 1 FINAL	50%
MUESTREO 2 INICIAL	MUESTREO 2 FINAL	53%
MUESTREO 1 INICIAL	MUESTREO 2 INICIAL	40%
MUESTREO 1 FINAL	MUESTREO 2 FINAL	67%

Fuente; Autor.

El grado de similitud para el muestreo uno (M1) en las dos épocas fue del 50% presentando cambios de diversidad, para el caso del muestreo dos (2) el grado de similitud fue del 53%, pero para ambos casos las poblaciones de macroinvertebrados presentaron

cambios en términos de abundancia y diversidad de organismos. Estos cambios pueden estar relacionados por los cambios de temperatura del agua, las adaptaciones fisiológicas de los organismos, la amplitud del cauce, el nivel de oxígeno y la corriente del cuerpo de agua.

Los grados de similitud entre puntos que presentaron contacto con la industria láctea para la época lluviosa con fecha del 9 de septiembre del 2015 fueron del 40%, y estos mismos transectos para la época de transición con fecha del 20 de abril de 2016 presentaron un grado de similitud del 67%.

Para la época de transición se presentó mayor similitud entre muestreo contrario a la época de lluvias, esto puede estar relacionado con los bajos niveles de agua para las fechas del muestreo y demás condiciones que afectan los organismos más sensibles a bajos niveles de agua.

Para el caso del estudio se comparan las calificaciones obtenidas de los transectos en las dos diferentes épocas de muestreo, en la tabla 19 se encuentran registrados el número de individuos por familia y su respectivo puntaje asignado por la metodología de Roldán propuesto en el 2003, se revisaron otras propuestas del índice BMWP como la de Bohórquez, (1997) establecido para el departamento de Cundinamarca pero debido a que familias como Glossiphoniidae no se encuentran registradas se consideró necesario solo aplicar el índice propuesto por Roldán debido a que era una propuesta más actualizada..

Tabla 19. Composición de la comunidad de macroinvertebrados y aplicación del índice BMWP/Col para el muestreo final.

FAMILIAS	MUESTREO INICIAL				MUESTREO FINAL			
	M1	Puntaje M1	M2	Puntaje M2	M1	Puntaje M1	M2	Puntaje M2
Lymnessiidae	3	10	0	0	0	0	0	0
Hyalellidae	441	7	91	7	48	7	13	7
Physidae	27	3	131	3	44	3	18	3
Ancylidae	0	0	5	6	6	6	0	0
Elmidae	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	18	2	69	2	58	2	44	2
Simuliidae	58	8	35	8	47	8	2	8
Dolichopodidae	2	4	0	0	0	0	0	0
Culicidae	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	0	0	3	3	0	0	0	0
Baetidae	6	7	4	7	2	7	5	7
Leptohyphidae	0	0	12	7	5	7	1	7
Glossiphoniidae	1	3	0	0	0	0	0	0
Gerridae	0	0	1	8	0	0	0	0
Aeshnidae	0	0	2	6	0	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	9	7	1	7	4	7
Polycentropodidae	11	9	7	9	4	9	1	9
Glossosomatidae	1	7	0	0	1	7	0	0
Hydropsychidae	6	7	8	7	0	0	0	0
Hydroptilidae	2	7	0	0	9	7	0	0
Planariidae	7	7	4	7	81	7	3	7
Sphaeriidae	0	0	1	4	1	4	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	1	6
Empididae	0	0	0	0	1	4	4	4
Total	583	81	382	91	308	85	96	67

Fuente; Autor.

Familias que se hicieron presentes en el muestreo de época lluviosa no se hicieron presentes en la época de transición caso específico la familia Lymnessiidae donde solo se

presentó en el muestro uno (M1) en la época de lluvias. El muestreo final presento dos familias nuevas no identificadas en el muestreo inicial.

La clasificación de calidad del agua obtenida para los dos muestreos en las dos épocas fue;

Tabla 20. Clasificación de la calidad del agua de los muestreos en contacto con la industria.

MUESTREO	CALIDAD	VALOR DEL BMWP	SIGNIFICADO	COLOR	
MUESTREO INICIAL	M1	Aceptable	81	Aguas ligeramente contaminadas	verde
	M2	Aceptable	91	Aguas ligeramente contaminadas	verde
MUESTREO FINAL	M1	Aceptable	85	Aguas ligeramente contaminadas	verde
	M2	Aceptable	67	Aguas ligeramente contaminadas	verde

Fuente; Autor.

Los resultados obtenidos del índice BMWP/Col para el muestreo final presentaron cambios en los valores que no afectaron la calificación de la calidad del agua para los dos transectos en las dos diferentes épocas del año en que fueron estudiados, continuando estos dos transectos o puntos con la clasificación de aguas de calidad aceptable lo que indica que son aguas ligeramente contaminadas, se debe tener en cuenta que estos resultados son una aproximación a una evaluación ambiental aun no son concluyentes.

Los resultados para los dos transectos con índice de calidad de agua NSF fueron:

Ilustración 3. Cálculo del índice WQI_{NSF} para muestreo uno (M1)

Factor	Weight	Measured	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17		
Fecal Coliform	0.16		
pH	0.16	6.5	72
BOD	0.11		
Temperature Change	0.11	16	29
Total Phosphate	0.10	0.11	96
Nitrates	0.10	8	56
Turbidity	0.08	2	93
Total Solids	0.07	572	20

Factors Entered:	6
Final Index:	62

Fuente; Autor, elaborado en la página web Water-research.net.

Ilustración 4. Cálculo del índice WQI_{NSF} Para el muestreo dos (M2).

Factor	Weight	Measured	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17		
Fecal Coliform	0.16		
pH	0.16	6.5	72
BOD	0.11		
Temperature Change	0.11	16	29
Total Phosphate	0.10	0.10	96
Nitrates	0.10	8	56
Turbidity	0.08	2	93
Total Solids	0.07	576	20

Factors Entered:	6
Final Index:	62

Fuente; Autor, elaborado en la página web Water-research.net.

Tabla 21. Clasificación de la calidad del agua en función del WQI_{NSF} para los dos muestreos

MUESTREO	VALOR DEL INDICE	CLASIFICACIÓN	LEYENDA
1	62	CALIDAD MEDIA (REGULAR)	
2	62	CALIDAD MEDIA (REGULAR)	

Fuente; Autor.

Para los dos muestreos el resultado fue el mismo con un valor de 62 puntos, el cual determino que las aguas estudiadas son aguas de calidad media (regular), estos resultados serán comparados con los obtenidos en la aplicación del índice BMWP/Col modificado por Roldán, 2003.

Tabla 22. Resultados de los índices BMWP/Col y el WQI_{NSF}

MUESTREO	VALOR DEL INDICE		CALIDAD DEL AGUA		LEYENDA	
	WQI_{NSF}	BMWP	WQI_{NSF}	BMWP	WQI_{NSF}	BMWP
1	62	85	MEDIA (R)	ACEPTABLE		
2	62	67	MEDIA (R)	ACEPTABLE		

Fuente; Autor.

Los resultados de los dos índices indican que el agua de los dos transectos son aguas con algún signo evidente de contaminación esto se puede evidenciar por la clasificación que se obtuvo donde en el índice WQI_{NSF} obtuvo una clasificación de aguas de calidad media (regular) con un puntaje los dos muestreos de 62 puntos, la aplicación del índice BMWP/Col dio como resultado para el muestreo uno (M1) 85 puntos y el muestreo dos (M2) 67 puntos, clasificando los dos muestreos como aguas de calidad aceptables que significa que son aguas ligeramente contaminadas, hay que tener en cuenta que estos resultados son una aproximación a un no se podría concluir el grado de contaminación del lecho del río Ubaté sin realizar más muestreos que permitan determinar la situación real del afluente.

En el transcurso del estudio, los dos transectos o puntos que presentaban contacto con la industria láctea se clasificaron como aguas de calidad aceptable, ligeramente contaminadas, donde la presencia de familias predominantes era de las que viven en aguas con alto nivel de materia orgánica que al comparar con los resultados de los análisis físico-químicos que demostraban que los dos muestreos presentaban altos niveles de sólidos totales que hace alusión a materia suspendida o disuelta como sales y residuos orgánicos no son muy diferentes a los resultados obtenidos con los macroinvertebrados. Estos resultados fueron cotejados con la aplicación del índice WQI_{NSF} que clasifico estos muestreos como aguas de calidad media (regular).

Es necesario aclarar que el muestreo que obtuvo menor puntaje en el índice BMWP/Col fue el dos (M2) que a su vez en el análisis físico-químico presentó un mayor contenido de

solidos totales y que es el muestreo con mayor contacto con la industria láctea. Los dos índices indican que estos transectos se están viendo afectados por actividades antrópicas que afectan sus condiciones naturales y permiten que organismos que están relacionados con aguas contaminadas se hagan más presentes, lo que conlleva a que estas aguas se restrinjan para algunas actividades que exigen aguas de mejor calidad.

Al validar los índices se puede observar que no coinciden los valores numéricos pero se aproximan, lo cual conlleva a un análisis más profundo de la situación, ya que al ser dos índices totalmente diferentes pero valederos al diagnosticar la calidad del agua y al realizar un análisis de sus resultados y calificación se puede observar que los valores obtenidos pueden llegar a un acercamiento que permiten tener una aproximación a la situación real del lecho del río.

El punto focal de este estudio permite ver como el monitoreo biológico con macroinvertebrados resulta una herramienta adecuada para determinar la calidad del ecosistema acuático y evaluar impactos ambientales teniendo en cuenta que son aproximaciones y no resultados concluyentes para el río Ubaté, pero este monitoreo debe ir acompañado o alternado con el monitoreo físico-químico ya que si se presenta una diferencia entre los valores se podría ver cuáles son las variables que generan esos cambios.

Las empresas no deben ignorar los impactos que pueden estar generando sin importar que sean pequeñas, medianas o grandes, ya que todos los impactos ambientales generan un efecto

en los ecosistema que con el tiempo pueden provocar efectos directos sobre la morbilidad, la producción de algunas actividades económicas como las agropecuarias, debido a esto es necesario que todo empresario tenga en cuenta los costos que van hacer dirigidos a medir y monitorear las fuentes potenciales de daños ambientales.

Para el caso de la contaminación de los cuerpos de agua es habitual que se evalué el impacto ambiental con análisis físico-químicos pero debido a su alto costo no se hace de manera frecuente solo cuando se considera necesario o las instituciones gubernamentales lo exigen, en el caso de las explotaciones agropecuarias la evaluación de un impacto ambiental es poco común debido a que no se considera que toda actividad genera un daño ambiental que puede ser mínimo o máximo y que con el tiempo puede afectar la salud de un ecosistema, por tal razón se requiere de alternativas que puedan medir el impacto ambiental y que a su vez no efecto las finanzas de la empresa.

Teniendo en cuenta que el uso de macroinvertebrados puede ser una alternativa en la evaluación de impactos ambientales, también se requiere que esta alternativa sea evaluada económicamente para poder cumplir con el objetivo de toda administración el disminuir costos y aumentar ganancias, conociendo esto se realizó un análisis a los costos que puede generar el monitoreo biológico durante un año, de esa manera se evaluó económicamente el uso de macroinvertebrados acuáticos como alternativa en la evaluación de impactos ambientales.

Se registraron los costos del muestreo final donde solo se muestrearon los transectos que estaban siendo afectados por la industria láctea, se tuvieron en cuenta costo de materiales,

alquiler de laboratorio y del personal conociendo que se requiere de una persona con conocimiento en el área para lo cual se estableció una remuneración económica por hora de \$5.746 pesos y el alquiler por hora a \$10.000 pesos teniendo en cuenta que este valor es subjetivo a las instituciones y actividades a realizar en el laboratorio.

Tabla 23. Costos del monitoreo biológico

COSTOS DEL MONITOREO BIOLOGICO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unit	Valor total
MATERIALES				
Pinza entomológica recta punta fina	UND	1	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00
Frascos plásticos	UND	60	\$ 300.00	\$ 18,000.00
Pincel pelo de marta	UND	4	\$ 2,000.00	\$ 8,000.00
Cinta de enmascarar	UND	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
Marcador	UND	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Alcohol al 70%	350 ML	7	\$ 2,300.00	\$ 16,100.00
Bolsas herméticas	UND	100	\$ 120.00	\$ 12,000.00
LABORES				
Trabajo en campo	HORA	7	\$ 5,746.00	\$ 40,222.00
Trabajo en laboratorio	HORA	20	\$ 5,746.00	\$ 114,920.00
OTROS COSTOS				
Alquiler de laboratorio	HORA	20	\$ 10,000.00	\$ 200,000.00
Esfero	UND	2	\$ 500.00	\$ 1,000.00
Impresiones	UND	10	\$ 200.00	\$ 2,000.00
COSTO PRIMER MUESTREO				\$ 459,742.00
COSTO TOTAL DEL MONITOREO BIOLOGICO				\$ 1,630,968.00

Fuente; Autor

En la tabla 23 están registrados todos los costos en los que se incurrieron para el muestreo final que presento un valor de \$459.742.00 pesos, para calcular el costo total del monitoreo biológico se tuvo en cuenta los materiales que se consumieron en el primer muestreo y el

tiempo requerido en personal y laboratorio, este valor fue para 3 muestreos más lo que implica que el monitoreo biológico conto con cuatro (4) momentos de estudio y un costo de \$1.630.968.00 pesos.

El costo más alto del monitoreo biológico está en el alquiler del laboratorio que equivalió para el primer muestreo un 43.5% de los costos totales.

Para conocer si el monitoreo biológico es más económico que el físico-químico se realiza el análisis de costos para este monitoreo, teniendo en cuenta cuatro muestreos en una año. En la tabla 24 se encuentran registrados los costos para el monitoreo físico-químico.

Tabla 24. Costo del monitoreo físico-químico

ANALISIS FISICO-QUIMICOS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unit	Valor total
Fracos de vidrios ámbar 100ml	UND	2	\$ 48,024.00	\$ 96,048.00
Análisis fisicoquímicos	UND	2	\$ 202,560.00	\$ 405,120.00
Recolección de muestras	HORA	2	\$ 5,746.00	\$ 11,492.00
Rotulación	UND	2	\$ 500.00	\$ 1,000.00
COSTO PRIMER MUESTREO				\$ 513,660.00
COSTO TOTAL DEL MONITOREO FISICOQUIMICO				\$ 1,766,496.00

Fuente; Autor.

El monitoreo físico-químico presento un valor de \$1.766.496.00 más alto a comparación del monitoreo biológico con un valor de \$1.630.968.00 pesos y una diferencia entre monitoreo de \$135,528.00 pesos. Aunque la diferencia entre costos no es demasiado alta se tiene que tener en cuenta que costos pueden varias según las necesidades del estudio.

Se tiene que tener en cuenta que los costos del monitoreo biológico pueden variar según el muestreo y la época del muestreo ya que las condiciones de temperatura y demás pueden afectar las condiciones de vida de los organismos y disminuir el número de individuos.

Una evaluación ambiental que contemple los dos monitoreos para el municipio de Ubaté causa específica contaminación por la industria láctea tendría un costo de \$3.397.464.00 pesos, este valor podría variar con el número de muestras y los honorarios de los profesionales y demás costos.

El monitoreo biológico es una alternativa para las empresas que buscan conocer como están afectando el medio ambiente y aunque pareciera que su costo es alto o igual al del monitoreo físico-químico, los costos de evaluación son supremamente importantes para evitar tener que llegar a destinar recursos económicos en costos de fracaso que van dirigidos a remediar los daños ambientales ocasionados por la actividad económica y que pueden ser superiores al de la evaluación. Por eso es importante ver el medioambiente como una variable igual o más importante que las proyecciones financieras, comerciales o de recursos humanos para el futuro de la empresa y, por ende, debe considerarse necesariamente dentro de la planeación estratégica de todas las empresas ya sean del sector agropecuario o de otro sector, es fundamental pensar en el futuro y en que recursos se dejen a las próximas generaciones conociendo que todo recurso natural se agotará si no se le da un adecuado manejo o explotación.

5. CONCLUSIONES

En el sector agropecuario existen diferentes riesgos, los cuales están dentro de tres grandes áreas de la administración: producción, comercialización y finanzas; donde la producción depende de procesos biológicos que están afectados por el tiempo, plagas, enfermedades, fertilidad del suelo y calidad del agua, en el cual la calidad del agua no se ha asumido como un factor determinante de la producción de especies animales y vegetales. Por esta razón muchos productores suministran agua de afluentes hídricos de mala calidad que se ven afectados por causas antrópicas, entre ellas la contaminación por vertimientos industriales. Teniendo en cuenta la importancia del factor agua es necesario que un administrador agropecuario conozca la calidad del recurso que está ofreciendo y que evalúe el impacto ambiental que puede generar por el mal manejo de vertimientos de su explotación o actividad económica sin importar que esta se ha pequeña, mediana o grande.

Teniendo en cuenta que la administración no puede dejar de lado el componente ambiental, el uso de los macroinvertebrados acuáticos podría ser una alternativa para identificar un impacto ambiental, es importante resaltar que esta alternativa no busca reemplazar los análisis físico-químicos y bacteriológicos sino alternarlos, sin tener que perturbar abruptamente sus finanzas que son una base fundamental para conocer la rentabilidad de una explotación o actividad económica.

Para el lecho del río Ubaté se identificaron 12 órdenes y 24 familias para las dos épocas, donde la familia con mayor presencia en los muestreos realizados fue la Hyalellidae donde

esta familia no se podría sugerir como un indicador de calidad de agua teniendo en cuenta que se encontró en puntos con y sin contaminación por la industria láctea.

Para el estudio de aproximación de los dos transeptos que presentaron contacto con la industria láctea el resultado de aguas fue de un signo evidente de contaminación que al ser comparado con el análisis fisicoquímico que presentaba un alto nivel de sólidos totales, que están relacionados con altos niveles de sales y materia orgánica lo que podría conllevar a la presencia de familias como la Hyalellidae que habitan aguas con alto contenido de materia orgánica pero se debe tener en cuenta que estos resultados no son concluyentes sino aproximaciones. También se debe considerar que las aguas residuales de la industria láctea se caracterizan por poseer una gran cantidad de materia orgánica, especialmente grasas y aceites, además de sólidos suspendidos, lo que podría estar relacionado con los resultados del estudio de aproximación.

Basados en los resultados del estudio aún no se podría concluir el grado de contaminación del río Ubaté, ni qué tipo de organismos son más resistentes a este tipo de contaminación, este estudio permite tener es un acercamiento a las familias de macroinvertebrados presentes en el lecho del río Ubaté.

Se deben tener en cuenta todos los costos ambientales en que se incurren, y como cada vez el componente ambiental está más involucrado en las finanzas de toda empresa, es de gran importancia conocer el impacto que se genera y realizar estrategias que permitan disminuir el impacto ambiental ocasionado por las actividades económicas que se ejercen.

Aunque los costos entre monitoreos no son significativos y económicamente sería más fácil el monitoreo fisicoquímico se debe tener en cuenta que cada uno de los monitoreos cuenta con ventajas que permiten que se complementen y generen una adecuada evaluación ambiental, teniendo en cuenta que uno permite conocer características fisicoquímicas y el otro permite conocer las condiciones del ecosistema siendo estos resultados adecuados para determinar cómo disminuir la afectaciones que se genera por la actividad económica.

Los costos de evaluación son importantes para evitar tener que llegar a destinar recursos económicos en costos de fracaso que van dirigidos a remediar los daños ambientales ocasionados por la actividad económica y que pueden ser superiores al de la evaluación.

Toda empresa debe tener en cuenta un rubro para realizar evaluaciones ambientales que permitan conocer como su actividad económica está afectando el medio ambiente y como evitar o reducir el nivel de contaminación para prevenir que con el paso del tiempo esta empresa no se vea perjudicada por sanciones económicas y legales que pueden llegar a afectar aún más las finanzas de esta misma.

RECOMENDACIONES

El índice BMWP/Col se debe aplicar con cautela ya que la generalización de sus valores de tolerancia para la diferenciación de familias pueda dar lugar a errores importantes en su utilización, teniendo en cuenta que los ecosistemas en cada cuerpo de agua actúan de manera diferentes por las condiciones ambientales del país (altitud, latitud, temperatura, etc.) por tal razón una generalización de este método no sería lo adecuado, la mejor alternativa sería estudiar con cierto detalle las distribuciones de las diferentes familias implicadas en cada ecosistema.

Llevar a cabo estudios que permitan conocer más afondo las familias de macroinvertebrados presentes en el lecho del rio Ubaté y generar un propio índice para evaluar el nivel de contaminación en los cuerpos de agua del municipio de Ubaté.

Elaborar muestreos de macroinvertebrados acuáticos en más de una época en el año para conocer las fluctuaciones de comunidades y analizar las posibles causas que afecten a los organismos.

Realizar más estudios dirigidos a conocer el grado de contaminación que genera la industria láctea en los afluentes hídricos del municipio de Ubaté y socializarlos con la comunidad académica y empresas destinadas a esta actividad económica.

Realizar proyectos que involucren el componente ambiental, y que se analice económicamente que costo tiene un impacto ambiental para una empresa y para una comunidad en general.

Generar convenios con entidades que faciliten realizar las pruebas de laboratorio necesarias para llevar a cabo proyectos de índole investigativo para los programas de administración agropecuaria y zootecnia.

BIBLIOGRAFÍA

- ADVANCEMENTS, F. D. O. P. (2009). Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Actual Biol*, 31(91), 227-237.
- Arango, M. C., Álvarez, L. F., Arango, G. A., Torres, O. E., & Monsalve, A. D. J. (2008). Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*, (9), 121-141.
- Baddi, Z., Garza, C., & Landero, F. (2005). Los indicadores biológicos en evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica*, 2(6), 4-20.
- Cáceres, M. D. J. G. (2012). Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea. *Mundo Pecuario*, 8(1), 16-32.
- Camargo, Díaz. A. 2004. Evaluación ambiental de la quebrada de la honda del municipio del socorro mediante los índices BMWP y QBR. Universidad industrial de Santander, facultad de ciencias, Bucaramanga.
- Castellanos, P. M., & Serrato, C. (2008). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 32(122), 79-86.
- Castillo Pérez, L. C. (2010). Caracterización de la industria quesera de la región del Valle de Ubaté y Chiquinquirá.
- Corpas Iguarán, E. J., & Herrera Adarme, O. F. (2013). Remoción de materia orgánica y coliformes mediante el uso de microorganismos eficientes en una planta de tratamiento anaeróbico residual lácteo.
- Fernández, R. L. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de información ambiental*, (39), 24-29.
- Garzón Benavides, J. M., & López Morán, J. M. (2008). Análisis de una alternativa de producción más limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la Empresa Friesland Lácteos Puracé de San Juan de Pasto.
- González Lancheros, O. I. (2010). Análisis sobre la contaminación de las aguas, producto de las pequeñas empresas lácteos del municipio de Ubaté.
- González, S. M., Ramírez, Y. P., Meza, A. M., & Dias, L. G. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 16(2), 135-148.

- Guerra, G. (1992). *Manual de administración de empresas agropecuarias* (Vol. 30). Agroamerica.
- Hahn-vonHessberg, Christine M, Toro, Daniel Ricardo, Grajales-Quintero, Alberto, Duque-Quintero, Ginna María, & Serna-Uribe, Lorena. (2009). determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de palestina, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13(2), 89-105.
- Helouani, D. R. (2002). Costos ambientales: Su impacto en las empresas.
- IDEAM. (2010). Temas ambientales, toma de muestras de aguas superficiales. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Isaza Vargas, M. F. (2013). Compromiso ambiental y sustentabilidad de la industria de alimentos lácteos en Colombia.
- Jiménez, M. A., & Vélez, M. V. (2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances en recursos hidráulicos*, (14).
- Jolly, A. L., Brevis, O. P., & LeFeuvre, O. (1970). Economic study of establishments [farms], 1966-7.
- Martínez, G. N. (2010). Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del balneario Hurtado, rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Universidad industrial de Santander, Bucaramanga, Santander.
- Meléndez, V. G., Quintero, O. C., & Ramírez, N. A. (2013). Aplicación de los Índices de Calidad de Agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia.
- Mr. Brian Oram, P. (2016). Water Quality Index Calculator. [online] Water-research.net. Available at: <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>.
- Panayotou, T., Faris, R., Uribe, E., Duque, J., Galarza, E., & Del Valle, M. (2003). *Competitividad y contaminación industrial en la región andina*. CAF.
- Parada, N. F., & Ortega, F. S. (2005). *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua. Vicerrectoría de Investigaciones. 142 pp. Universidad de Pamplona*. ISBN 958-33-7810-0.
- Parra Huertas, R A; (2009). lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 62() 4967-4982. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179915377021>
- Pérez, G. R. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Academia Colombiana de Ciencia*, 23(88), 375-387.
- Polanía, J. (2010). Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 13(3), 75.

- Prat, N., & Rieradeval M. (1998). Criterios de evaluación de la calidad del agua en los lagos y embalses basados en macroinvertebrados bentónicos. *Actualidades Biológicas*, 20(69), 137- 147
- Quintero, C., Elkin, J., & López Zarama, D. A. (2008). Formulación del plan de manejo ambiental para la planta de acopio Alimentos del Valle" ALIVAL SA" Pasto-Nariño.
- Reolon, L. (2010). Programa de formación iberoamericano en materia de aguas. Índices de calidad del agua.
- Restrepo Gallego, M. (2012). Producción más limpia en la industria alimentaria.
- Rodríguez, V. F., & Mesa, M. H. L. (2015). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 189.
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía. Primera reimpresión. Presencia Ltda. Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá – Colombia
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. *Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colección de Ciencia y Tecnología. Medellín.*
- Roldán, G., (1988), Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN-Colombia. Colciencias- Universidad de Antioquia, Ed. Presencia Ltda., Santafé de Bogotá, 217 p.
- Roldán, G., (1992), Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 529 p.
- Roldán, G., (1997), Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, en: Bioindicadores ambientales de la calidad del agua, Universidad del Valle, Cali.
- Talero Cabrejo, S. (2008). El lugar de los costos ambientales de producción: ¿qué son, cómo clasificarlos y por qué tenerlos en cuenta? *Cuadernos de Contabilidad*, 9(25).
- Valderrama Salazar, P. A., & Téllez Iregui, G. (2003). Microcuenca lechera valles de Ubate y Chiquinquirá: Caracterización y mercadeo de la leche.
- World Wildlife Fund International (WWF). (2010). Planeta Vivo Informe 2010: Biodiversidad, biocapacidad y desarrollo. España: WWF España.
- Zúñiga, M. D. C., & Cardona, W. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental: 167-198. *J. Cantera, Y. Carvajal & L. Castro. (compiladores). Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos. Programa Editorial Universidad del Valle, Valle, Colombia*

Anexos



Interlabco S.A.S.

LABORATORIO QUÍMICO INTERNACIONAL

Código: FT034/V04
Página: 1 de 2
Vigente desde: 26 - Feb - 12

Villa de San Diego de Ubaté, 16 de Mayo de 2016

Ref. 45848
O.T. 15339

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Programa Administracion Agropecuaria
Tesisista Nelson Javier Montaña
Ciudad

CERTIFICADO DE CALIDAD

*¡Mejoramos continuamente
Conocimiento, Información e Inteligencia
al servicio de nuestros Clientes*

Nosotros, INTERLABCO S.A.S., certificamos que hemos ANALIZADO una (1) muestra(s) de AGUA, recibida(s) el día 29 de Abril de 2016 a las 10:05 horas, y los resultados obtenidos son los siguientes.

IDENTIFICACION: MUESTRA 1 PUENTE NARIÑO FECHA: 20 ABRIL / 2016 HORA: 12:37 PM
FECHA DE ANALISIS: MAYO 16 DE 2016

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO	RESULTADO	METODO	V/R ADMISIBLE SEGÚN RESOLUCION 0631 DE 2015
TEMPERATURA, °c	16	TERMOMETRIA	---
COLOR UNIDADES PT - CO	30	COLORIMETRIA	≤75
PH POTENCIOMETRICO A 18°C	6,5	POTENCIOMETRICO	6,5 - 8,5
DUREZA TOTAL (Ca, Mg), COMO CaCo3 mg/l	187	TITULACIÓN	---
ALCALINIDAD PARCIAL, COMO CaCo3, mg/l	0,0	TITULACIÓN	---
ALCALINIDAD TOTAL, COMO CaCo3, mg/l	22,40	TITULACIÓN	≤200 mg CaCo3/L
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA A 25°C, microH	492	CONDUCTIMETRIA	---
SOLIDOS TOTALES (EVAPORACION A 105°C), mg/l	572	DESECACIÓN A 105°C	≤500 mg/L
SOLIDOS EN SOLUCION (EVAPORACION A 105°C), mg/l	344	DESECACIÓN A 105°C	---
SOLIDOS EN SUSPENSIÓN, mg/l	228	FILTRACION CRISOL GOOCH	---
TURBIEDAD, NTU	2	COLORIMETRIA	≤2
IONES EN SOLUCIÓN mg/l			
CALCIO, COMO Ca++	35,27	ABSORCIÓN ATÓMICA	---
HIERRO TOTAL, COMO Fe	0,10	ABSORCIÓN ATÓMICA	---
MAGNESIO, COMO Mg++	0,70	ABSORCIÓN ATÓMICA	≤0,2 mg/L
MANGANESO, COMO Mn	0,08	ABSORCIÓN ATÓMICA	---
POTASIO, COMO K+	1,20	ABSORCIÓN ATÓMICA	---

CONTINUA...



Edyhuina Peña Parra

Muestreo, Preparación y Análisis Físicoquímicos de carbones, coques, minerales, aguas, suelos, alimentos, foliar, lácteos, y medios filtrantes como gravas, arenas, antracitas y Productos Químicos en General.

ASESORÍAS, CONSULTORÍAS Y CAPACITACIÓN
EN TODAS LAS LÍNEAS DE SERVICIO.

Calle 5 No. 8 - 37 Ubaté (Cundinamarca, Colombia)
Telefax: (571) 889 0389 - 855 3644 - 889 1349
Celulares: 300 219 0875 - 321 453 1296 (WhatsApp)
E-mail: gerencia@interlabco.com - gestioncalidad@interlabco.com
servicioalcliente@interlabco.com / Chat: gerenciainterlabco@yahoo.es
PAGINA WEB: www.interlabco.com



Interlabco S.A.S.

LABORATORIO QUÍMICO INTERNACIONAL

Código: FT034/V04
Página: 2 de 2
Vigente desde: 26 - Feb - 12

Villa de San Diego de Ubaté, 16 de Mayo de 2016

Ref. 45848
O.T. 15339

BICARBONATOS, COMO HCO ₃ ⁻	159,82	TITULACIÓN	---
CARBONATOS, COMO CO ₃ ⁻	0,00	TITULACIÓN	---
CLORUROS, COMO Cl ⁻	31,24	ARGENTOMETRIA	≤250 mg/L
NITRATOS, COMO NO ₃ ⁻	8	ELECTRODO	≤10,0 mg/L
NITRITOS, COMO NO ₂ ⁻	0,025	ELECTRODO	≤1,0 mg/L
SULFATOS, COMO SO ₄ ⁻	300	COLORIMETRIA	≤400 mg/L
FOSFATOS, COMO P	0,11	FOTOCOLORIMETRIA	---

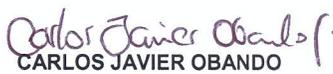
OBSERVACIONES:

TENIENDO EN CUENTA LA RESOLUCION 0631 DEL 17 DE MARZO DE 2015, LA MUESTRA PRESENTA ALTO NIVEL DE SOLIDOS TOTALES; LAS DEMAS DETERMINACIONES CUMPLEN CON LOS REQUISITOS DE AGUA CLASE - A COMO CUERPO RECEPTOR.


LUZ DARY ORTIZ
Inspector autorizado
Firma autorizada

INTERLABCO S.A.S.
APROBADO POR:

Ing. Q. EDELMIRA PEÑA DE ARCO
Gerente General y Operativa
M.P. 1354


CARLOS JAVIER OBANDO
Inspector de Calidad
Firma Autorizada

NOTA 1: Los resultados analíticos corresponden única y exclusivamente a la(s) muestra(s) traída(s) al LABORATORIO y no a otra(s) de la misma procedencia.
NOTA 2: Los certificados expresados en el certificado corresponden a las circunstancias y condiciones particulares del momento en que se analiza la muestra.
NOTA 3: INTERLABCO S.A.S. no se hace responsable por los perjuicios derivados del uso indebido del presente certificado por parte del cliente.
NOTA 4: La muestra de reserva se conserva en INTERLABCO S.A.S., durante 30 días calendario después de los cuales será desechada, igualmente se aceptará cualquier reclamación sobre los resultados emitidos única y exclusivamente durante este periodo.
NOTA 5: Si se detecta en este certificado alteración de resultados, tipo de letra, fecha u otra anomalía, comuníquese con INTERLABCO S.A.S para verificar autenticidad
NOTA 6: El Laboratorio no es responsable de las posibles interpretaciones surgidas por la reproducción parcial del presente certificado.

Muestreo, Preparación y Análisis Físicoquímicos de carbones, coques, minerales, aguas, suelos, alimentos, foliar, lácteos, y medios filtrantes como gravas, arenas, antracitas y Productos Químicos en General.

ASESORÍAS, CONSULTORÍAS Y CAPACITACIÓN
EN TODAS LAS LÍNEAS DE SERVICIO.

Calle 5 No. 8 - 37 Ubaté (Cundinamarca, Colombia)
Telefax: (571) 889 0389 - 855 3644 - 889 1349
Celulares: 300 219 0875 - 321 453 1296 (WhatsApp)
E-mail: gerencia@interlabco.com - gestioncalidad@interlabco.com
servicioalcliente@interlabco.com / Chat: gerenciainterlabco@yahoo.es

PAGINA WEB: www.interlabco.com

LÍNEA DE ATENCIÓN AL CLIENTE: SUGERENCIAS, QUEJAS Y RECLAMOS. CEL.: 321 453 1296 GERENCIA GENERAL



Interlabco S.A.S.

LABORATORIO QUÍMICO INTERNACIONAL

Código: FT034/V04
Página: 1 de 2
Vigente desde: 26 - Feb - 12

Villa de San Diego de Ubaté, 16 de Mayo de 2016

Ref. 45849
O.T. 15339

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
Programa Administracion Agropecuaria
Tesisista Nelson Javier Montaña
Ciudad

CERTIFICADO DE CALIDAD

*¡Mejoramos continuamente
Conocimiento, Información e Inteligencia
al servicio de nuestros Clientes*

Nosotros, INTERLABCO S.A.S., certificamos que hemos ANALIZADO una (1) muestra(s) de AGUA, recibida(s) el día 29 de Abril de 2016 a las 10:05 horas, y los resultados obtenidos son los siguientes.

IDENTIFICACION: MUESTRA 2 PUENTE EL AHORCADO FECHA: 21 ABRIL / 2016 HORA: 14:00 PM
FECHA DE ANALISIS: MAYO 16 DE 2016

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO	RESULTADO	METODO	V/R ADMISIBLE SEGÚN RESOLUCION 0631 DE 2015
TEMPERATURA, °c	16	TERMOMETRIA	---
COLOR UNIDADES PT - CO	25	COLORIMETRIA	≤75
PH POTENCIOMETRICO A 18°C	6,5	POTENCIOMETRICO	6,5 - 8,5
DUREZA TOTAL (Ca, Mg), COMO CaCo3 mg/l	195	TITULACIÓN	---
ALCALINIDAD PARCIAL, COMO CaCo3, mg/l	0,0	TITULACIÓN	---
ALCALINIDAD TOTAL, COMO CaCo3, mg/l	24,00	TITULACIÓN	≤200 mg CaCo3/L
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA A 25°C, microH	513	CONDUCTIMETRIA	---
SOLIDOS TOTALES (EVAPORACION A 105°C), mg/l	576	DESECACIÓN A 105°C	≤500 mg/L
SOLIDOS EN SOLUCION (EVAPORACION A 105°C), mg/l	388	DESECACIÓN A 105°C	---
SOLIDOS EN SUSPENSION, mg/l	188	FILTRACION CRISOL GOOCH	---
TURBIEDAD, NTU	2	COLORIMETRIA	≤2
IONES EN SOLUCIÓN mg/l			
CALCIO, COMO Ca++	38,47	ABSORCIÓN ATÓMICA	---
HIERRO TOTAL, COMO Fe	0,10	ABSORCIÓN ATÓMICA	---
MAGNESIO, COMO Mg++	0,50	ABSORCIÓN ATÓMICA	≤0,2 mg/L
MANGANESO, COMO Mn	0,06	ABSORCIÓN ATÓMICA	---
POTASIO, COMO K+	1,80	ABSORCIÓN ATÓMICA	---

CONTINUA...

Calificadora J. P. Arce



Muestreo, Preparación y Análisis Físicoquímicos de carbones, coques, minerales, aguas, suelos, alimentos, foliar, lácteos, y medios filtrantes como gravas, arenas, antracitas y Productos Químicos en General.

ASESORÍAS, CONSULTORÍAS Y CAPACITACIÓN

EN TODAS LAS LÍNEAS DE SERVICIO.

Calle 5 No. 8 - 37 Ubaté (Cundinamarca, Colombia)
Telefax: (571) 889 0389 - 855 2644 - 889 1349
Celulares: 300 219 0875 - 321 453 1296 (WhatsApp)
E-mail: gerencia@interlabco.com - gestioncalidad@interlabco.com
servicioalcliente@interlabco.com / Chat: gerenciainterlabco@yahoo.es

PAGINA WEB: www.interlabco.com

LÍNEA DE ATENCIÓN AL CLIENTE: SUGERENCIAS, QUEJAS Y RECLAMOS. CEL.: 321 453 1296 GERENCIA GENERAL



Interlabco S.A.S.

LABORATORIO QUÍMICO INTERNACIONAL

Código: FT034/V04
Página: 2 de 2
Vigente desde: 26 - Feb - 12

Villa de San Diego de Ubaté, 16 de Mayo de 2016

Ref. 45849
O.T. 15339

BICARBONATOS, COMO HCO_3^-	170,80	TITULACIÓN	---
CARBONATOS, COMO CO_3^{2-}	0,00	TITULACIÓN	---
CLORUROS, COMO Cl^-	24,14	ARGENTOMETRIA	≤ 250 mg/L
NITRATOS, COMO NO_3^-	8	ELECTRODO	$\leq 10,0$ mg/L
NITRITOS, COMO NO_2^-	0,025	ELECTRODO	$\leq 1,0$ mg/L
SULFATOS, COMO SO_4^{2-}	300	COLORIMETRIA	≤ 400 mg/L
FOSFATOS, COMO P	0,10	FOTOCOLORIMETRIA	---

OBSERVACIONES:

TENIENDO EN CUENTA LA RESOLUCION 0631 DEL 17 DE MARZO DE 2015, LA MUESTRA PRESENTA ALTO NIVEL DE SOLIDOS TOTALES; LAS DEMAS DETERMINACIONES CUMPLEN CON LOS REQUISITOS DE AGUA CLASE - A COMO CUERPO RECEPTOR.



LUZ DARY ORTIZ

LUZ DARY ORTIZ
Inspector autorizado
Firma autorizada

Carlos Javier Obando
CARLOS JAVIER OBANDO
Inspector de Calidad
Firma Autorizada

- NOTA 1: Los resultados analíticos corresponden única y exclusivamente a la(s) muestra(s) traída(s) al LABORATORIO y no a otra(s) de la misma procedencia.
NOTA 2: Los certificados expresados en el certificado corresponden a las circunstancias y condiciones particulares del momento en que se analiza la muestra.
NOTA 3: INTERLABCO S.A.S. no se hace responsable por los perjuicios derivados del uso indebido del presente certificado por parte del cliente.
NOTA 4: La muestra de reserva se conserva en INTERLABCO S.A.S., durante 30 días calendario después de los cuales será desechada, igualmente se aceptará cualquier reclamación sobre los resultados emitidos única y exclusivamente durante este periodo.
NOTA 5: Si se detecta en este certificado alteración de resultados, tipo de letra, fecha u otra anomalía, comuníquese con INTERLABCO S.A.S para verificar autenticidad
NOTA 6: El Laboratorio no es responsable de las posibles interpretaciones surgidas por la reproducción parcial del presente certificado.

Muestreo, Preparación y Análisis Físicoquímicos de carbones, coques, minerales, aguas, suelos, alimentos, foliar, lácteos, y medios filtrantes como gravas, arenas, antracitas y Productos Químicos en General.

ASESORÍAS, CONSULTORÍAS Y CAPACITACIÓN

EN TODAS LAS LÍNEAS DE SERVICIO.

Calle 5 No. 8 - 37 Ubaté (Cundinamarca, Colombia)
Telefax: (571) 889 0389 - 855 3644 - 889 1349
Celulares: 300 219 0875 - 321 453 1296 (WhatsApp)
E-mail: gerencia@interlabco.com - gestioncalidad@interlabco.com
servicioalcliente@interlabco.com / Chat: gerenciainterlabco@yahoo.es

PAGINA WEB: www.interlabco.com

LÍNEA DE ATENCIÓN AL CLIENTE: SUGERENCIAS, QUEJAS Y RECLAMOS. CEL.: 321 453 1296 GERENCIA GENERAL

Generated By: Javier Montaña

Email: njmc_92@hotmail.com

Organization:

Type: lake

Location: colombia,cundinamarca

Coordinates: 5.299546670692776 -73.81165892851561

Factor	Weight	Measured	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17		
Fecal Coliform	0.16		
pH	0.16	6.5	72
BOD	0.11		
Temperature Change	0.11	16	29
Total Phosphate	0.10	0.11	96
Nitrates	0.10	8	56
Turbidity	0.08	2	93
Total Solids	0.07	572	20

Factors Entered:	6
Final Index:	62

Water Quality Index Legend

Range	Quality
90-100	Excellent
70-90	Good
50-70	Medium
25-50	Bad
0-25	Very Bad



Generated By: Javier Montaña

Email: njmc_92@hotmail.com

Organization:

Type: lake

Location: colombia,cundinamarca

Coordinates: 5.299546670692776 -73.81165892851561

Factor	Weight	Measured	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17		
Fecal Coliform	0.16		
pH	0.16	6.5	72
BOD	0.11		
Temperature Change	0.11	16	29
Total Phosphate	0.10	0.10	96
Nitrates	0.10	8	56
Turbidity	0.08	2	93
Total Solids	0.07	576	20

Factors Entered:	6
Final Index:	62

Water Quality Index Legend

Range	Quality
90-100	Excellent
70-90	Good
50-70	Medium
25-50	Bad
0-25	Very Bad





UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACION AGROPECUARIA

FICHA PARA MUESTREO DE AGUAS

N° DE MUESTRA:		FECHA:		HORA:	
LUGAR:		PUNTO DE MUESTREO:			
T° AMBIENTE:		T° DEL AGUA:		pH:	
CONDUCTIVIDAD:		CAUDAL:			
TIPO DE AFLUENTE:		LOTICO		LETICO	
PRESENCIA DE VEGETACION:					
RASTRERA		ARBUSTIVA		ARBOREA	
				AUSENTE	
PRESENCIA DE EXPLOTACIONES					
AGRICOLAS		PECUARIAS		MINERAS	
				OTRAS	
OBSERVACIONES:					



UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACION AGROPECUARIA

FICHA PARA MUESTREO DE AGUAS

N° DE MUESTRA:		FECHA:		HORA:	
LUGAR:		PUNTO DE MUESTREO:			
T° AMBIENTE:		T° DEL AGUA:		pH:	
CONDUCTIVIDAD:		CAUDAL:			
TIPO DE AFLUENTE:		LOTICO		LETICO	
PRESENCIA DE VEGETACION:					
RASTRERA		ARBUSTIVA		ARBOREA	
				AUSENTE	
PRESENCIA DE EXPLOTACIONES					
AGRICOLAS		PECUARIAS		MINERAS	
				OTRAS	
OBSERVACIONES:					



TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES – RED IDEAM

TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES PARA LA RED DE CALIDAD DEL IDEAM

En este documento se describen los requerimientos, instrucciones y cuidados que se deben tener en cuenta para las mediciones de campo y la toma de muestras de aguas superficiales de la Red de Calidad de Aguas del IDEAM.

1. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES (LISTA DE CHEQUEO)

- ✓ Equipos portátiles para mediciones de temperatura, pH y conductividad eléctrica. Antes de salir a campo verifique su funcionamiento y efectúe la calibración preliminar (en campo se hará una nueva calibración).
- ✓ Un balde de muestreo con lazo o manila de longitud suficiente para el muestreo.
- ✓ Un balde de plástico con llave en la parte inferior. La capacidad de este balde debe ser de unos 10 L a o más y se usa para la integración de muestras.
- ✓ Tubo de PVC de unos 60 cm de largo para agitar la muestra.
- ✓ Neveras de icopor con suficientes bolsas de hielo para mantener una temperatura cercana a 5°C.
- ✓ Frasco lavador.
- ✓ Toalla de papel absorbente.
- ✓ Cinta pegante y de enmascarar.
- ✓ Bolsa pequeña para basura.
- ✓ Esfero (bolígrafo) y marcador de tinta indeleble.
- ✓ Tabla portapapeles.
- ✓ Guantes.
- ✓ Para la toma de muestras para Metales y Mercurio en sedimentos: bolsas plásticas rotuladas, de 40 cm de ancho por 50 cm de largo y pala plástica o guantes de caucho.
- ✓ Para determinación de O.D. por el método Winkler: botella Winkler de 300 mL, probeta plástica de 100 mL, erlenmeyer de 250 mL, bureta de 10 mL, reactivos (5 frascos).
- ✓ Agua desionizada o destilada. En su defecto utilizar agua lluvia previamente colectada en vasijas plásticas limpias, o en último caso agua del acueducto local.

Elaborado por:
Fecha:

Revisado por:
Fecha:

Autorizado por:
Fecha:



TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES – RED IDEAM

- ✓ Preservantes para muestras: Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), Ácido nítrico (HNO_3).
- ✓ Botellas de plástico y de vidrio. Varía según requerimientos de análisis para cada estación. Tenga en cuenta que para algunas estaciones se hacen réplicas, adicionados y testigos.
- ✓ Formato de captura de datos en campo TF0010 para cada estación.
- ✓ Bolsa plástica para muestreo de sedimentos y para guardar los formatos.
- ✓ Instructivos de calibración del pHmetro (TI0363) y conductímetro (TI0362), instructivo de muestreo de aguas superficiales (TI0207).
- ✓ Documentos de identificación personal (carnet del IDEAM, de EPS y ARP).
- ✓ Formato de Notificación de presunto accidente de trabajo suministrado por la ARP.

2. PROCEDIMIENTO

- 2.1. Cuando llegue a la estación o sitio de muestreo, organice las botellas rotuladas, para dicha estación.
- 2.2. Diligencie el formato TF0010 de captura de datos con la información de ubicación temporo-espacial (corriente, estación, fecha, hora, coordenadas), nivel de la corriente, observaciones del entorno y de las condiciones ambientales. Escriba con letra legible y con esfero el nombre del responsable del muestreo, quien además debe firmar.
- 2.3. Si la estación cuenta con controles de testigos y adicionados, coloque el icopor con los frascos en un lugar estable y destape aquellos rotulados como **TESTIGOS** (son cuatro frascos).
- 2.4. Calibre el pHmetro y el conductímetro, en el primer sitio de muestreo del día. Registre los datos en los cuadros "Calibración" del formato TF0010. Los equipos pueden apagarse o dejarse prendidos hasta el momento de hacer las mediciones de la muestra pero cuidando que no se contaminen los electrodos. El electrodo de PH debe quedar siempre protegido dentro de la solución de mantenimiento.
- 2.5. Si la corriente tiene un ancho de hasta 3 m efectúe un muestreo SIMPLE, es decir en un solo punto de la corriente; si la corriente es mayor a 3 m, efectúe un muestreo "INTEGRADO", tomando muestras a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ del ancho de la corriente. En cualquiera de los casos sumerja el muestreador o balde, púrguelo (enjuague y deseche la primera toma) y luego proceda a la toma de la muestra o de las tres muestras, según corresponda.
- 2.6. Trasvase cada muestra, del balde de muestreo al balde con llave, en forma CUIDADOSA, tratando de no airear el agua (el agua se desliza por

Elaborado por:
Fecha:

Revisado por:
Fecha:

Autorizado por:
Fecha:

	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia		
	SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL		
	Código: TI0207	Fecha de elaboración: 06/04/2010	Versión: 05
TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES – RED IDEAM			

las paredes del balde para evitar oxigenarla). Purgue el tubo de PVC con agua del río y sumérjalo en el balde para que no se contamine.

NOTA 1: NO AGITE la muestra del balde, durante las mediciones de pH y Conductividad (numeral 2.7), ni durante la toma de muestra para Oxígeno Disuelto (numeral 2.8a).

2.7. Con los equipos prendidos (tecla MODE), verifique que están funcionando correctamente, introduzca los electrodos del pHmetro y conductímetro en el balde con llave. Si el equipo no está leyendo (en la pantalla aparece el símbolo [[A]), oprima la tecla READ. Cuando se establezca la medición (parece nuevamente el símbolo [[A]), registre los datos de pH, temperatura y conductividad eléctrica en el formato TF0010. Enjuague los electrodos con agua destilada y séquelos cuidadosamente, antes de guardarlos en el maletín.

NOTA 2: Si las mediciones de pH y Conductividad se demoran porque los equipos no estabilizan las lecturas, puede proceder con el análisis de oxígeno disuelto, por lo menos hasta completar el numeral “b”.

2.8. ANALISIS DE OXIGENO DISUELTO

- a) Tome la botella Winkler, púrguela con muestra del balde sacada a través de la llave, y llénela hasta rebose, el agua se desliza por las paredes del recipiente y se debe evitar tanto como sea posible la formación de burbujas. Tape la botella.
- b) Destape la botella y agregue 20 gotas de sulfato de manganeso (**Reactivo1**) y 20 gotas de álcali yoduro nitrato (**Reactivo2**). Tape la botella y coloque un pedazo de toalla de papel absorbente en la tapa. Agite el contenido de la botella invirtiéndola varias veces.
- c) Deje la botella en reposo para que decante un precipitado de color café grisáceo. Es recomendable esperar algunos minutos. Mientras tanto se pueden completar las mediciones de pH y de Conductividad eléctrica, y guardar adecuadamente los equipos.
- d) Destape la botella Winkler. Agregue 30 gotas de ácido sulfúrico (**Reactivo 3**). Tape la botella y cubra la tapa con un pedazo de toalla de papel absorbente. Agite la botella en forma vigorosa invirtiéndola varias veces hasta que el precipitado desaparezca. Si esto no ocurre, destape la botella, agregue 5 gotas adicionales de ácido sulfúrico (Reactivo 3), tápela y agítela nuevamente hasta disolución del precipitado.
- e) Del líquido resultante en la botella Winkler, mida en la probeta 100 mL y trasváselos al erlenmeyer de 250 mL.

Elaborado por: Fecha:	Revisado por: Fecha:	Autorizado por: Fecha:
--------------------------	-------------------------	---------------------------



TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES – RED IDEAM

- f) Purgue la bureta de 10 mL con una porción de tiosulfato de sodio (**Reactivo 4**).
- g) Llene la bureta y abra la llave dejando salir una cantidad de reactivo dando golpes suaves en la parte de la llave para sacar todas las burbujas que se han podido formar. Enrase la bureta en 0 mL o en un volumen conocido, a tener en cuenta para luego determinar el volumen de tiosulfato que se gaste.
- h) Titule el contenido del erlenmeyer, agregando tiosulfato gota a gota desde la bureta y agitando el erlenmeyer continuamente para favorecer la reacción. Suspenda la adición de tiosulfato cuando el líquido del erlenmeyer pase del color amarillo rojizo a un color amarillo pálido.
- i) Adicione de 4 a 5 gotas de almidón (**Reactivo 5**). El contenido del erlenmeyer toma un color oscuro y azulado; continúe con la titulación hasta el momento en que desaparezca el color azul.
- j) Registre en el formato TF0010 en la sección **OD WINKLER**: el Volumen de Tiosulfato gastado en la titulación, el Vol. de Alícuota (volumen medido en la probeta) y la concentración de Tiosulfato (aparece en el rótulo del frasco que contiene el tiosulfato).
- k) El oxígeno disuelto se calcula multiplicando por dos (2) el volumen de hiposulfato gastado en la titulación.
- l) Enjuague con agua destilada el material utilizado para el análisis de oxígeno disuelto.

NOTA 3: Sí por necesidad tiene que utilizar menos de 100 ml de muestra para la titulación, no efectúe el cálculo ya que este se hará en el laboratorio, mediante la fórmula:

$$O.D.Winkler \left(\frac{mgO_2}{L} \right) = \frac{Vol.Tiosulfato * Con.Tios. * 8000}{Vol.Alícuota}$$

2.9. **LLENADO DE BOTELLAS.** Durante el llenado de las botellas no deje de agitar la muestra, para garantizar la homogeneidad. Purgue cada botella antes de tomar la muestra.

- a) Las botellas de muestras y réplicas se llenan hasta el cuello. Si se indica en la etiqueta de la botella, adicione el preservante indicado (20 gotas), en cualquier momento del llenado de la botella, inclusive al final. Tape firmemente cada botella.
- b) Las botellas para adiconados se llenan inicialmente con un poco de muestra (aproximadamente la tercera parte de la capacidad). Entonces adicione en su totalidad el contenido del frasco identificado

Elaborado por:
Fecha:

Revisado por:
Fecha:

Autorizado por:
Fecha:



TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES – RED IDEAM

como adicionado, teniendo en cuenta que corresponda a los análisis indicados en la etiqueta. Enjuague, con muestra del balde, tres (3) veces el frasco, adicionando las aguas de enjuague a la botella. Termine de llenar con muestra cada botella hasta el nivel del cuello. Si se indica en la etiqueta de la botella, adicione el preservante indicado (20 gotas), Tape firmemente cada botella.

2.10. Acomode las botellas dentro de la nevera separando las botellas de vidrio entre si para evitar la rotura de las mismas. Ponga hielo suficiente para refrigerar.

2.11. Tape los frascos rotulados como TESTIGOS y colóquelos en el icopor junto con los frascos vacíos de los ADICIONADOS. Guarde el icopor en la nevera.

2.12. **TOMA DE MUESTRA DE SEDIMENTOS PARA METALES PESADOS Y MERCURIO:** Inspeccione las orillas de la corriente de agua y observe la zona en la que hay acumulación de los sedimentos más finos. Si sólo se presenta este comportamiento en una de las orillas, realice la toma de la muestra de sedimentos en esa orilla. Si puede recoger muestra en las dos orillas, integre en la bolsa partes aproximadamente iguales de los dos lados.

- a) Recoja en la bolsa rotulada y mediante pala plástica o manualmente con guante aproximadamente 1 kilo si el sedimento es fino. En caso de que el sedimento sea muy grueso se necesitará recolectar aproximadamente 2 kilos de muestra.
- b) Selle la bolsa mediante un nudo e introdúzcala en la segunda bolsa (sin rotular). Coloque la muestra de sedimentos en la nevera.
- c) Cuando vaya a enviar las neveras con muestras al Laboratorio, diligencie en el formato TF0010, el ítem relacionado con la empresa transportadora.
- d) Coloque los formatos dentro de una bolsa plástica y fíjelos a la nevera con cinta.
- e) Rotule la nevera con el destinatario y remitente.

2.13. **TOMA DE MUESTRAS PARA PALGUICIDAS (ORGANO CLORADOS, ORGANO FOSFORADOS, TRIAZINAS)**

- a) Ubique la margen del río hacia dónde se encuentran los cultivos.
- b) Tome la muestra directamente en el cuerpo de agua en contracorriente, sin dejar rebotar la botella.
- c) A las muestras para triazinas se les debe adicionar 40 gotas de ÁCIDO CLORHIDRICO.

Elaborado por:
Fecha:

Revisado por:
Fecha:

Autorizado por:
Fecha:



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia

SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

Código: T10207

Fecha de elaboración: 06/04/2010

Versión: 05

Página 6 de 6

TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES – RED IDEAM

- d) Coloque papel de aluminio a cada uno de los frascos, tape firmemente cada botella y siga las instrucciones que se encuentran definidas en el numeral 2.10 de este documento.
- e) De la misma manera llegará un testigo de plaguicidas al cual debe adicionar agua del río colectada en una botella de vidrio (botella auxiliar), sin dejar rebosar. Cuando la etiqueta lo indique adicione el reactivo de preservación (ácido clorhídrico). Coloque papel de aluminio, tape firmemente y siga las instrucciones que se encuentran definidas en el numeral 2.10 de este documento.

Elaborado por:
Fecha:

Revisado por:
Fecha:

Autorizado por:
Fecha: