

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113 83
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 9

26.

FECHA martes, 5 de diciembre de 2017

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL Seccional Girardot

TIPO DE DOCUMENTO Trabajo De Grado

FACULTAD Ciencias Agropecuarias

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO Pregrado

PROGRAMA ACADÉMICO Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Villanueva Reyes	Mayra Alejandra	1105688666
Rojas Rojas	Adriana Paola	1121890514

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

10



Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Meneses Ortegón	Luz Andrea

TÍTULO DEL DOCUMENTO

**CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA,
QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA QUEBRADA ESPINAL, ESPINAL –
TOLIMA**

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
INGENIERO(A) AMBIENTAL**

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO

21/11/2017

NÚMERO DE PÁGINAS

81

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL

INGLÉS

1. Calidad de agua	1. Water quality
2. Contaminación del agua	2. Water contamination
3. Coliformes	3. Coliforms
4. E. coli	4. E. coli
5. Muestreo	5. Sampling
6. ICA (Índice de calidad de agua)	6. ICA (Water quality index)
7. Analisis microbiologico del agua	7. Microbiological analysis of water
8. Oxígeno disuelto	8. Dissolved oxygen
9. Microcuenca	9. Micro basin



10. Monitoreo de agua	10. Water monitoring
11. Fuentes de contaminación	11. Pollution sources
12. ACP (Análisis de componentes principales)	12. PCA (principal component analysis)

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

RESUMEN

En éste trabajo se hace un estudio de las condiciones actuales de calidad de agua en las que se encuentra la Quebrada Espinal, municipio del Espinal; esto mediante una caracterización física, química y microbiológica de la misma, en dos épocas del año (lluviosa y seca), expresando la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua (ICA). Para lo cual, se realizó un recorrido por 3 diferentes puntos de la Quebrada: antes de la zona franca y casco urbano del municipio (vereda Dindalito), en un predio del área urbana (calle 11) y en la parte final de la misma (vía vereda Montalvo). En él se realizaron dos muestreos, uno en época seca (Diciembre) y uno en época lluviosa (Marzo), en los que se muestrearon los tres puntos anteriormente mencionados, seguidamente se realizaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos *in situ* y en laboratorio (ChemiLab Laboratory – Bogotá D.C), con los cuales se permitió determinar el grado de contaminación del agua de esta Quebrada. Pese a los diferentes vertimientos, los valores de ciertos parámetros no son altamente



alarmantes, sin embargo, si se presenta un índice de contaminación, lo cual indica que evidentemente se ha alterado la naturaleza de este cuerpo de agua y sus condiciones óptimas de calidad de agua. Con base en estos resultados, se plantearon estrategias de manejo para la recuperación y conservación de la Quebrada en miras a la buena utilización del agua.

ABSTRACT

In this work a study is made of the current water quality conditions in which the Quebrada Espinal is located, municipality of Espinal; this by means of a physical, chemical and microbiological characterization of the same, in two seasons of the year (rainy and dry), expressing the quality of the water resource by means of the integration of the measurements of certain parameters of water quality (ICA). To this end, a tour of 3 different points of the Quebrada was made: before the free zone and the urban area of the municipality (Dindalito village), in a property of the urban area (11th street) and in the final part of it (via path Montalvo). There were two samplings, one in the dry season (December) and one in the rainy season (March), in which the three points mentioned above were sampled, followed by physical, chemical and microbiological analyzes in situ and in the laboratory (ChemiLab Laboratory - Bogotá DC), with which the degree of water contamination of this Quebrada was allowed to be determined. Despite the different discharges, the



values of certain parameters are not highly alarming, however, if a contamination index is present, which indicates that the nature of this body of water and its optimal water quality conditions have obviously been altered . Based on these results, management strategies were proposed for the recovery and conservation of the Quebrada in view of the good use of water.

AUTORIZACIÓN 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 una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. 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	
4. 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.

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.

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



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 el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

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.



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. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA QUEBRADA ESPINAL, ESPINAL – TOLIMA	Texto
2.	
3.	
4.	



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

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Mayra Alejandra Villanueva Reyes	Mayra Alejandra Villanueva Reyes
Adriana Paola Rojas Rojas	Adriana Paola Rojas Rojas.

12.1.50

fpk.B.

**CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DE LA QUEBRADA ESPINAL, ESPINAL – TOLIMA**

MAYRA ALEJANDRA VILLANUEVA REYES

Código: 363212245

&

ADRIANA PAOLA ROJAS ROJAS

Código: 363211232

**Universidad de Cundinamarca
Seccional Girardot
Ingeniería Ambiental
2017**

**CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DE LA QUEBRADA ESPINAL, ESPINAL – TOLIMA**

MAYRA ALEJANDRA VILLANUEVA REYES

Código: 363212245

&

ADRIANA PAOLA ROJAS ROJAS

Código: 363211232

Trabajo de grado en la modalidad investigación para optar al título de Ingeniero
Ambiental

Dirigido por:

M.Sc. LUZ ANDREA MENESES ORTEGÓN

Universidad de Cundinamarca
Seccional Girardot
Ingeniería Ambiental
2017

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, a mi abuelo, por brindarme su apoyo tanto moral y económico para seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un futuro mejor, a mis padres que me han dado la existencia y en ella la capacidad de superarme y desear lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida, en especial a mi madre por siempre creer en mí, a mi hermano por sus enseñanza y motivación, los amo mucho.

Mayra Alejandra Villanueva Reyes

Dedico el presente trabajo en primera instancia a Dios, porque sin el nada de esto hubiera sido posible. A mi hija Sophia, por ser mi motor y razón de vida, por inspirarme siempre para poder superarme cada día y poder luchar para un futuro mejor. A mis padres y hermanos, pilares fundamentales de apoyo, por guiar mis pasos con mucho amor y por enseñarme a vencer los obstáculos y dificultades que se han presentado en el difícil sendero de mi vida. A mi amor y compañero de vida Jaime Cardozo, por ser mi apoyo incondicional, por todo el sacrificio y esfuerzo puesto, y por creer y nunca dudar de mis capacidades. Gracias a todos por ser parte de esta etapa tan importante, los amo.

Con mucho cariño.

Adriana Paola Rojas Rojas

Agradecimientos

Nos gustaría que estas líneas sirvieran para expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial queremos agradecer a nuestra directora de esta investigación,

Luz Andrea Meneses Ortega, por su orientación, esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y motivación ha hecho fácil lo difícil.

Agradecemos a todos nuestros profesores, no solo de la carrera sino de toda la vida, por ser portadores de tanta sabiduría y sobretodo su capacidad para transmitirla, mil gracias porque de alguna manera hicieron parte de nuestra formación profesional y de las personas que somos hoy.

A todos los compañeros y compañeras que han hecho parte de este camino, gracias porque sin ustedes esto no habría sido posible, por los buenos momentos que hemos compartido, creo que todos hemos aprendido y aprendemos continuamente de todos y de nosotros mismos, tanto profesional como personalmente.

Son muchas las personas especiales a las que nos gustaría agradecerles y que tal vez olvidamos mencionar, gracias por su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de nuestra vida. Algunas están aquí con nosotras y otras en nuestros recuerdos y en el corazón, sin importar en donde estén o si alguna vez llegan a leer estas palabras, queremos darles las gracias por formar parte de nosotras, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

Al más especial de todos, a ti Señor que hiciste realidad este sueño, por todo el amor con el que nos rodeas y porque nos tienes en tus manos.

Mayra Alejandra Villanueva Reyes & Adriana Paola Rojas Rojas

Tabla de contenido

Resumen.....	1
Introducción	2
Planteamiento del problema.....	4
Justificación	5
Objetivos	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos	7
Marco referencial	8
Marco teórico	8
Marco conceptual.....	11
Marco legal	18
Estado del arte.....	20
Metodología	24
Resultados.....	1
Discusión.....	17
Conclusiones.....	24
Recomendaciones	26
Bibliografía	27
Lista de anexos.....	33

Lista de tablas

Tabla 1. Normativa de calidad de agua.....	18
Tabla 2. Extensión del municipio del Espinal, según sus áreas.....	25
Tabla 3. Localización de los diferentes tipos de muestreo	26
Tabla 4. Técnicas analíticas para la determinación de los parámetros físicos.....	30
Tabla 5. Técnicas analíticas para la determinación de los parámetros químicos.....	31
Tabla 6. Técnicas analíticas para la determinación de los parámetros microbiológicos	31
Tabla 7. Escala de clasificación del ICA - NSF.....	32
Tabla 8. Medidas de tendencia central para época seca.....	1
Tabla 9. Medidas de tendencia central para época lluviosa.....	1
Tabla 10. Componentes principales.....	1
Tabla 11. Acumulación de acuerdo al % de variación.....	2
Tabla 12. Análisis de similaridad entre variables	4
Tabla 13. Índice de calidad de agua, época seca - general	5
Tabla 14. Índice de calidad de agua, época lluvia - general	6
Tabla 15. Resultados del ICA – NSF para cada punto de muestreo en época seca de la Quebrada Espinal.....	7
Tabla 16. Resultados del ICA NSF para cada Punto de muestreo en Época Seca de la Quebrada Espinal.....	8

Lista de gráficos

Gráfica 1. Concentración de nutrientes en dos (2) épocas del año. Los puntos 4, 5 y 6 son los mismos puntos 1, 2 y 3 de la época lluviosa.....	3
Gráfica 2: Promedio del ICA para cada época.....	7
Gráfica 3. Comparación del ICA para cada época con sus respectivos puntos de muestreo	9
Gráfica 4. Concentración de Coliformes totales en los tres puntos de la Quebrada Espinal	10
Gráfica 5. Concentración de Nitratos en los tres puntos de la Quebrada Espinal	11
Gráfica 6. Concentración de Fosfatos en los tres puntos de la Quebrada Espinal.....	12
Gráfica 7. Concentración de Turbiedad en los tres puntos de la Quebrada Espinal.....	13
Gráfica 8. Concentración de pH en los tres puntos de la Quebrada Espinal	14
Gráfica 9. Concentración de temperatura en los tres puntos de la Quebrada Espinal	15
Gráfica 10. Concentración de Oxígeno Disuelto en los tres puntos de la Quebrada Espinal	16

Lista de figuras

Figura 1. Longitud de la Quebrada Espinal (Color azul) y su paso por el casco urbano.....	24
Figura 2. El punto N°. 1, corresponde a la muestra de agua superficial natural de la Quebrada Espinal Ubicado en la vía panamericana antes de la zona Franca (Molinos – arroceras) y casco urbano del municipio del Espinal – Tolima.....	27
Figura 3. El punto N°2, corresponde a la muestra de agua superficial natural de la Quebrada Espinal ubicado en un predio sobre la calle 11 del casco urbano del municipio del Espinal – Tolima.....	28
Figura 4. El punto N°3, corresponde a la muestra de agua superficial natural de la Quebrada Espinal ubicado en el camino hacia vereda Montalvo, parte final del casco urbano del municipio del Espinal – Tolima.....	29

Lista de anexos

Anexo 1. Reporte de resultados de laboratorio para época seca.....	33
Anexo 2. Reporte de resultados de laboratorio para época lluviosa	34
Anexo 3. Recolección de muestras	35
Anexo 4. Muestras de agua recolectadas	35
Anexo 5. Punto 1 de la Quebrada Espinal	36
Anexo 6. Punto 2 de la Quebrada Espinal	36
Anexo 7. Punto 3 de la Quebrada Espinal	37

Resumen

En éste trabajo se hace un estudio de las condiciones actuales de calidad de agua en las que se encuentra la Quebrada Espinal, municipio del Espinal; esto mediante una caracterización física, química y microbiológica de la misma, en dos épocas del año (lluviosa y seca), expresando la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua (ICA). Para lo cual, se realizó un recorrido por 3 diferentes puntos de la Quebrada: antes de la zona franca y casco urbano del municipio (vereda Dindalito), en un predio del área urbana (calle 11) y en la parte final de la misma (vía vereda Montalvo). En él se realizaron dos muestreos, uno en época seca (Diciembre) y uno en época lluviosa (Marzo), en los que se muestrearon los tres puntos anteriormente mencionados, seguidamente se realizaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos *in situ* y en laboratorio (ChemiLab Laboratory – Bogotá D.C), con los cuales se permitió determinar el grado de contaminación del agua de esta Quebrada. Pese a los diferentes vertimientos, los valores de ciertos parámetros no son altamente alarmantes, sin embargo, si se presenta un índice de contaminación, lo cual indica que evidentemente se ha alterado la naturaleza de este cuerpo de agua y sus condiciones óptimas de calidad de agua. Con base en estos resultados, se plantearon estrategias de manejo para la recuperación y conservación de la Quebrada en miras a la buena utilización del agua.

Introducción

Actualmente el tema ambiental ha cobrado una vital importancia a nivel mundial, y dentro de este amplio tema el hombre ha comprendido que es necesario restaurar, proteger y conservar los recursos naturales para las futuras generaciones, para lo cual se ha optado por algunas alternativas de solución como planteamientos drásticos, soluciones radicales, prohibiciones absolutas y usos racionales de los recursos naturales. La calidad ambiental de aguas superficiales se ve cada vez más afectada a medida que la sociedad se desarrolla, incrementando la demanda del recurso hídrico y al mismo tiempo los niveles de impacto a las cuencas hidrográficas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable (Elosegi & Sabater, 2009).

Por estas razones, en Colombia y a raíz de la promulgación de la ley 99 de 1993, se han venido desarrollando una serie de acciones que conllevan a una mejor utilización de los recursos naturales, especialmente aquellos erróneamente considerados como inagotables por el hombre como son los ecosistemas acuáticos (Villareal Robles, 2006).

. Un ejemplo claro es el interés que se ha creado por desarrollar métodos que logren descontaminar las fuentes de aguas de desechos orgánicos e inorgánicos los cuales cambian drásticamente, las características tanto físicas como químicas del agua causando un deterioro o desequilibrio biológico que afecta todo el ecosistema acuático y disminuye la calidad del agua indispensable para que este recurso se conserve como fuente de vida (Villareal Robles, 2006).

En el municipio del Espinal se ha encontrado que la contaminación de las fuentes hídricas es uno de los problemas ambientales más graves de la región, es así como la Quebrada Espinal

localizada dentro de dicho municipio presenta alto índice de contaminación en relación al resto de microcuencas, siendo los principales agentes contaminantes, los vertimientos de aguas residuales domésticas y las basuras del sector urbano.

En la literatura no se han reportado estudios exhaustivos de la calidad física, química y microbiológica del agua en esta microcuenca. De ahí que, los resultados generados en este estudio pueden servir de línea base para monitorear variaciones en las concentraciones de las sustancias potencialmente peligrosas para la salud y sentar las bases para elaborar un plan de restauración del recurso hídrico en la microcuenca, con la finalidad de garantizar agua de calidad a las presentes y futuras generaciones

Ante la problemática ambiental mencionada se hace necesario caracterizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la Quebrada Espinal, en dos épocas del año: lluviosa y seca, con el fin de determinar la calidad del agua mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA), y no obstante plantear estrategias que permitan la restauración, protección y conservación de esta importante microcuenca, el mejoramiento de la calidad ambiental del municipio y el bienestar de la población.

Planteamiento del problema

La Quebrada Espinal presenta diversas problemáticas, principalmente en los lugares donde atraviesa zonas rurales del municipio, la cual recibe gran parte de la carga contaminante proveniente de residuos sólidos y principalmente las descargas de aguas residuales domésticas. No obstante, la mala disposición de basuras y escombros arrojados al cuerpo de agua, causa inundaciones y serios problemas de contaminación colocando en riesgo la salud de la población.

Entre los contaminantes más frecuentes de las aguas se encuentran: materias orgánicas, bacterias, desperdicios industriales y domésticos, entre otros, por lo que determinar la calidad sanitaria de estos cuerpos de agua proporciona herramientas indispensables para la toma de decisiones en relación al control de los vertimientos, tratamiento de las aguas y conservación del ecosistema (Stamboulam, 2005).

La Quebrada Espinal resultaba ser para los Espinalunos, un símbolo representativo en cuanto a patrimonio y el eje de desarrollo, que permitía el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas de la región. Hoy en día, este recurso hídrico para viviendas aledañas es utilizado como alcantarilla, y no pasa de ser un vertedero, sirviendo muchas veces de evacuación del pozo séptico. Todo esto, diariamente emite malos olores, proliferación de plagas, contaminación visual y mala imagen para el municipio, su contaminación se origina a partir de aguas residuales industriales, agrícolas y domésticas.

De acuerdo a lo anterior surge la pregunta de investigación ¿Cuál es el grado de contaminación de la Quebrada Espinal, Espinal-Tolima?, que nos llevó a realizar el presente estudio.

Justificación

El desarrollo de un municipio, su nivel de vida, la actividad industrial, agrícola y ganadera, depende del recurso hídrico. Dada la importancia del agua para la vida de todos los seres vivos, y debido al aumento de las necesidades de este recurso por el crecimiento y continuo desarrollo de la humanidad, el hombre está en la obligación de proteger el agua y evitar toda influencia nociva sobre las fuentes del preciado líquido.

Debido al creciente desarrollo industrial y el aumento de actividades humanas presentadas en el municipio del Espinal, departamento del Tolima, se ha venido produciendo y aumentando diversas formas de contaminación ambiental. Como resultado, se ha visto un aumento en cantidad de descargas de desechos a la Quebrada Espinal, lo que no solo perjudica la calidad del agua, sino que también amenaza con la salud humana, los sistemas ecológicos, el desarrollo económico y prosperidad social, constituyéndose en un freno para el desarrollo de la zona.

Las principales cargas contaminantes ocasionadas se originan principalmente en el vertimiento de aguas residuales domésticas, vertidos industriales y agrícolas. Con el aumento de las disposiciones inadecuadas de vertidos a la Quebrada, se produce un deterioro de calidad de agua (Milovanovic, 2007)

Teniendo en cuenta lo anterior y la importancia de los sistemas acuíferos como principal o única fuente de abastecimiento para muchas poblaciones, se realizó un estudio sobre la calidad del agua en dicha microcuenca, que constituiría un resultado significativo para esa importante

región, el cual es de inmediata necesidad para poder sentar las bases de una eventual recuperación del cuerpo de agua contaminado.

Objetivos

Objetivo general

Analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la Quebrada Espinal, Espinal, Tolima, en dos épocas del año: lluviosa y seca; con el fin de determinar la calidad del agua.

Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del agua de acuerdo con los rangos establecidos por el ICA.
- Comparar el grado de contaminación en dos épocas del año, en tres puntos de la Quebrada, antes de entrar al casco urbano, su paso por el municipio del Espinal (casco urbano) y su salida por el mismo.
- Plantear alternativas de recuperación, que permitan mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas de la Quebrada. .

Marco referencial

Marco teórico

Uno de los factores más importantes que restringen del desarrollo económico del hombre es el agua. Su escasez y contaminación amenazan aspectos fundamentales de la seguridad humana, como son: el equilibrio del medio acuático, la producción de alimentos y la salud pública (Hazen & Tocanzos , 1990).

El componente agua es una parte del ecosistema acuático en el que se desarrollan una serie de comunidades vivas que dependen de las características físicas, químicas y microbiológicas del mismo y pueden verse notablemente modificadas al ser alteradas (Lopez, 1995).

En países de América Latina y el Caribe la contaminación de las aguas superficiales por sustancias químicas y biológicas, es un problema grave que cada vez puede volverse más crítico, si las descargas de residuales se realizan sin un tratamiento previo, lo que puede ocasionar un daño ecológico irreversible. Entre los contaminantes más frecuentes de las aguas se encuentran: materias orgánicas, bacterias, desperdicios industriales y domésticos, entre otros, por lo que determinar la calidad sanitaria de estos cuerpos de agua, proporciona herramientas indispensables para la toma de decisiones en relación al control de los vertimientos, tratamiento de las aguas y conservación del ecosistema.

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos son utilizados como indicadores para determinar la calidad del agua en dependencia de su uso, así como para establecer si ha tenido contribución antropogénica (Calvo, 1992) .

La mayoría de los parámetros utilizados para la evaluación de la calidad del agua son de carácter físico, químico y microbiológico, que no reflejan las posibles alteraciones existentes que hayan podido suceder tiempo atrás (Alba Tercedor , 1996)

Por este motivo la vigilancia y control de la calidad de agua según la resolución 2115 del 22 de junio del 2007, es de carácter obligatorio y de suma importancia para determinar si un cuerpo de agua es potable o no.

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo; adicionalmente, el agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos, por lo cual, suele ser necesario tratarla para hacerla adecuada para su uso como provisión a la población. El agua que contiene ciertas sustancias químicas u organismos microscópicos puede ser perjudicial para ciertos procesos industriales, y al mismo tiempo perfectamente idóneo para otros. Los microorganismos causantes de enfermedades que se transmiten por el agua la hacen peligrosa para el consumo humano. De acuerdo al uso que se le dará al agua, son los requisitos de calidad de la misma. Por lo común la calidad se juzga como el grado en el cual se ajusta a los estándares físicos, químicos y microbiológicos fijados por normas nacionales e internacionales. Es importante conocer los requisitos de calidad para cada uso a fin de determinar si se requiere tratamiento y qué procesos se deben aplicar para alcanzar la calidad deseada. Los estándares de calidad también se usan para vigilar los procesos de tratamiento y corregirlos de ser necesario. El agua se evaluará en cuanto a su calidad ensayando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es necesario que los ensayos que evalúan

dichos parámetros de calidad, deben tener aceptación universal a fin de que sean posibles las comparaciones con los estándares de calidad (Orellana, 2005).

Marco conceptual

- Calidad de agua

La calidad del agua es una medida crítica de las propiedades químicas y biológicas de los sistemas acuáticos que dependen del mantenimiento de una calidad del agua específica para poder sostener procesos bioquímicos necesarios para la vida de plantas y animales. Estos ecosistemas se ven influenciados por las entradas de metales, nutrientes, toxinas, erosión de la tierra, cenizas de fuegos, aguas residuales y biomasa. Los parámetros principales de la calidad del agua reflejan la función física y biológica del medio ambiente con el que el agua tiene interacción. Los parámetros principales (temperatura, conductividad específica, turbidez, pH, oxígeno disuelto) se pueden medir fácilmente y constituyen una manera de clasificar posibles factores de estrés para la salud del sistema acuático. Además, otras medidas de calidad del agua (nutrientes primarios, sólidos disueltos totales, metales pesados, agentes patógenos, compuestos orgánicos) ayudan a caracterizar la calidad del agua y a determinar los posibles impactos en la vida acuática y en seres humanos (Escuela superior politecnica del litoral, 2013).

- Contaminación del agua

Es la introducción de material químico, físico o biológico en un cuerpo hídrico (ríos, lagos y océanos) que degrada la calidad de agua y afecta a los organismos vivos que viven en ella, como a los que la consumen. Este proceso varía desde la adición de sólidos suspendidos o disueltos, hasta descargas de contaminantes tóxicos persistentes tales como: Pesticidas, Metales pesados y Compuestos químicos no degradables y bioacumulativos (Milovanovic, 2007).

- Coliformes

Los organismos utilizados como indicadores biológicos de contaminación fueron las bacterias coliformes fecales por las ventajas que representan, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- ✓ Se considera que niveles bajos de coliformes fecales son buenos indicadores de ausencia de organismos patógenos.
- ✓ Su evaluación es relativamente simple y directa.
- ✓ Su concentración en aguas residuales (unos 100 millones/100 mililitros) es más alta que la de patógenos fecales.
- ✓ No se multiplican fuera del tracto intestinal de animales de sangre caliente Su presencia en sistemas acuáticos es evidencia de contaminación de origen fecal (Cortes, 2013)

- E. coli

Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termo tolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que *E. coli*. *Escherichia coli* (o bien los coliformes termo tolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo. Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos (Sueiro, 2001).

- Muestreo

El muestreo es la técnica utilizada para la recolección de muestras representativas de cierto cuerpo de agua, que permiten realizar un análisis con respecto a la calidad de la misma. Las operaciones que allí se realizan deben estar debidamente elaboradas, cumpliendo con normas que eviten que la muestra recolectada sea alterada y así poder llevar a cabo un estudio adecuado, obteniendo los resultados esperados y realizando un diagnóstico acertado. Dentro de las precauciones y condiciones que se deben tener en cuenta durante el desarrollo de dichas actividades, se plantea que la muestra después de ser recolectada deberá ser refrigerada, ocasionalmente deben ser aplicados conservantes y se debe tener precaución a la hora de envasar y transportar. La rotulación también juega un papel importante, ya que esta nos permitirá identificar datos importantes con respecto a las condiciones del medio donde fue tomada y los análisis a los cuales posteriormente será sometida. Existen dos tipos de muestreo; los puntuales y los compuestos. La diferencia en estos radica en la calidad de la información que se obtendrá, es decir, el muestreo puntual permitirá la recolección de datos útiles pero menos específicos que el compuesto (Cardenas L., 2005).

- ICA

El Índice de Calidad del Agua (ICA), se calcula mediante la agrupación de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se considera que es el indicador que determina el deterioro de los cuerpos de agua en términos de calidad (León , 1992)

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación, conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso dimensionalmente distintos, que hace difícil detectar patrones de contaminación (Horton , 1965) y (Liebman , 1969).

Posteriormente con trabajos de mayor envergadura, la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF por sus siglas en inglés), realizó un estudio para evaluar el ICA con base en nueve parámetros.

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 representativo por un número, por un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. Su ventaja radica, en que la información puede ser fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Consecuentemente, un índice de calidad de agua es una herramienta comunicativa para transmitir información (Universidad de Pamplona, 2006)

- Análisis microbiológico del agua

Conjunto de operaciones encaminadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra problema de Agua (Obón , 2000).

- Oxígeno disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

El oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire que se ha disuelto en el agua, por lo que están muy influidos por las turbulencias del río (que aumentan el OD) o ríos sin velocidad (en los que baja el OD). Parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la

fotosíntesis de las plantas acuáticas, por lo que ríos con muchas plantas en días de sol pueden presentar sobresaturación de OD. Otros factores como la salinidad, o la altitud (debido a que cambia la presión) también afectan los niveles de OD (Toro, 2013).

- Evaluación cualitativa del agua

Agua usada para describir la visibilidad o las características estéticas del agua (Ministerio del Medio Ambiente, 2000).

- Evaluación cuantitativa del agua

Análisis para establecer las propiedades del agua y concentración de compuestos y contaminantes en orden de definir la calidad de agua (Quesada, 1989).

- Microcuenca

Son las áreas donde se originan las quebradas individuales que drenan las laderas desde las partes más altas del paisaje (Cauvin & Didier , 1964)

- Tipos de contaminación

Muchos de estos contaminantes llegan a los recursos superficiales y subterráneos como consecuencia de fenómenos muy generalizados de escorrentía y percolación y, por lo tanto, se conocen con el nombre de fuentes "no localizadas". La identificación, cuantificación y supresión de la contaminación es más difícil en esos casos que cuando ésta procede de fuentes "localizadas" (FAO, 2000).

La contaminación es clasificada en tipos dependiendo si se conoce o no la ubicación del foco de infección, de acuerdo con esto hay dos tipos de contaminación puntual es aquella en la cual se conoce la fuente o el sitio donde se genera la contaminación. La Contaminación no

puntual es aquella en la cual no se conoce con exactitud donde se genera la contaminación, ya que proviene de fuentes muy dispersas (American water works association, 1988).

- Fuentes de contaminación

Las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Estas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénico. Se pueden clasificar en cuatro grupos principales: naturales, agrícolas, urbanas o domiciliarias e industriales (Henry & Heinke).

Las fuentes naturales, se originan por arrastres de materia orgánica, los escurrimientos de aguas pluviales, productos inorgánicos producidos por la erosión del suelo y sustancias minerales. Todas las anteriores son aportadas por los mismos ecosistemas y en su mayoría son biodegradables.

Las fuentes agrícolas, el origen de esta es por residuos animales y por el uso de plaguicidas y fertilizantes. Estos son llevados a los ríos o cuerpos de agua principalmente gracias a la escorrentía superficial ocurrida desde las explotaciones agrícolas o agropecuarias. Estas aguas llevadas a los ríos, aportan grandes cantidades de nutrientes (nitratos, y fosfatos), restos de sales inorgánicas y minerales.

Fuentes urbanas o domiciliarias: debido al incremento de la población en áreas urbanas, se ha dado un aumento en la producción de aguas residuales, que en su mayoría son descargadas en los cauces de los ríos. Estas aguas incluyen tanto 16 aguas negras domésticas como las aguas residuales municipales. En muchas áreas urbanas dentro de los países desarrollados no existen sistemas de alcantarillados adecuados o suficientes para la recolección de las aguas.

Las fuentes industriales son las aguas residuales provenientes de industrias incluyen los residuos sanitarios de empleados tanto los residuos derivados de manufactura, y de procesos. La propiedad físico-química depende del tipo de industria y del proceso al que se dedique. Éstas pueden contener materia orgánica, nutrientes, metales pesados, sustancias inorgánicas, grasas y aceites. En los países subdesarrollados, la mayoría de las industrias vierten estas aguas directamente a las aguas receptoras sin que lleven un tratamiento previo.

- Monitoreo de agua

El monitoreo de la calidad del agua según (Freeman , 1987), consiste en el análisis y evaluación de los diferentes parámetros que definen la calidad del agua para determinado uso. El objetivo principal del monitoreo, (Moncada , 1999), es coleccionar una porción de material suficientemente pequeña en volumen que sea representativa del lugar de muestreo.

- PCA

Es una técnica multivariable utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos cuantitativos. Su objetivo es extraer la información importante de una tabla de datos y representarla mediante nuevas variables ortogonales, llamadas componentes principales, a fin de hallar la relación entre las variables originales y los individuos en estudio (Figueroa M., Carrera R., & Jimenez R., 2012)

Marco legal

En Colombia se establece la normatividad ambiental en la década de los setentas, se expiden normas como el Código Sanitario Nacional y sus decretos como el 1541/1979 que establece los derechos sobre el agua o concesiones de agua, esto ligado al decreto 1594/1984 que establece los usos del agua y los permisos de vertimientos.

Tabla 1. Normativa de calidad de agua

Normatividad sobre el recurso hídrico	
	Artículo 99: Establece la obligatoriedad de tramitar el respectivo permiso de explotación de material de arrastre
	Art. 77 a 78 Clasificación de aguas.
Decreto 2811 de 1974,	Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces.
libro II parte III	Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua.
	Art.134 a 138: Prevención y control de contaminación.
	Art. 149: aguas subterráneas.
	Art.155: Administración de aguas y cauces.
	Código sanitario nacional
Ley 09 de 1979	Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano.
	Art. 55 aguas superficiales.
	Art. 69 a 79: potabilización de agua
	Normas de vertimientos de residuos líquidos

	Art. 1 a 21 Definiciones.
	Art. 22-23 Ordenamiento del recurso agua.
	Art. 29 Usos del agua.
Decreto 1594 de 1984	Art. 37 a 50 Criterios de calidad de agua
	Art. 60 a 71 Vertimiento de residuos líquidos.
	Art. 72 a 97 Normas de vertimientos.
	Art. 142 Tasas retributivas.
	Art. 155 procedimiento para toma y análisis de muestras
Ley 373 de 1997	Uso eficiente y ahorro del agua
Resolución 2115 de 2007	sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano

Estado del arte

A continuación, se citan algunos de los principales estudios relacionados con la caracterización de la calidad de agua realizada en diferentes lugares, con el propósito de compararlos posteriormente con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Uno de los estudios que evalúa la calidad de agua y la determina, mediante caracterización fisicoquímica y microbiológica, fue realizado por (Arango & et ál. , 2008), que establecieron la calidad de agua de dos Quebradas en San Luis, Antioquia, en base a unos indicadores físicos, químicos y microbiológicos, con lo que se logró construir un mapa de calidad de agua para ambas quebradas. Las quebradas están bien oxigenadas debido a la turbulencia provocada, por la conformación rocosa de su lecho. Sin embargo, algunos tramos de estas corrientes están sometidos a contaminación de origen doméstico y agropecuario lo cual limita sus condiciones de uso.

Según (Arango & et ál. , 2008), afirma en su investigación, que la pendiente del canal hace que las aguas sean rápidas y que el lecho permanezca lavado sin mucha acumulación de material finamente particulado. El sustrato del lecho está conformado por rocas de gran tamaño que influyen en la turbulencia del agua y, por consiguiente, en el incremento de la concentración de oxígeno, factor importante para la recuperación de la calidad del agua, porque se incrementa la capacidad oxidante de las quebradas para mineralizar los aportes de materia orgánica que llegan a su cauce.

Uno de los estudios que evalúa los parámetros físicos-químicos y microbiológicos utilizados como indicadores para determinar la calidad del agua en dependencia de su uso, así como para establecer si ha tenido contribución antropogénica, fue realizado por (Peña & et ál.,

2006), quienes citando a (Perdomo , Casanova , & Ciganda, 2001), afirman que en los ecosistemas acuáticos los compuestos del nitrógeno están presentes en varias formas, ellos pueden ingresar al agua por descargas de desechos domésticos e industriales o en zonas agrícolas por la aplicación indiscriminada de fertilizantes. Los compuestos nitrogenados solubles en el agua afectan el equilibrio del ecosistema acuático disminuyendo en el agua las concentraciones de oxígeno disuelto y favoreciendo la pérdida de poblaciones acuáticas

(Shiow, Shang, & Shan, 2004) Evaluaron el índice de calidad del agua, en el Río Keya, Taiwán, midiendo 13 variables dentro de tres aspectos: Orgánicos, partículas y microorganismos. Estos autores concluyeron que la aplicación de este nuevo índice provee más información para la evaluación de la calidad integral del agua que la se usaba anteriormente en Taiwán. (Tomazoni , Biettencourt , Filfho , & Mantovani , 2003), sobre el Río Paraná, Brasil, reportaron que el agua de los afluentes: El Anta Gorda, Brinco y Jirau, fue considerada de buena calidad y podía ser usada para abastecimiento público después de tratamientos convencionales. Estos autores utilizando el índice de calidad del agua y los valores promedio de: coliformes fecales, pH, turbidez, sólidos disueltos totales, temperatura, dióxido de carbono, nitratos, alcalinidad y materia orgánica en sus estudios.

Un claro ejemplo latinoamericano ha sido la recuperación de diversas quebradas en Quito (Ecuador), que presentaban un grave problema de contaminación a raíz de su ubicación en el centro urbano. El proyecto de recuperación, se ejecutó a través del Programa de Saneamiento Ambiental (PSA), y de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable (Emaap). Después de un detallado análisis de la problemática ambiental se logró concluir que la mejor forma para recuperar estas quebradas, era proyectar diferentes parques lineales de recreación

pasiva, que permitieran generar espacios lúdicos para los habitantes del sector, contar con una infraestructura adecuada para prevenir las inundaciones y deslaves en épocas de lluvia; priorizando así la construcción de sistemas de alcantarillado, colectores marginales de aguas servidas, y cunetas de protección de taludes. Además, para mejorar la estética ambiental se colocaron piletas, gradas de acceso, jardineras, sistemas completos de iluminación y se adecuaron canchas deportivas; beneficiando con estas obras a 20.000 habitantes del sector, recuperando la fauna propia del lugar, la vegetación, estableciendo un equilibrio en esos ecosistemas. En Bogotá la normatividad ha establecido parámetros especiales con referencia al ordenamiento, conservación, y a la conformación de una red de corredores verdes entre los cerros orientales y el río Bogotá. Bajo este contexto se han adelantado varios proyectos con características similares, siempre incluyendo a la comunidad como parte activa en la recuperación ambiental de las márgenes hídricas; además, de establecer proyectos de repoblamiento vegetal, obras civiles de contención y protección. Bajo esta óptica se puede citar un ejemplo claro de la recuperación de cuerpos hídricos con diferentes escalas, en la recuperación de la Quebrada la Vieja, adelantado por la Universidad Manuela Beltrán, en Cooperación con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá; quienes realizaron una evaluación ambiental de la Quebrada, con el fin de adelantar la implementación de un Parque ecoturístico (Gonzales , Lozano , & Paramo , 2008).

En el estudio realizado por (Forero Cespedes, Reinoso Flórez, & Gutierrez, 2013) permitió mediante la integración de los índices ecológicos, bióticos y fisicoquímicos de calidad de agua y contaminación, determinar la calidad de agua del río Opia de forma más precisa y exacta, pues se genera un acercamiento más holístico al estado de los cuerpos de agua, todo esto,

para establecer la influencia de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológico sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Metodología

Ubicación geográfica del área de estudio

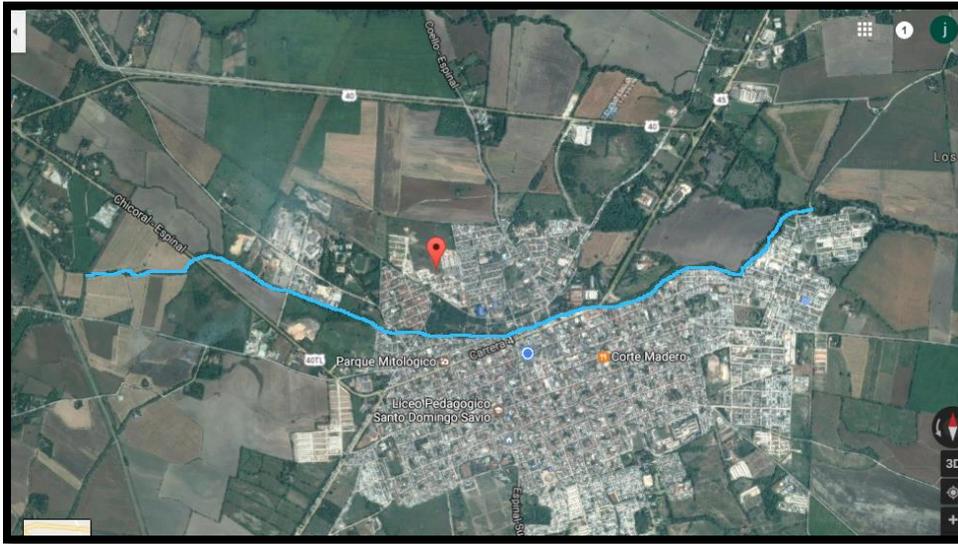


Figura 1. Longitud de la Quebrada Espinal (Color azul) y su paso por el casco urbano

El municipio de Espinal está localizado en la parte central del departamento del Tolima. La Quebrada Espinal, Espinal - Tolima, tiene un recorrido de 20 kilómetros. Nace en el sitio conocido como Dindalito, vereda del Espinal y va a desembocar en el sector de Guayabal, sobre el río Magdalena (Castellanos , 1998).

Los límites físicos del municipio del Espinal son:

- Norte: Coello, Flandes
- Oriente: Suarez
- Sur: guamo
- Occidente: San Luis

Extensión:

La extensión del municipio del Espinal se resume así:

Tabla 2. Extensión del municipio del Espinal, según sus áreas

Área Urbana	881,2 Has
Área Rural	20818,8 Has
Área total Municipio	21700 Has

El área urbana se encuentra dividida en 3 grandes zonas con características Particulares:

1. Zona sur Oriental

Es la zona con mayor déficit de espacio público y a la vez con mayor densidad de Construcción y su principal uso es vivienda de interés social, por lo cual se genera mayor cantidad de aguas residuales de tipo domésticas. La mayoría de la zona se encuentra conectada al colector sur, al emisario final y a la PTAR existente.

2. Zona central:

Posee la mayor concentración de vivienda. Un sector de la zona se encuentra conectada al colector sur y en otro sector vierten directamente sin tratamiento alguno en la Quebrada Espinal.

3. Zona Norte:

Comprende la zona industrial. Presenta un uso mixto vivienda e industrial. Predominan subsistemas de alcantarillado por urbanización y casi la totalidad de la zona vierte directamente y sin tratamiento alguno, en la Quebrada el Espinal.

Descripción de los puntos de muestreo

Los parámetros se midieron en tres puntos de muestreo. Los puntos escogidos fueron:

Tabla 3. Localización de los diferentes tipos de muestreo

Descripción del lugar	Hora (toma	Coordenadas	
	de muestra)	E	N
Punto No. 1.	2:30 pm	74°54'20.5"	4°09'27.3"
Punto No. 2.	3:30 pm	74°53'14.6"	4°09'10.1"
Punto No. 3.	4:15 pm	74°52'11.8"	4°09'34.5"

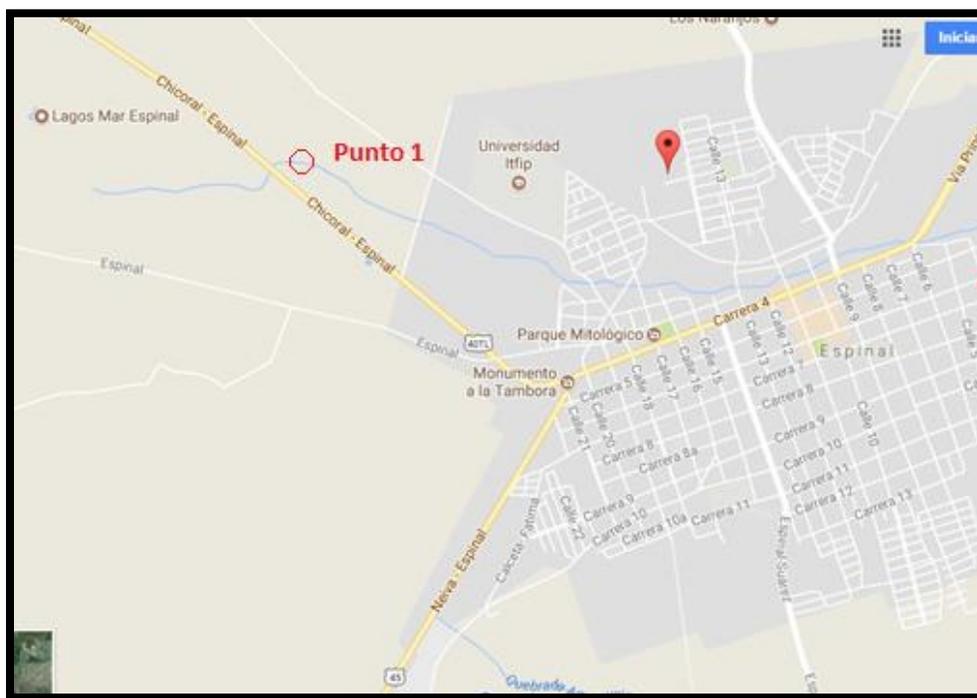


Figura 2. El punto N°. 1, corresponde a la muestra de agua superficial natural de la Quebrada Espinal Ubicado en la vía panamericana antes de la zona Franca (Molinos – arroceras) y casco urbano del municipio del Espinal – Tolima

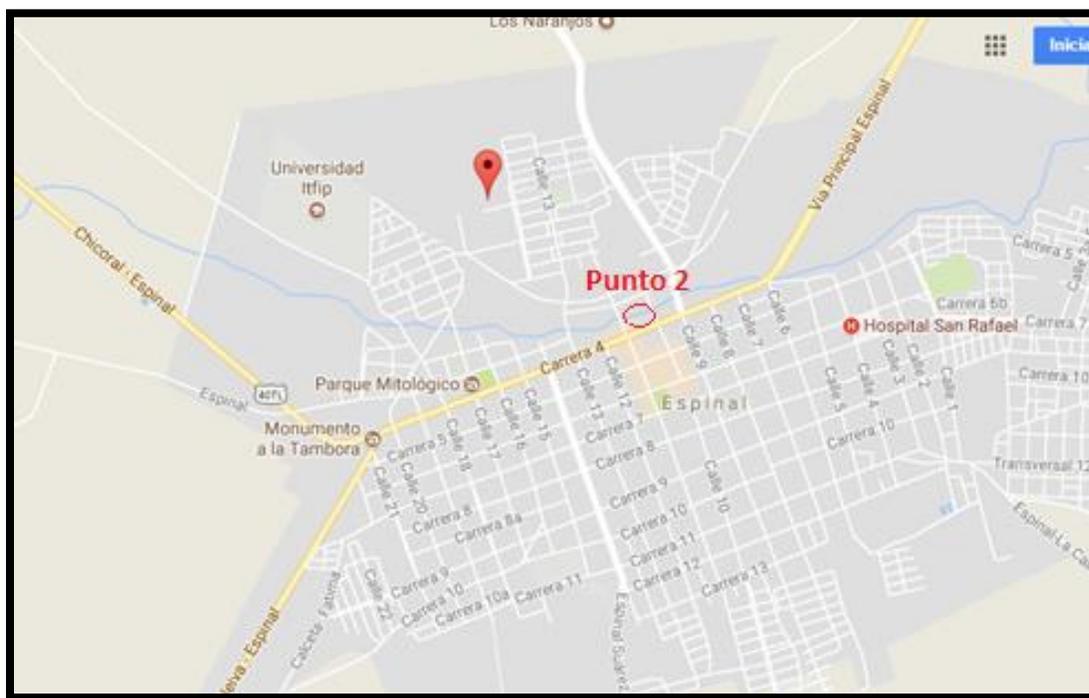


Figura 3. El punto N°2, corresponde a la muestra de agua superficial natural de la Quebrada Espinal ubicado en un predio sobre la calle 11 del casco urbano del municipio del Espinal – Tolima

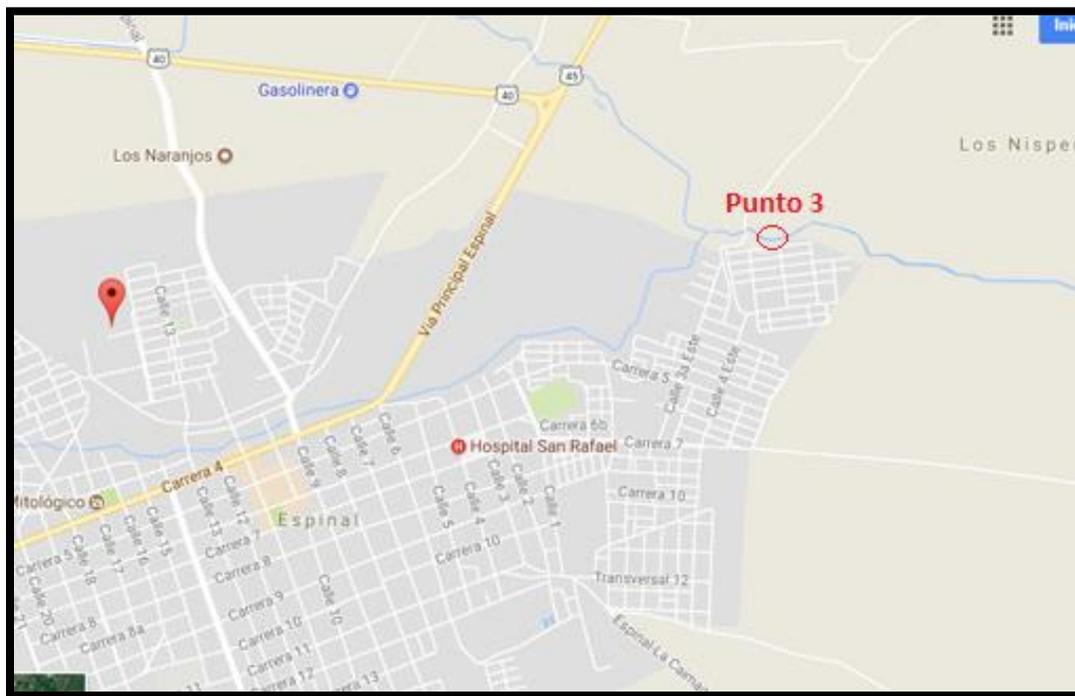


Figura 4. El punto N°3, corresponde a la muestra de agua superficial natural de la Quebrada Espinal ubicado en el camino hacia vereda Montalvo, parte final del casco urbano del municipio del Espinal – Tolima

Fase de campo

Se realizaron dos muestreos, uno en época seca (13 de diciembre de 2016) y uno en época lluviosa (30 de marzo de 2017), en los que se muestrearon los tres puntos previamente descritos. En cada punto se tomaron muestras para evaluar los siguientes parámetros: turbidez, oxígeno disuelto, temperatura, nitratos, nitritos, fosfatos, amonio, pH, coliformes totales y fecales, solidos totales, DBO₅ y caudal.

Para el desarrollo de la investigación, se tomaron muestras simples o puntuales las cuales representan la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias

particulares en la que se realiza su captación (IDEAM, 2002), las muestras fueron almacenadas y transportadas al laboratorio

La recolección de las muestras se hizo en recipientes de vidrio y plástico previamente esterilizados. Se utilizaron guantes desechables para la recolección de las muestras, para que estas no fueran contaminadas por el recolector al momento del muestreo. Una vez recolectadas, las muestras fueron colocadas en una nevera de icopor con hielo, para preservarlas hasta el momento del análisis en el laboratorio y así conservar las características representativas del lugar de donde fueron tomadas.

Fase de laboratorio

Hay distintos procedimientos que se realizaron para determinar las concentraciones de los diferentes parámetros de calidad de agua, algunos son analizados directamente en el sitio en forma instantánea. Otros de los parámetros medidos requieren análisis en el laboratorio, algunos de los cuales incluyen procedimientos considerablemente detallados.

Tabla 4. Técnicas analíticas para la determinación de los parámetros físicos

Parámetro	Técnica analítica
Ph	pH metro
Temperatura	Medición directa con termómetro de mercurio
Oxígeno disuelto	Oxímetro
Caudal	Método por flotadores
Turbidez	Nefelometría

Tabla 5. Técnicas analíticas para la determinación de los parámetros químicos

Parámetro	Técnica analítica
DBO ₅	Incubación 5 días y luminiscencia
Amonio	Colorimetría
Fosfatos	Colorimetría
Nitritos	Colorimetría
Nitratos	Espectrometría ultravioleta
Solidos totales	

Tabla 6. Técnicas analíticas para la determinación de los parámetros microbiológicos

Parámetro	Técnica analítica
Coliformes totales	Sustrato enzimático multicelda
Coliformes fecales	Sustrato enzimático multicelda

Análisis de datos

Se calculó el índice de calidad del agua (ICA - NSF), para cada época muestreada, obteniendo el puntaje de índice a partir de los valores de 9 indicadores de calidad: porcentaje de oxígeno disuelto, cantidad de coliformes fecales, el pH, la demanda bioquímica de oxígeno de cinco días, la concentración de fosfatos, de nitratos, la turbiedad, la temperatura y la cantidad de solidos totales. Los valores de estos parámetros se estimaron utilizando la calculadora electrónica

del Índice de Calidad de Agua (wáter Quality Index). Se calculó el grado de contaminación del agua de cada punto, según el puntaje obtenido del ICA.

Tabla 7. Escala de clasificación del ICA - NSF

Rango	Escala de color
Excelente: 91 – 100	Azul
Buena: 71 – 90	Verde
Media: 51 – 70	Amarillo
Mala: 26 – 50	Naranja
Muy mala: 0 – 25	Rojo

Para el tratamiento de los datos se usaron las medidas de tendencia central (media, varianza, desviación, coeficiente de variación) y Análisis de componentes principales (PCA).

Resultados

El propósito de este proyecto fue identificar la calidad de agua de la Quebrada Espinal, tomando como muestras tres puntos, identificando así los factores que alteran su composición física, química y microbiológica; adicionalmente, se determinó en qué lugares los parámetros medidos indican una mayor o menor contaminación del agua. El tratamiento de los datos fue analizado por medio de las medidas de tendencia central (Tabla 8 y 9).

Tabla 8. Medidas de tendencia central para época seca

Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Nitritos (mg /L)	Nitratos (mg /L)	Fosfatos (mg /L)	Amonio (mg/L)	DBO₅ (mg /L)	Turbidez (NTU)	pH	Temperat ura °C	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Caudal (L/S)	Solidos totales mg/L
\bar{X} 50130	\bar{X} 81800	\bar{X} 0,019	\bar{X} 6,30	\bar{X} 1,248	\bar{X} 1,487	\bar{X} 4,99	\bar{X} 4,963	\bar{X} 7,453	\bar{X} 27,1	\bar{X} 6,03	\bar{X} 819	\bar{X} 612
M_e 51720	M_e 81640	M_e 0,019	M_e 6,38	M_e 1,35	M_e 1,28	M_e 4,99	M_e 4,95	M_e 7,55	M_e 27	M_e 5,89	M_e 729	M_e 606
S 48724	S 73430	S 0	S 0,56	S 0,579	S 0,375	S 0	S 0,490	S 0,176	S 0,173	S 0,333	S 498	S 94
S^2 2,4E+0 9	S^2 5,4E+0 9	S^2 0	S^2 0,31	S^2 0,336	S^2 0,141	S^2 0	S^2 0,240	S^2 0,310	S^2 0,03	S^2 0,111	S^2 24882	S^2 8869

Nota: \bar{X} : Media, M_e : Mediana, S : Desviación estándar, S^2 : Varianza de la muestra

Tabla 9. Medidas de tendencia central para época lluviosa

Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Nitritos (mg /L)	Nitratos (mg /L)	Fosfatos (mg /L)	Amonio (mg/L)	DBO₅ (mg /L)	Turbidez (NTU)	pH	Temperat ura °C	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Caudal (L/S)	Solidos totales mg/L
\bar{X} 27550	\bar{X} 289776	\bar{X} 0,25	\bar{X} 0,49	\bar{X} 1,633	\bar{X} 0,149	\bar{X} 4,99	\bar{X} 272,7	\bar{X} 7,243	\bar{X} 22,47	\bar{X} 7,673	\bar{X} 1681	\bar{X} 572,7
M_e 20120	M_e 302600	M_e 0,24	M_e 0,49	M_e 1,56	M_e 0,126	M_e 4,99	M_e 236	M_e 7,3	M_e 22	M_e 7,46	M_e 1685	M_e 604
S 27440	S 85459	S 0,217	S 0	S 0,287	S 0,109	S 0	S 95,44	S 0,211	S 0,808	S 0,496	S 816,0	S 70,44
S^2 752959 300	S^2 730334 8633	S^2 0,047	S^2 0	S^2 0,082	S^2 0,012	S^2 0	S^2 9108	S^2 0,044	S^2 0,653	S^2 0,246	S^2 66586	S^2 4961

Nota: \bar{X} : Media, M_e : Mediana, S: Desviación estándar, S2: Varianza de la muestra

El propósito de este proyecto fue identificar la calidad de agua de la Quebrada Espinal, tomando como muestras tres puntos, identificando así los factores que alteran su composición física, química y microbiológica; adicionalmente, se determinó en qué lugares los parámetros medidos indican una mayor o menor contaminación del agua.

El (PCA) muestra los componentes principales que inciden en la calidad de agua de la Quebrada Espinal (Tabla 10). Los primeros tres componentes principales explican el 86,6 % de la variación del comportamiento de la Quebrada Espinal (Tabla 11), los cuales son: PC1 Amonio 54,8%, PC2 Solidos totales 75,7% y el PC3 pH y temperatura 86,6%.

Tabla 10. Componentes principales

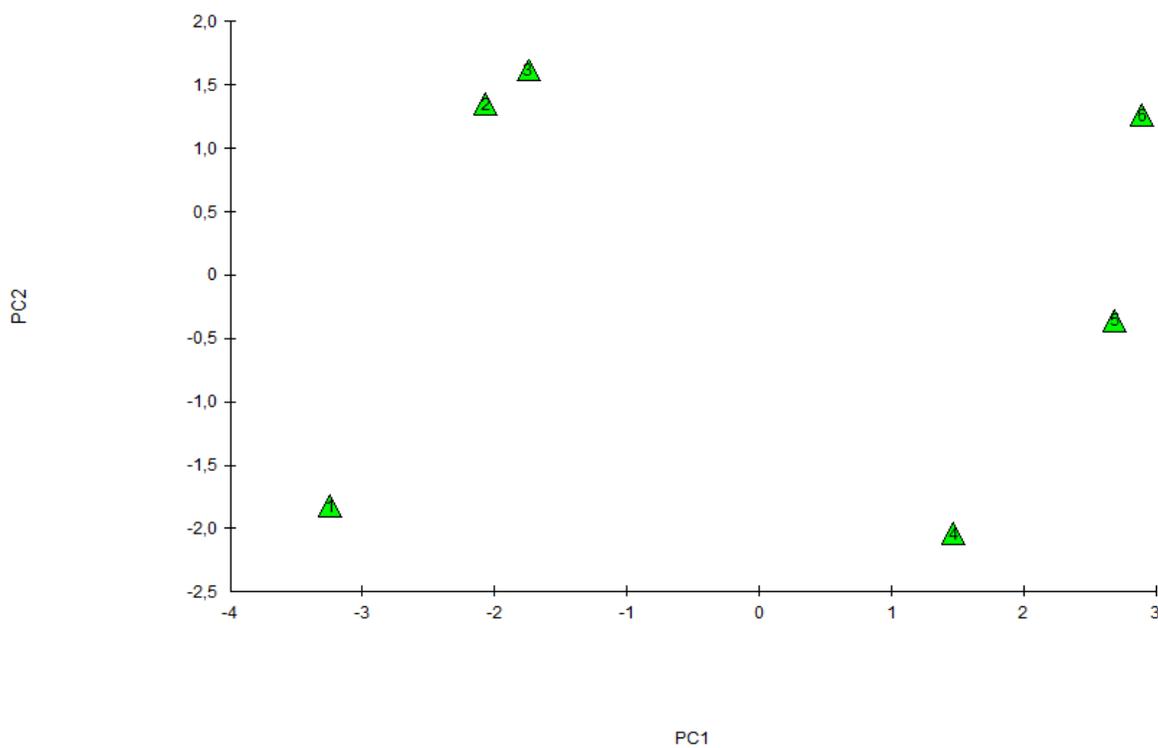
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Coliformes fecales	-0,050	0,530	-0,262	0,000	-0,569
Coliformes totales	0,348	0,093	0,254	0,000	-0,038
Nitritos	0,240	-0,231	-0,487	0,000	0,443
Nitratos	-0,367	0,110	-0,031	0,000	0,019
Fosfatos	0,230	0,296	-0,503	0,000	-0,155
Amonio	-0,370	0,025	0,043	0,000	0,111
DBO ₅	0,000	0,000	0,000	-1,000	0,000
Turbiedad	0,354	-0,005	0,210	0,000	-0,159
pH	-0,241	-0,221	-0,544	0,000	-0,062
Temperatura	-0,371	0,065	-0,004	0,000	-0,001

Oxígeno disuelto	0,298	-0,331	0,145	0,000	-0,171
Caudal	0,291	0,313	0,233	0,000	0,212
Solidos totales	-0,013	0,544	0,012	0,000	0,582

Tabla 11. Acumulación de acuerdo al % de variación

PC	Valores propios	% de variación	Acumulación de % de variación
1	7,12	54,8	54,8
2	2,73	21,0	75,7
3	1,40	10,8	86,6
4	1,00	7,7	94,2
5	0,55	4,3	98,5

El análisis de componentes principales (PCA), indica que la concentración de nutrientes en cada época es diferente (Grafica 1), señalando que la época seca (1-2-3) se ve influenciada por solidos totales y la época lluviosa (4-5-6) por el Amonio; cabe resaltar que los dos componentes principales inciden en el punto 1 de la época seca y que en los puntos 5 y 6 de la época lluviosa son intervenidos por un tercer componente principal (pH, Nitritos).



Grafica 1. Concentración de nutrientes en dos (2) épocas del año. Los puntos 4, 5 y 6 son los mismos puntos 1, 2 y 3 de la época lluviosa

Para el análisis de similaridad se utilizó la distancia euclidiana entre variables, el cual muestra que hay una fuerte relación entre coliformes totales con los demás parámetros físico-químicos (Tabla 12).

Tabla 12. Análisis de similaridad entre variables

	CF	CT	NO₂⁻	NO₃⁻	PO₄	NH₃	DBO₅	NTU	pH	T°	OD	Q	ST
CF													
CT	6,84												
NO₂⁻	2,94	8,52											
NO₃⁻	2,94	8,52	0,0030										
PO₄	2,94	8,52	0,0003	0,0027									
NH₃	2,94	8,52	0,0008	0,0021	0,0006								
DBO₅	2,94	8,52	0,0022	0,0008	0,0019	0,0013							
NTU	2,94	8,51	0,0067	0,0063	0,0066	0,0065	0,0062						
pH	2,94	8,52	0,0033	0,0004	0,0030	0,0025	0,0011	0,0062					
T°	2,94	8,51	0,0118	0,0089	0,0116	0,0110	0,0097	0,0111	0,0086				
OD	2,94	8,52	0,0028	0,0002	0,0025	0,0019	0,0006	0,0061	0,0005	0,0091			
Q	2,88	8,40	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,17		
ST	2,90	8,40	0,23	0,22	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,0741	

Nota: CF: Coliformes Fecales, CT: Coliformes Totales, NO₂⁻: Nitritos, NO₃⁻: Nitratos, PO₄:

Fosfatos, NH₃: Amoniaco, DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno, NTU: Unidades

Nefelométricas de Turbidez, pH: Potencial de Hidrogeno, T°: Temperatura, OD: Oxígeno

Disuelto, Q: Caudal, ST: Solidos Totales

El índice de calidad de la Quebrada Espinal, se sitúa en un rango de mala calidad, con un valor de 37, en un intervalo de 26-50, sin tener mayor variación en cada época; se encontró mayor en la época seca y menor en la época lluviosa, lo que significa que en general su grado de contaminación es alto.

El resultado del ICA para la época seca, arroja un resultado de 38 (Tabla 13), sin presentar mayor variación en la época lluviosa con un ICA de 36 (Tabla 14), el cual está dentro del rango 25-50 y nos indica que la calidad del recurso hídrico es mala.

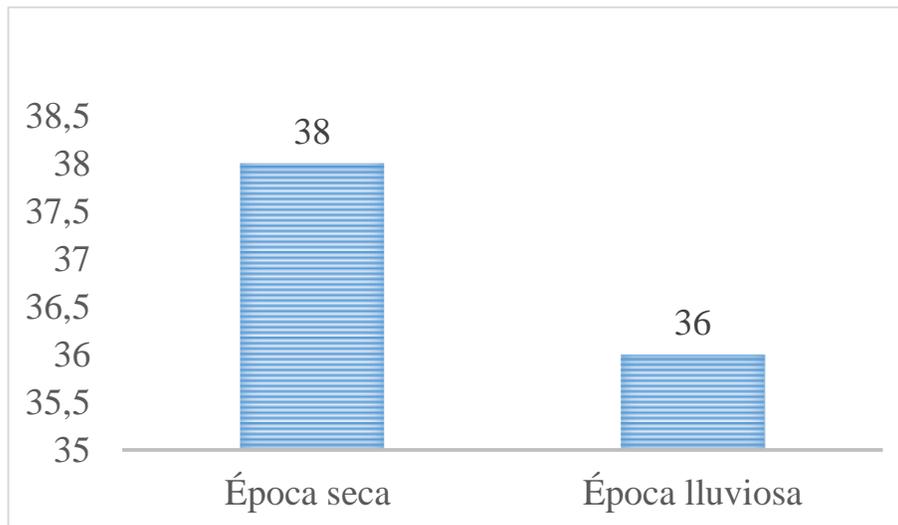
Tabla 13. Índice de calidad de agua, época seca - general

Parámetro	Peso	Índice de calidad
Coliformes fecales	0,16	6
Nitratos	0,10	60
Fosfatos	0,10	40
DBO₅	0,11	61
Turbidez	0,08	88
pH	0,11	88
Temperatura	0,10	13
Oxígeno disuelto	0,17	5
Sólidos totales	0,07	20
ICA Total		38

Tabla 14. Índice de calidad de agua, época lluvia - general

Parámetro	Peso	Índice de calidad
Coliformes fecales	0,16	7
Nitratos	0,10	97
Fosfatos	0,10	40
DBO₅	0,11	61
Turbidez	0,08	5
pH	0,11	88
Temperatura	0,10	19
Oxígeno disuelto	0,17	6
Solidos totales	0,07	20
ICA Total		36

El promedio del Índice de Calidad de Agua para cada época no presenta mayor variación entre ellas (Gráfica 2), lo que indica que la Quebrada se encuentra dentro de un rango de mala calidad, independientemente de la lluvia o sequía.



Grafica 2: Promedio del ICA para cada época

El ICA en época seca presentó valores entre 38 y 47, lo que indica de acuerdo a la clasificación establecida por la Fundación Nacional de Saneamiento, un agua de mala calidad (Tabla 15).

Tabla 15. Resultados del ICA – NSF para cada punto de muestreo en época seca de la Quebrada Espinal

ÉPOCA SECA			
PUNTO DE MUESTREO	ICA NSF	CALIDAD	COLOR
1	47	Mala	
2	38	Mala	
3	38	Mala	

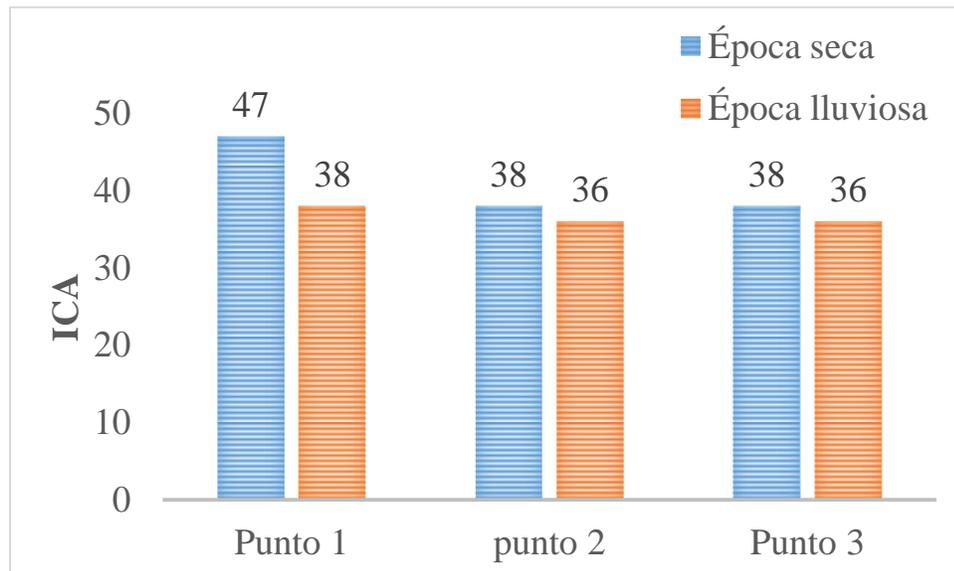
Nota: ICA-NSF = Índice de Calidad de Agua – Fundación Nacional de Saneamiento

En época lluviosa los valores arrojados en cada punto de muestreo, no presentaron mayor variación (Tabla 16), encontrándose todos dentro del rango 26-50, influenciados por las descargas de diferentes tipos de aguas residuales.

Tabla 16. Resultados del ICA NSF para cada Punto de muestreo en Época Seca de la Quebrada Espinal.

ÉPOCA LLUVIOSA			
ESTACION	ICA NSF	CALIDAD	COLOR
1	38	Mala	
2	36	Mala	
3	36	Mala	

El ICA en los puntos analizados muestra un porcentaje de 36 a 47, ubicándose según el ICA – NSF como un cuerpo de agua de mala calidad (Gráfica 3).

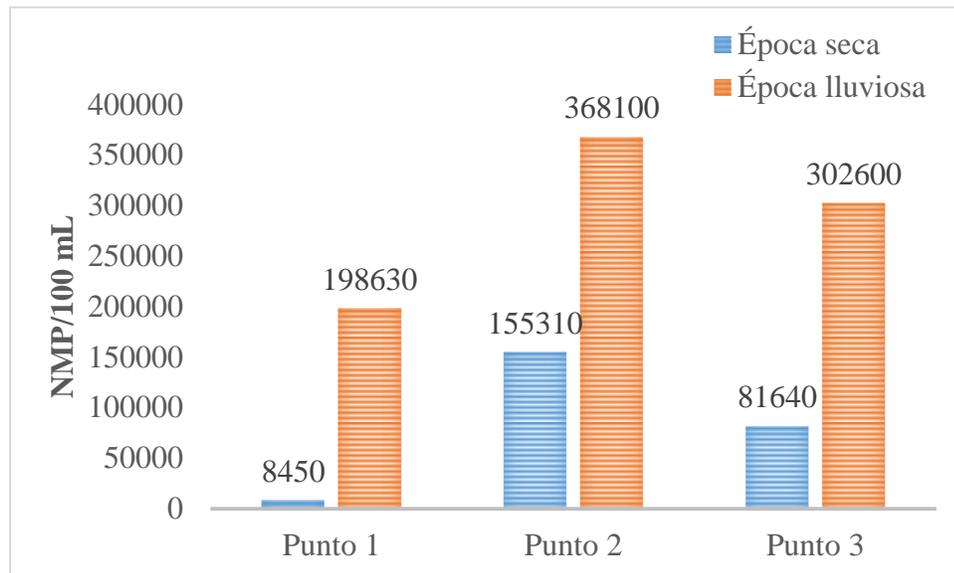


Gráfica 3. Comparación del ICA para cada época con sus respectivos puntos de muestreo

El ICA arrojó valores para cada punto de muestreo en época lluviosa ubicados dentro del rango 26-50, donde se evidencia que la Quebrada en esta época en comparación con la anterior no presenta variaciones, indicando una calidad mala para este cuerpo de agua.

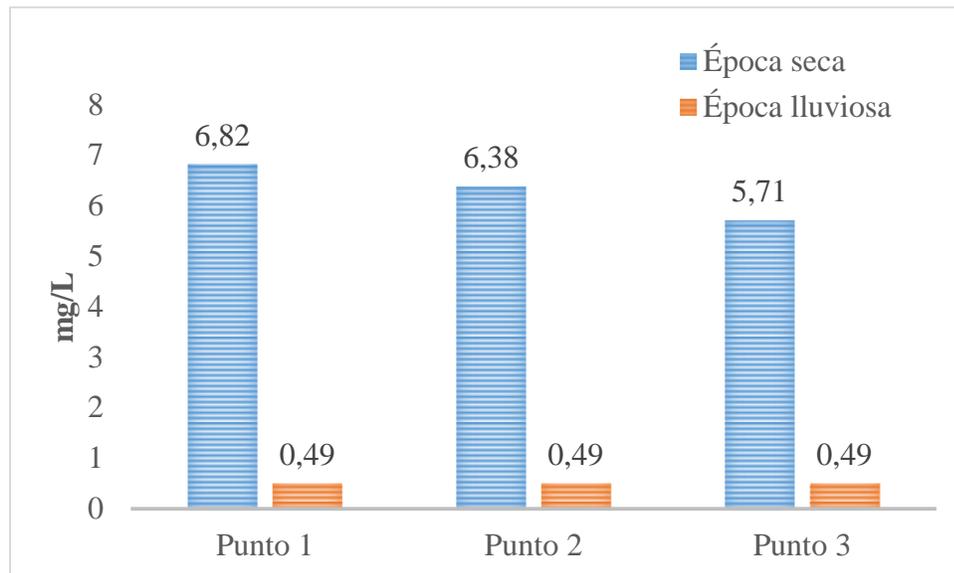
Descripción de las variables más relevantes

En cuanto a los parámetros microbiológicos analizados, se pudo observar una alta contaminación por Enterobacteriaceae en el punto N° 2, basados en las coliformes totales, siendo esta más relevante en época lluviosa en comparación con el punto N°3 y N°1, que aunque son menores que el anterior punto mencionado, se evidencio contaminación. Aun así, en todos los puntos se presenta concentraciones considerables que indican la presencia de vertimientos de aguas residuales durante todo el recorrido de la Quebrada (Gráfica 4)



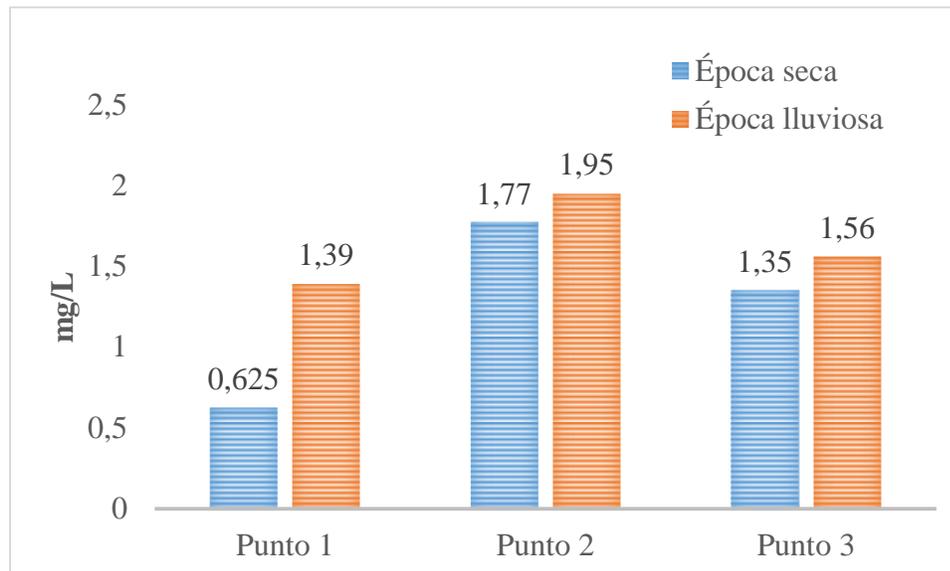
Gráfica 4. Concentración de Coliformes totales en los tres puntos de la Quebrada Espinal

La concentración de Nitratos en época lluviosa se observa superior a los valores de época seca, su valor no excede los límites máximos aceptables de acuerdo a la Resolución 2115 del 22 de junio del 2007, sin embargo, se encontró materia orgánica nitrogenada en el curso de la Quebrada (Gráfica 5).



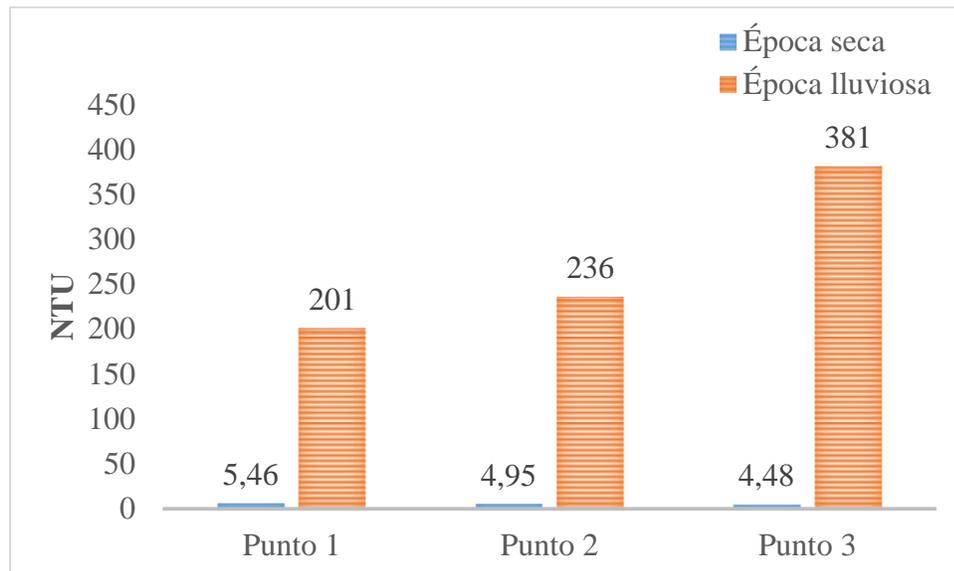
Gráfica 5. Concentración de Nitratos en los tres puntos de la Quebrada Espinal

En general los valores de fosfatos se presentaron más altos en época lluviosa con un valor máximo de 1,95 mg/L en el punto N°2, excediendo los límites máximos aceptables en sus dos épocas según la normatividad vigente (Gráfica 6)



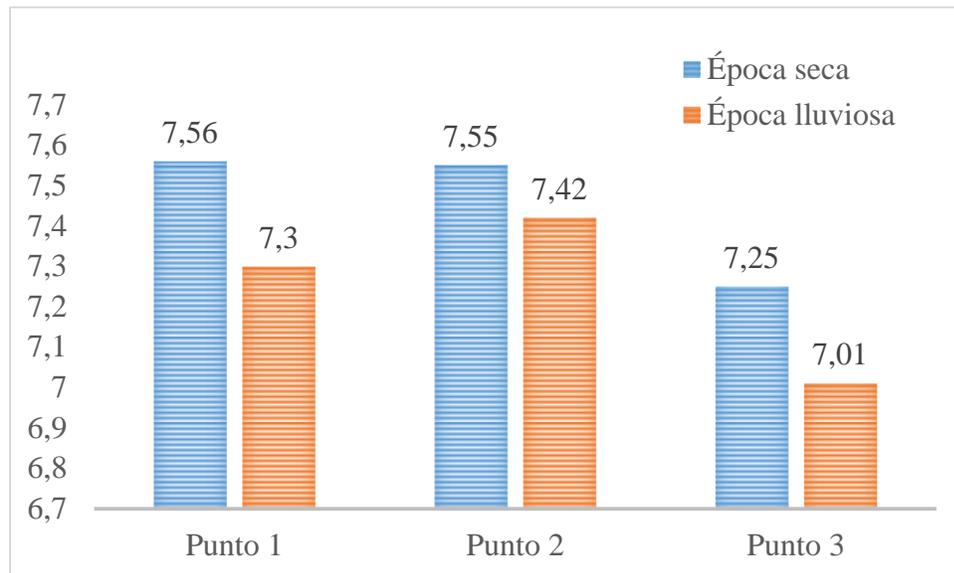
Gráfica 6. Concentración de Fosfatos en los tres puntos de la Quebrada Espinal

Los mayores valores de turbidez se presentaron en época lluviosa, principalmente en el último punto de muestreo N°3, el cual muestra un valor de 381 NTU, un valor bastante alto debido a la cantidad de sólidos suspendidos, sedimentables y totales disueltos contenidos en la muestra. Aunque los valores obtenidos en época seca son relativamente bajos, sobrepasan los límites máximos aceptables por la resolución 2115 del 22 de junio de 2007, ubicándola en el rango de una fuente muy deficiente (Gráfica 7).



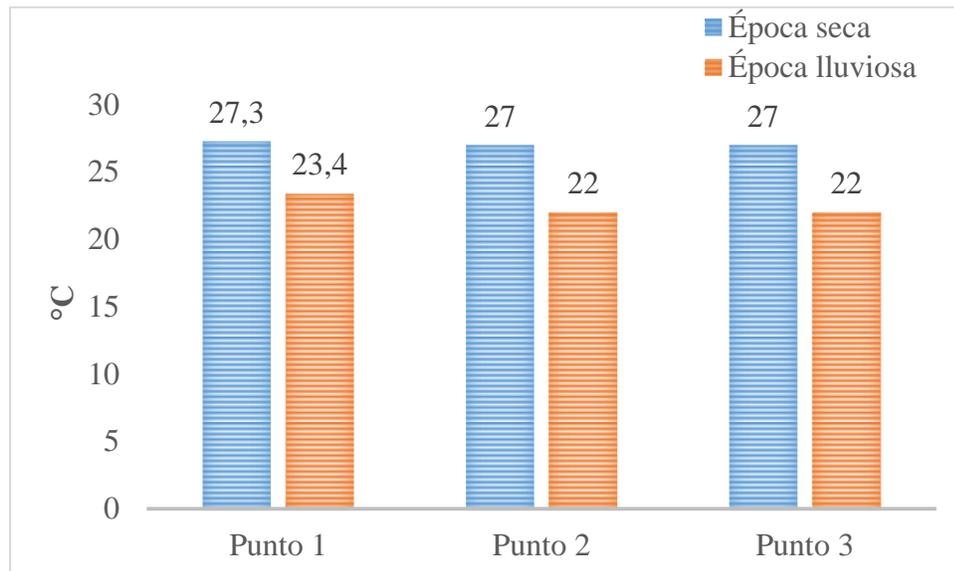
Gráfica 7. Concentración de Turbiedad en los tres puntos de la Quebrada Espinal

Se observa en la gráfica 8, que en todas las estaciones los valores del potencial de Hidrogeno fueron muy similares, presentándose los más altos en época seca, pero en general la Quebrada se encuentra moderadamente básica, conservándose dentro del rango admisible para aguas naturales y para la vida acuática.



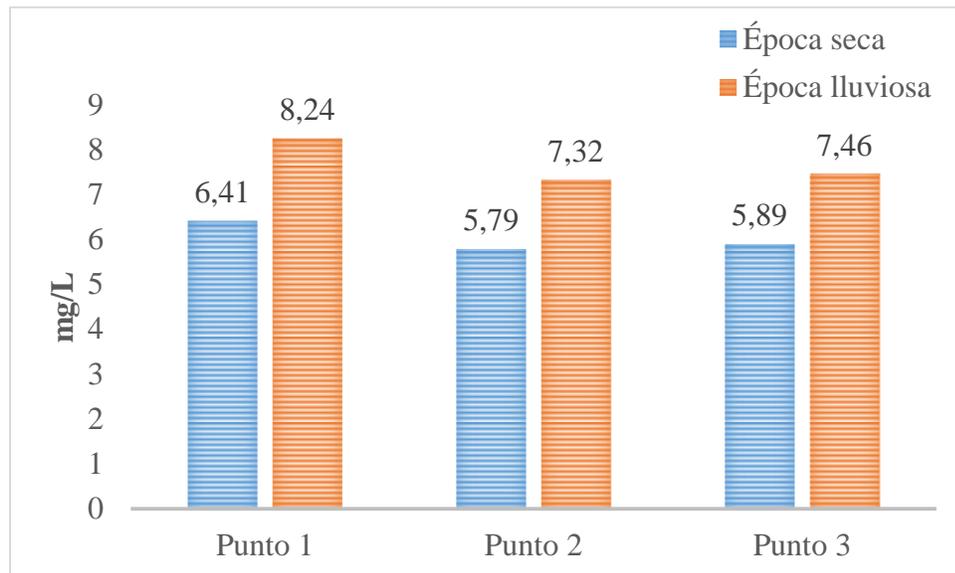
Gráfica 8. Concentración de pH en los tres puntos de la Quebrada Espinal

Los valores de temperatura se vieron influenciados por consecuencia de la altura sobre el nivel del mar y la época de muestreo, donde se evidencia temperaturas templadas en época lluviosa (Gráfica 9).



Gráfica 9. Concentración de temperatura en los tres puntos de la Quebrada Espinal

La concentración de oxígeno disuelto, está directamente ligado con la temperatura y presión atmosférica. Los valores más altos se encuentran en época lluviosa en comparación con la época seca, los cuales exceden los límites máximos aceptables por la normatividad (Gráfica 10).



Gráfica 10. Concentración de Oxígeno Disuelto en los tres puntos de la Quebrada Espinal

Discusión

Los índices de calidad de agua (ICA) surgen como una herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico fundamental en procesos decisorios de políticas públicas y en el seguimiento de sus impactos (Cetesb, 2006).

Los factores antrópicos son la principal causa de contaminación y deterioro ambiental de la Quebrada Espinal por las actividades que se desarrollan en torno a sus aguas. Un factor a considerar, son las descargas de las aguas residuales domésticas generadas por parte de poblaciones aledañas a ella, que al no contar con un sistema de alcantarillado terminan siendo vertidos con una alta carga orgánica, generando un gran impacto e impidiendo que los rasgos de calidad de agua se mantengan en buen estado.

La actividad económica más importante de la región es la agricultura, esto conlleva al uso de agroquímicos los cuales por procesos de escorrentía e infiltración depositan ciertas cantidades de contaminantes a la Quebrada; probablemente, esto aporta a la obtención de un ICA malo para la microcuenca.

El análisis de componentes principales (PCA), permitió analizar la variabilidad total de la calidad de agua y la asociación de las variables temporalmente (Balzarini & et al., 2008), esto arrojó que el amoníaco y los sólidos aportaran a la caracterización de la Quebrada, posiblemente por el aporte de aguas residuales agrícolas, las cuales contienen ciertas cantidades de amoníaco por el uso de fertilizantes y abonos a base de urea, lo que explica los altos valores obtenidos en el punto 1 de la época seca, pues en esta zona la microcuenca está rodeada de cultivos. Por otra parte los sólidos totales en el punto 1 la presencia es baja, pero presentan un valor mayor a partir

del punto 2 donde se encuentran las descargas de afluentes directos a la Quebrada, y esto hace que probablemente la concentración de sólidos aumente.

Para determinar la calidad de agua son utilizados los parámetros físicos, químicos y microbiológicos como indicadores del grado de contaminación para así establecer si ha tenido contribución antropogénica.

Los resultados obtenidos reflejan el comportamiento que la turbiedad tiene a lo largo de la Quebrada para las dos épocas. Estadísticamente se encontraron valores más altos en época lluviosa, esto se debe quizás al alto índice de erosión y a la eliminación de la cobertura vegetal de la microcuenca durante las precipitaciones, provocando el arrastre un sin número de partículas que restringen la penetración de la luz dentro del agua y absorbiendo toda la energía provocando un incremento en la temperatura del agua (Boyd, 1982).

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad de agua. Los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. La fuente principal del oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por los vientos en los lagos (Roldan, 2003). Debido al flujo del agua que caracterizan a las Quebradas y que las descargas de aguas residuales se depuran naturalmente, es lo que quizás permite que la corriente de esta microcuenca se oxigene mediante la turbulencia recuperando el valor de oxígeno disuelto en el cauce, presentando así niveles adecuados de oxígeno para el desarrollo de la vida. El oxígeno disuelto ha sido utilizado para evaluar la calidad de diferentes cuerpos de aguas superficiales, con el fin de estudiar la dinámica de los ríos y el posible efecto de los vertidos industriales, agropecuarios y residenciales en los mismos (Raj, Rifkin, Adersen, & Van Oudenaarden, 2010).

Actualmente el fosforo es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de algas, de forma que un alto contenido de estos en las aguas pueden producir un crecimiento incontrolado de la biomasa acuática (eutrofización) las cuales causan condiciones inadecuadas para ciertos usos benéficos del agua. El valor más alto fue encontrado en el punto 2 de la época lluviosa, lo que tal vez se deba a las descargas de vertimientos de aguas negras de las edificaciones que se encuentran aledañas a la Quebrada, uso de detergentes con fosfatos y abonos naturales a causa de la agricultura que se da en esta región.

Se reportaron concentraciones de nitratos que se encuentran por debajo de los límites máximos aceptables según la normatividad vigente. Lo anterior sugiere que el aporte de las descargas de vertidos para este compuesto es mínima. Estudios realizados en aguas superficiales en Uruguay reportan concentraciones inferiores a 2 mg/L de n-nitrato, además indico que niveles menores a 3 mg/L podrían ser considerados característicos de aguas naturales (Melvin, Baker, Hickman, Moncrief , & Wollenhaupt, 1992)

Las descargas de aguas con temperaturas considerablemente mayores a las aguas receptoras pueden causar daños a la flora y fauna al intervenir con los procesos reproductivos de las especies. De igual forma, pueden aumentar el crecimiento de bacterias y otros organismos no autóctonos, acelerar las reacciones químicas y reducir los niveles de oxígeno, influyendo en la precipitación de muchos compuestos y acelerando la eutrofización (APHA, AWWA, & WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Waste water., 1995). La temperatura del agua para la microcuenca de la Quebrada Espinal se mostró constante en las dos épocas, con un promedio de 24,8 °C sin verse afectada por la temperatura ambiente quizás por la capacidad

térmica del agua. Además, a lo mejor el aporte de las descargas de aguas residuales no ha tenido influencia sobre los niveles óptimos de la temperatura de este recurso hídrico.

Tradicionalmente, los coliformes totales y coliformes fecales son los grupos de bacterias indicadoras que se consideran en los estudios y trabajos de evaluación de la calidad de agua (APHA, AWWA, & WPCF, , 1992). El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación de agua, el ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto, el control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliformes se constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia, purificación y potabilidad del agua (Roldan, 2003). Como uno de los principales parámetros determinante del índice de calidad de agua están los coliformes fecales, debido a su peso relativo influye de manera notable en el valor del ICA, lo que demuestra la existencia de vertimientos domésticos y como consecuencia se reflejan en los valores del ICA, dando como resultado un índice de calidad malo en la Quebrada. Los valores más altos se reflejan en poca seca, seguramente porque en esta época el caudal es menor en la Quebrada causando que los vertimientos que llegan directamente de las poblaciones invasoras influyan de manera importante en la calidad de la Quebrada respecto a este parámetro.

El pH es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua (Digesa, 2007). Es una medida de que tan ácida o básica es el agua. Al tener un pH de 7 se dice que el agua es neutra, valores menores a 7 son ácidos y aquellos mayores a 7 son básicos (GWW, 2005). En los puntos muestreados, la determinación “in situ” del pH permitió obtener resultados que se encuentran dentro de los límites permisibles de la normatividad vigente considerados aptos para consumo

humano; los valores de pH fueron muy similares en las dos épocas, presentándose relativamente más altos en época seca, pero en general se determinó que la Quebrada es neutra.

Los cambios de pH en el agua son importantes para muchos organismos, la mayoría de ellos se han adaptado a la vida en el agua con un pH específico y pueden morir al experimentarse cambios en el pH (Mitchell, Stapp, & Bixby, 1991)

Los resultados obtenidos dejan en vista, la necesidad de plantear nuevas estrategias para el cuidado y preservación de la fuente hídrica desde su nacimiento, pues a medida que el tramo avanza la calidad del agua disminuye al punto de restringir su uso. Actualmente se encuentran edificaciones que habitan en la llanura de inundación de la Quebrada, utilizándola como disposición final de sus aguas residuales viéndose afectadas en eventos extremos y en crecidas de este cuerpo de agua, por lo tanto, se hace necesario la revisión y reestructuración del PBOT del municipio del Espinal, puesto que este en sus planos de zonificación no señala las áreas que actualmente están invadidas por poblaciones aledañas a la Quebrada, para realizar una delimitación de aquellas zonas que son propensas a desbordamiento de la microcuenca, con el fin de aislar estas áreas u darles un uso adecuado como el de protección y recuperación de cuencas hidrográficas.

Como se menciona anteriormente, debido a la existencia de viviendas aledañas a la Quebrada, que no cuentan con un sistema de alcantarillado y que sacan provecho de esta fuente utilizándola como disposición final de sus aguas residuales, se plantea una posible solución de saneamiento, sencilla y económica para la recuperación de este cuerpo hídrico, que consiste en un sistema de tratamiento anaeróbico de Aguas Residuales domésticas, el cual llevaría a cabo la degradación controlada de la materia orgánica contenida en las aguas negras domesticas en un proceso de cuatro etapas: la primera etapa separa las aguas, aguas negras, y elementos no biodegradables (trampa de grasas con rejilla); la segunda sedimenta los sólidos contenidos y los

transforma en lodos y gases (tanque digestor); la tercera descompone los últimos residuos de materia orgánica (tanque anaeróbico). Su eficiencia logra obtener agua con baja carga contaminante haciéndola apta para ser vertida en campos de infiltración o cuerpos de agua superficiales, contribuyendo de esta manera, con la disminución del impacto ambiental sobre ecosistemas naturales. Este sistema garantiza una remoción mayor de un 80 % de sólidos, además funciona por gravedad, no hay necesidad de consumos de energía externa ni del uso de piezas mecánicas, ya que el proceso es biológico, generado por bacterias anaeróbicas sin emisiones de ruido. En el Título J del RAS “Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural” se establecen los criterios de diseño de este tipo de sistemas (RAS, 2000). Además, se debe seguir lo establecido en el Decreto 302 de 2000 si se cuenta con la aprobación de la Autoridad Ambiental y de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios -SSPD (Decreto 302, 2000).

Otra fuente de contaminación son las descargas de aguas residuales agrícolas y el impacto que estas generan en la Quebrada debido al uso inadecuado de agroquímicos y a todas las malas prácticas de las personas que se dedican a esta actividad. Dado esto se pretende plantear la educación ambiental mediante la creación de un manual, el cual es una guía ilustrada para comprender e implementar un programa basado en las buenas prácticas agrícolas con el propósito de conservar la Quebrada.

Se consideraran dentro del manual buenas prácticas como: evitar el uso de químicos sintéticos (fertilizantes, pesticidas, antibióticos, aditivos) que estén prohibidos por el convenio de Estocolmo y alternarlos con productos orgánicos, crear barreras vegetativas (amortiguamiento) entre un cultivo y una Quebrada, establecer un programa de capacitación para que los trabajadores

sean conscientes de la importancia de la conservación del recurso hídrico, realizar tratamiento a las aguas residuales provenientes de las fincas aledañas, implementar tanques de recolección de aguas lluvias para el lavado de los cultivos y buscar la conservación de suelos que permitan mantener la productividad de estos a largo plazo y a la vez disminuir la carga de sedimentos y contaminantes depositados dentro del cauce de la Quebrada.

Conclusiones

Los análisis de calidad del agua detectaron la presencia de turbidez, coliformes totales y fecales muy por encima de los límites máximos permisibles para agua potable. Como era de esperarse, los valores más altos de estos parámetros se presentaron en la época de mayor intensidad y frecuencia de precipitación.

En las actividades productivas de la microcuenca se utilizan una amplia gama de productos químicos para el manejo de los cultivos, lo que representa una fuente potencial de contaminación para el agua dado el alto índice de escorrentía superficial que ahí ocurre, además de esto la presencia de asentamientos humanos a orillas de la Quebrada, afecta en forma significativa la calidad del agua, producto de la descarga de aguas residuales domésticas y desperdicios de todo tipo dentro del cauce.

La Quebrada se considera eutrófica de origen antropogénico, pues las concentraciones obtenidas de fosfatos sobrepasan el límite de 0,5 mg/L, el cual propicia el crecimiento algal.

La presencia de coliformes totales además de servir como indicador de contaminación, ofrece un índice racional del contenido bacteriano del agua, el cual es necesario considerar si se llega a utilizar el agua de la Quebrada en alguna actividad productiva.

La Quebrada durante el periodo de estudio presento en general condiciones desfavorables de turbiedad, especialmente cuando se presentó temporada de lluvia.

El PCA realizado deja ver claramente la influencia de las variables espacial y temporal sobre la calidad del agua, además de las relaciones existentes, entre el resto de parámetros medidos.

El PCA, permitió el análisis de agrupamiento de los puntos muestreados en cada época, de acuerdo a los componentes principales los cuales fueron el amonio y los sólidos totales.

El agua de la Quebrada se considera dentro del rango de mala calidad establecida con color anaranjado, según la clasificación establecida por ICA – NSF.

De acuerdo con el análisis de agrupamiento realizado en relación con los puntos de muestreo donde el patrón de similaridad parece estar dado por las características ambientales específicas de cada punto de muestreo, tales como tipo de corriente y sustrato, factores de gran relevancia y que además direccionan la estructura y dinámica de la Quebrada.

Recomendaciones

Se recomienda que las autoridades ambientales como CORTOLIMA y la alcaldía municipal ejerzan mayor presencia y control hacia la fuente hídrica, es de vital importancia para prevenir la afectación que sufre la Quebrada.

Establecer mediante la legislación un control más estricto por parte de las autoridades ambientales en cuanto al uso racional de productos químicos (pesticidas, plaguicidas, fertilizantes), con el fin de mantener un equilibrio en las concentraciones de nutrientes presentes en la Quebrada.

Se deben realizar programas de sensibilización con la comunidad perteneciente a la microcuenca con el fin de crear en ello un sentido de pertenencia sobre la importancia del recurso agua, es decir impartir educación ambiental y compromisos sobre el recurso agua.

Bibliografía

- Alba Tercedor , J. (1996). *Macroinvertebrados acuaticos y calidad de las aguas de los rios*. IV Simposio del agua en Andalucia (SIAGA).
- American Water Works Association . (1988). Agua, su calidad y su tratamiento. En T. p. Verrey. Mexico D.F. : 2a. Edición .
- American water works association. (1988). Agua, su calidad y su tratamiento. Trad. Por Jack Verrey. 2 ed. Mexico, UTEHA.
- APHA, AWWA, & WPCF. (1992). . En S. Tr. Diorki, *Metodos normalizados para el analisis de aguas potables y residuales*. (págs. 91, 93). Madrid, España: 17a. reimpresión.
- APHA, AWWA, & WPCF. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Waste water. Washington, DC: American Public Health Association .
- Arango, & et ál. . (2008). *Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia*.
- Balzarini, M., & et al. (2008). *Infostat. Manual del Usuario*, . Córdoba, Argentina : Brujas .
- Boyd, C. (1982). Water quality management for pond fish culture. Amsterdam, Holanda: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Calvo, D. (1992). *Evaluación de las concentraciones de oligoelementos y dureza total del agua de consumo y su posible relación con la mortalidad por infarto del miocardio*. La Habana: Ed. De Ciencias Medicas. Agua y Salud. Serie de salud ambiental N°3.
- Cardenas L., J. (2005). *Calidad de agua para estudiantes de ciencias ambientales*. Bogota D.C: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

- Castellanos , M. (1998). *Quebrada Espinal, una cloaca*.
- Cauvin , A., & Didier , G. (1964). Distribución de aguas en las aglomeraciones. Trad. Por Amado Juan Sala. Barcelona, España: Reverte S.A.
- Cetesb. (2006). *Relatório de igualdade das águas interiores no estado de Sao Paulo, Anexo V, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*. Sao Paulo.
- Cortes, M. (2013). *Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco - Nayarit*.
- Decreto 302. (2000). Por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios publicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado. Bogota DC.
- Digesa. (2007). *Analisis Microbiologico de Aguas Residuales por Tecnicas de los Tubos Multiples de fermentación (NMP)*.
- Elogi. (s.f.).
- ELOGI, A. y. (2009). *Conceptos y tecnicas en ecologia fluvial. Primera edición*. . Edición en español fundación BBVA.
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2009). *Coceptos y técnicas en ecologia fluvial. Primera edición. Edición en español Fundación BBVA*.
- Escuela superior politecnica del litoral. (2013). *Calidad de Agua*.
- FAO. (2000). *Contaminantes. Consultado el 15 de julio de 2000*.
<http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s00.htm>. Roma, Italia.
- Figuroa M., G., Carrera R., E., & Jimenez R., A. (2012). Analisis de Componentes Principales en Paralelo. Costa Rica.

Forero Cespedes, A. M., Reinoso Flórez, G., & Gutierrez, C. (2013). Evaluación de la Calidad del Agua del río Opia (Tolima - Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos . Ibagué - Tolima.

Freeman , A. (1987). Control de la contaminación del agua y el aire. Trad. por Fernando Garcia Ferrer. Limusa. s.p.

Gonzales , L., Lozano , L., & Paramo , A. (2008). Manejo y conservación de la microcuenca quebrada la Vieja, cerros orientales de Bogotá. Pagina consultada el 16 de Febrero de 2008. Disponible en: Umbral Científico en Línea Número 004.

GWW. (2005). Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria. En A. Auburn .

Hazen , T., & Tocanzos , G. (1990). *Tropical sources waters*. Mcfeter GA, eds. Drinking Water Microbiology.

Henry, J., & Heinke, W. (s.f.). Ingeniería ambiental, 2°. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. Mexico.

Horton , R. (1965). *An index number system for rating water quality*. WPCF, 37, 36-44.

IDEAM. (2002). *Temas ambientales, toma, reservación de muestras*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

León , V. (1992). *Índices de calidad del agua, forma de estimarlos y aplicación*. Morelos: VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. .

Liebman , H. (1969). *Atlas of water quality: methods and practical conditions*. Munich: Idenborough.

- Lopez, F. (1995). *Macroinvertebrados y calidad de las aguas de la red de la provincia de Castellón*.
- Melvin, S., Baker, J., Hickman, J., Moncrief, J., & Wollenhaupt, N. (1992). Water quality. In: Mindwest plan service . Iowa State University, Ames, Iowa, USA: Conservation tillage systems and management .
- Milovanovic, M. (2007). *Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River Southeastern Europe*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2000). *Manual para la identificación de las presiones y analisis del impacto en aguas superficiales*.
- Mitchell, M., Stapp, W., & Bixby, K. (1991). Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. New Mexico, USA: Segunda edición. Proyecto del Río.
- Moncada, J. (1999). Monitoreo, colección y manejo de muestras. . Zamorano, Honduras .
- Obón, J. (2000). *Analisis microbiologico del agua*.
- Orellana. (2005). *Caracteristicas del Agua Potable*.
- Peña, & et ál. (2006). *Evaluación fisico-quimica y microbiologica del agua de la presa el Cacao* . Cotorro, Cuba.
- Perdomo, C., Casanova, O., & Ciganda, V. (2001). *Contaminación de aguas subterranas con nitratos y coliformes fecales en el litoral sudeste del Uruguay*. Agrociencia .
- Quesada, M. (1989). *Un analisis de la contaminación fluvial, estudio de la Cuenca del Rio Alajuela. Trabajo de grado (Lic. en Geografia con énfasis en orden del medio natural)*. Universidad de Costa Rica, Facultad de ciencias sociales . Costa Rica.

- Raj, A., Rifkin, S., Adersen, E., & Van Oudenaarden, A. (2010). Nature. Published online February 18, 2010.
- RAS. (2000). Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico. Bogota DC: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Roldan, G. (2003). Bioindicación de la calidad de agua en Colombia. Uso del metodo BMWP/Col. Medellin, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Shiow, M., Shang, L., & Shan, H. (2004). *generalised water quality index for Taiwan. Enviromental Monitoring and Assessment 96.*
- Stamboulam, D. (2005). *Distribución de Aedes aegypti. Dengue.*
- Sueiro, R. A. (2001). *Evaluation of Coli-ID and MUG Plus media for recovering Escherichia coli and other coliform bacteria from groundwater samples. Water Science and.*
- Tomazoni , J., Biattencourt , A., Filho , E., & Mantovani , L. (2003). *Water quality of the basin of the rivers anta gorda, Brinco and Jirau-Southeast of the State of Paraná Barzil. Sanare 20.*
- Toro, C. (2013). *Monitoreo de la calidad de agua.*
- Universidad de Pamplona. (2006). *Unipamplona. Recuperado el 03 de 05 del 2013, de www.uniplamplina.edu.co/uniplamplona/hermesoft/portaling/home_18/recursos/01_general/documentos/.../icatest_capitulo2.pdf.*
- Vasquez, G. (1994). *Ecología y formación ambiental. (1a. edición) . Mexico : Mc. Graw Hill Co.*
- .
- Villareal Robles, L. (2006). *Efectos de los vertimientos de aguas residuales domesticas en la calidad de agua biologica y fisicoquimica de la quebrada Lavapies - municipio de*

Sibundoy Putumayo. Trabajo de grado (Biloga). UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Facultad de Ciencias Naturales, Exacta.

Lista de anexos

Anexo 1. Reporte de resultados de laboratorio para época seca

Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)		Item	Parámetro	Método	Técnica Analítica	Límite de Cuantificación del método	Unidad	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	NORMA DE NORMA QUE APLICA (OPCIONAL)	NORMA DE NORMA QUE APLICA (OPCIONAL)	VALORES DE NORMA QUE APLICA (OPCIONAL)
								MN 34953	MN 34954	MN 34955			
2016-12-15		1	Coliformes Fecales Termotolerantes*	SM9229 B Modificado	Sustrato enzimático multibanda	1,000	NMP/100 mL	630	98040	51720	-	-	-
2016-12-15		2	Coliformes Totales*	SM9229 B	Sustrato enzimático multibanda	1,000	NMP/ 100 mL	8490	158310	81540	-	-	-
2016-12-15 / 2016-12-20		3	DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)*	SM 5210 B, ASTM D 889-08 METODO C	Incubación 5 días - Luminiscencia	5,000	mg O2/L	<5,00	<5,00	<5,00	-	-	-
2016-12-15		4	Nitrosos* (Agua superficial y potable)	SM 4500 NO3 B	Espectrofotometría Ultravioleta	0,500	mg NO3/L	6,62	6,38	5,71	-	-	-
2016-12-15		5	Nitrico*	SM 4500 NO2 B	Colorimetría	0,020	mg NO2/L	<0,020	<0,020	<0,020	-	-	-
2017-01-19		6	Nitrógeno amoniacal (Amonio)*	SM 4500-NH3 B, Asian Journal of Applied Sciences 2009, 2 (4):365-371	Colorimetría	0,050	mg/L, NH3-N	1,92	1,28	1,28	-	-	-
2016-12-20		7	Citratato (equivalente a fósforo soluble, fósforo soluble, citratato soluble, fósforo reactivo soluble)**	SM4500-P-E	Colorimetría	0,210	mg PO4/L	0,626	1,77	1,36	-	-	-
2016-12-15		8	Turbidez*	SM 2130 B	Nefelometría	1,000	NTU	5,46	4,95	4,46	-	-	-

AR: Agua Residual Industrial, ARD: Agua Residual Doméstica, ARnD: Agua Residual no Doméstica, AS: Agua Superficial o Subterránea, AP: Agua Potable, S: Suelo, AM: Agua Marina, AX: Otros

*ChemLab tiene estos parámetros acreditados mediante resolución 2016 de 2014 y 1236 de 2016 del IDEAM.

** Análisis realizados por laboratorio subcontratado acreditado

(*) PICCAP

Parámetro no acreditado

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA (aplica para suelos)

Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (aplica para aguas)

Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización previa de ChemLab S.A.S

Maria Cristina Cortes Forero

MARIA CRISTINA CORTES FORERO
DIRECTORA TÉCNICA
PQ-490

** FIN DE ESTE REPORTE**

Pag. 1 de 1

CARRERA 21 N° 19C-50, Bodega 6 y 7 B, Casavieja BOGOTÁ D.C.

Anexo 2. Reporte de resultados de laboratorio para época lluviosa



ChemiLab
Chemical Laboratory

RESULTADOS DE ANÁLISIS
R 29537

FOR 04 050, Version N4.12/2016-07-29



IDEAM
INSTITUTO VENEZOLANO
METEOROLÓGICO Y
CLIMATOLÓGICO
Laboratorio de ANÁLISIS DE AGUAS
Res. No. 2016 de 2014 y 1226 de 2016

Empresa:	ALEJANDRA VILLANUEVA	Fecha Recepción:	2017-04-01
Nit:	1105688666	Fecha de Emisión de Resultados:	2017-05-05
Dirección:	Manzana G casa 2 B/Betania Campestre, Espinal - Tollima	Fecha de Muestreo:	2017-03-30
Solicitado por:	ALEJANDRA VILLANUEVA	Muestreo a Cargo de:	CLIENTE
Telefono:	310 6874923	Plan de muestreo:	No Reporta
Celular:	--	Procedimiento de muestreo:	No Reporta
E-mail:	malejtvillanueva08@hotmail.com	Número total de muestras:	3
Orden de Servicio:	14992	Lugar de Muestreo:	
		Tipo de Muestra:	Puntual
		ARI()	ARD()
		AP()	AM()
		ARnD()	AN(X)
		S()	AX()

Reporte de Resultados									
Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación del método	Unidad	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
							MN42888	MN42889	MN42890
1	2017-04-04	Coliformes Fecales Termotolerantes*	SM 9223 B modificado	Sustrato enzimático multicelda	1	NMP/100m L	4590	20120	57940
2	2017-04-04	Coliformes Totales*	SM 9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda	1,0	NMP/100m L	198630	368100	302600
3	2017-04-10	DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) *	SM 5210 B, ASTM D 888-09 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	mg O2/L	<5,0	<5,0	<5,0
4	2017-04-04	Nitratos* (Aguas superficiales y potables)	SM 4500 NO3 B	Espectrofotometría Ultravioleta	0,50	mg NO3/L	<0,50	<0,50	<0,50
5	2017-04-03	Nitritos*	SM 4500 NO2 B	Colorimetría	0,02	mg NO2/L	0,240	0,472	0,038
6	2017-04-05	Nitrógeno amoniacal (Amonio)*	SM 4500 NH3-B, Asian Journal of Applied Sciences 2009.2, (4):363-371	Colorimetría	0,054	mg/L NH3-N	0,267	0,126	<0,054
7	2017-04-03	Ortofosfatos* (mg PO4/L) (equivalente a fósforo soluble, fosfato soluble, ortofosfato soluble, fósforo reactivo soluble)	SM 4500-P-E	Colorimetría	0,21	mg PO4/L	1,39	1,95	1,56
8	2017-04-03	Turbidez*	SM 2130B	Nefelometría	1,0	NTU	201	236	381

ARI: Agua Residual Industrial, ARD: Agua Residual Doméstica, ARnD: Agua Residual no Doméstica, AN: Agua Superficial o Subterránea, AP: Agua Potable, S: Suelo, AM: Agua Marina, AX: Otros

* ChemiLab tiene estos parámetros acreditados mediante resolución 2016 de 2014 y 1226 de 2016 del IDEAM.

** Análisis realizados por laboratorio subcontratado acreditado

(P) PICCAP
Parámetro no acreditado

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA (aplica para suelos)
Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (aplica para aguas)
Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización previa de ChemiLab S.A.S



ANGELI CA MARIA ALVAREZ HERRERA
Coordinador de Reportes
PG-4342

Anexo 3. Recolección de muestras



Anexo 4. Muestras de agua recolectadas



Anexo 5. Punto 1 de la Quebrada Espinal



Anexo 6. Punto 2 de la Quebrada Espinal



Anexo 7. Punto 3 de la Quebrada Espinal

