

**EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE
LA QUEBRADA LA JARAMILLA, MUNICIPIO DE LA TEBaida,
DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.**

ADRIANA LIZETH OCAMPO ZAMORA

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO
SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
2013**

**EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA
QUEBRADA LA JARAMILLA, MUNICIPIO DE LA TEBAIDA,
DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO.**

ADRIANA LIZETH OCAMPO ZAMORA

**ASESOR TRABAJO DE GRADO
ANDERSON GUARNIZO FRANCO
Qco, M.Sc, Ph.D. (C)**

**DIRECTOR DE LINEA BIOSISTEMAS INTEGRADOS
JHON FREDY BETANCUR P.
Esp. Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO
SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
2013**

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Armenia, Enero de 2013

DEDICATORIA

...Doy Gracias a Dios primero por su motivación y su sabiduría... A mi esposo por su gran acompañamiento... Los cuales hicieron posible que este trabajo llegara a su fin.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Manizales por su colaboración en la parte académica, a la Universidad del Quindío por su colaboración en la parte logística, a mis compañeros de labores: al Lic. Jose Manuel Quintero y al Ms Sc. Hernando Hurtado, Docentes de la Universidad del Quindío por sus valiosos aportes matemáticos y estadísticos, también al Docente Esp. Ms Sc. Julián Garzón Barrero por su valiosa colaboración en la parte cartográfica...

Al Qco. Ms Sc., Ph. D. (c)., Anderson Guanizo en calidad de asesor y a todas aquellas personas que de una u otra forma estuvieron conmigo en esta etapa de mi vida tan importante que nos madura como profesionales y saca lo mejor de nosotros para resolver problemas reales que pueden ser de gran ayuda a esta temática ambiental que afrontamos día a día...

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
1. DEFINICION DEL PROBLEMA	5
1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA	5
1.2. ANTECEDENTES	5
2. JUSTIFICACION	12
3. OBJETIVOS	14
3.1. OBTETIVO GENERAL	14
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
4. MARCO CONCEPTUAL	15
4.1. CALIDAD DEL AGUA	
4.1.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO – DBO	16
4.1.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	16
4.1.3. PH.	16
4.1.4. TEMPERATURA	16
4.1.5. FÓSFORO TOTAL	16
4.1.6. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	17
4.1.7. ACIDEZ	17
4.1.8. COLIFORMES TOTALES	17
4.1.9. OXIGENO DISUELTO	17
4.2. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (ICA) PROPUESTOS POR VIÑA Y RAMÍREZ (1998)	18
4.2.1. INDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN (ICOMI)	18
4.2.2. INDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGANICA (ICOMO)	18
4.2.3. INDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS)	18
4.2.4. INDICE DE CONTAMINACIÓN TRÓFICO (ICOTRO)	18
4.3. ÍNDICES HIDROMORFOLÓGICOS	19
4.3.1. ÍNDICE DE LA CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINA (QBR – AND)	19
4.3.2. ÍNDICE DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL	

HÁBITAT FLUVIAL (IHF)	20
4.4. ZONAS DE AUTODEPURACIÓN DE LAS CORRIENTES ACUÁTICAS	20
4.5. MARCO LEGAL	21
4.5.1 MARCO LEGAL DEPARTAMENTO DEL QUINDIO	21
5. DETERMINACIÓN DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.	22
5.1. DISEÑO METODOLOGICO	24
5.1.1. ZONA DE ESTUDIO	24
5.1.1.2. Muestreo	25
5.1.2. FASE DE LABORATORIO	25
5.2. ANALISIS DE LA INFORMACION	25
5.2.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	25
5.2.2. HIDROLOGÍA.	25
5.3. ZONAS DE AUTODEPURACIÓN	26
5.4. CALIDAD DEL AGUA	26
5.4.1. INDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN (ICOMI)	26
5.4.2. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGANICA (ICOMO)	26
5.4.3. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS)	27
5.5. VALORACIÓN DEL ESTADO BIOFÍSICO	27
5.7. RESULTADOS Y DISCUSION	27
5.8. PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	34
5.8.1. TEMPERATURA.	34
5.8.2. HUMEDAD RELATIVA.	35
5.8.3. TURBIEDAD.	37
5.8.4. SISTEMA PH, ALCALINIDAD Y ACIDEZ.	38
5.8.4.1. pH y Alcalinidad.	39
5.8.4.2. Acidez.	41
5.8.5. SÓLIDOS TOTALES	42
5.8.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	44
5.8.7. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)	46
5.8.8. COLIFORMES TOTALES Y FECALES (UFC/100ML)	47

5.8.9. CLORUROS	50
6. ZONAS DE AUTODEPURACIÓN	52
7. CALIDAD DEL AGUA	53
7.1. INDICES DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)	53
8. INDICES HIDROMORFOLOGICOS	58
8.1. PROTOCOLOS CERA	58
8.1.1. VALORACIÓN PROTOCOLOS CERA	59
8.1.2. CALIDAD HIDROMORFOLOGICA	59
9. VALORACION DEL ESTADO BIOFISICO	60
9.1. INDICE DE CALIDAD FLUVIAL IHF (ACOSTA, 2000)	60
9.2. INDICE DE LA CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINA (QBR – AND)	61
10. CONCLUSIONES	64
11. ANEXOS	67
ANEXO 1. VALORACIÓN PROTOCOLOS CERA – S.	67
ANEXO 2. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EN LOS MESES DE ESTUDIO SEGÚN www.accuweather.com/regional	71
ANEXO 3. TABLA 20. COORDENADAS GEOGRÁFICAS, ALTITUD, ANCHO, PROFUNDIDAD, VELOCIDAD DE LA CORRIENTE Y CAUDAL DE LA QUEBRADA LA JARAMILLA EN LA ZONA DE ESTUDIO.	73
ANEXO 4. ANOVA 2011- 2012, STATISTICA 7, Statsoft Inc,1984– 2004).	74
ANEXO 5. TESTIMONIO FOTOGRÁFICO ÁREAS DE ESTUDIO QUEBRADA LA JARAMILLA	81
12. BIBLIOGRAFIA	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estado de Contaminación de Las fuentes hídricas en el Municipio de la Tebaida.	9
Tabla 2. Contaminación originada por la presencia de viviendas dentro Del área de protección de la Quebrada la Jaramilla en el Municipio de La Tebaida.	10
Tabla 3. Rango de categorías para la concentración de los ICA (ICOMO; ICOMI e ICOSUS), (Acosta, 2000).	18
Tabla 4. Índice de contaminación trófica (ICOTRO), Rango ICOTRO (Acosta, 2000).	19
Tabla 5. Rango de Calidad del Índice QBR – And. (Acosta, 2000).	19
Tabla 6. Rango de Calidad del Índice IHF (Acosta, 2000).	20
Tabla 7. Métodos analíticos para la determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	23
Tabla 8. Matriz de datos físico químicos obtenidos durante el estudio	28
Tabla 9. Matriz de datos físicos, índices de contaminación ambiental (Ica) y microbiológicos obtenidos durante el estudio	31
Tabla 10. Lluvias significativas en el municipio de la Tebaida, departamento del Quindío entre los meses de septiembre, noviembre, diciembre de 2011 y marzo de 2012.	36
Tabla 11. Composición Típica de las Aguas Residuales	41
Tabla 12. Índice de Contaminación por mineralización (ICOMI) en la zona de estudio.	55
Tabla 13. Índice de Contaminación por materia orgánica (ICOMO) en la zona de estudio.	55
Tabla 14. Índice de Calidad por solidos suspendidos (ICOSUS) en la zona de estudio.	56
Tabla 15. Índice de contaminación trófica (ICOTRO), en la zona de estudio.	57

Tabla 16. Resultado de los Bloques en base a los Protocolos CERA – S (Ver anexo 1), para la evaluación de la Calidad Hidromorfológica en cuanto al Rango de Calidad del Índice IHF (Acosta, 2000) en las zonas de estudio.	59
Tabla 17. Calidad Hidromorfológica obtenida después de aplicar los protocolos CERA a cada una de las Estaciones de muestreo del estudio.	60
Tabla 18. Valoración del estado biofísico en los puntos de muestreo, Rango de Calidad del Índice IHF (Acosta, 2000), encontrado en cada punto de muestreo de las 6 estaciones.	61
Tabla 19. Resultado de los Bloques en base a los Protocolos CERA – S (Ver anexo 1), para la evaluación de la Calidad Hidromorfológica en cuanto al Rango de Calidad del Índice QBR – And (Acosta, 2000), en las zonas de estudio.	62
Tabla 20. Valoración del estado biofísico en los puntos de muestreo, Rango de Calidad del Índice QBR – And (Acosta, 2000), encontrado en cada punto de muestreo de las 6 estaciones.	62
Tabla 21. Coordenadas geográficas, altitud, ancho, profundidad, velocidad de la corriente y caudal de la quebrada la Jaramilla en la zona de estudio.	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Temperatura en (°C) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	34
Figura 2. Variación de la Temperatura (°C) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	35
Figura 3. Estaciones Barrio Cantarito 2, nótese la poca profundidad del agua	35
Figura 4. Humedad Relativa (%) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	36
Figura 5. Variación de la Humedad relativa (%) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	37
Figura 6. En la Estación Barrio el Mirador, el color aparente del agua ha cambiado con respecto a la estación anterior.	38
Figura 7. Potencial de Hidrógeno (pH) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	38
Figura 8. Variación del Potencial de Hidrogeno de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	39
Figura 9. Variación de la Alcalinidad Total (mg/l CaCO ₃) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	39
Figura 10. Alcalinidad Total en mg/l CaCO ₃ de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	39
Figura 11. Variación de la Acidez (mg/l CaCO ₃) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	41
Figura 12. Acidez en mg/l CaCO ₃ de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	42
Figura 13. Sólidos Totales (mg/l) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	43
Figura 14. Variación de los Sólidos Totales (mg/l) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	43
Figura 15. Estaciones Barrio Cantarito 2, obsérvese el color del agua el	

elevado crecimiento de plantas.	44
Figura 16. Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/l O ₂) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	45
Figura 17. Tramo paralelo estación 3. PTAR Municipio de la Tebaida, el agua ha perdido su claridad inicial y se han tornado en grises.	45
Figura 18. Variación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/l O ₂) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	46
Figura 19. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO mg/l O ₂) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	46
Figura 20. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO mg/l O ₂) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	47
Figura 21. Coliformes Totales (UFC /100ml) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	48
Figura 22. Coliformes Fecales (UFC /100ml) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	48
Figura 23. Variación de los Coliformes Totales (UFC /100ml) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	49
Figura 24. Variación de los Coliformes Fecales (UFC /100ml) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	49
Figura 25. Cloruros (mg/l Cl ⁻) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	50
Figura 26. Variación de los Cloruros (mg/l Cl ⁻) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	51
Figura 27. Estación 1, contaminación de la fuente.	51
Figura 28. Estaciones Barrio Cantarito 2.	51
Figura 29. Saturación de Oxígeno (%) Disuelto (mg/l O ₂) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	52
Figura 30. Oxígeno Disuelto (mg/l O ₂) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.	53

Figura 31. Referentes numéricos para obtener la Calidad Hidromorfológica en las 6 estaciones de la zona de estudio, aplicando los protocolos CERA-S. 60

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Valoración Protocolos CERA – S.	67
Anexo 2. Variación de la Temperatura en los meses de estudio Según www.accuweather.com/regional	71
Anexo 3. Tabla 20. Coordenadas geográficas, altitud, ancho, profundidad, velocidad de la corriente y caudal de la quebrada la Jaramilla en la zona de estudio.	73
Anexo 4. ANOVA 2011- 2012, STATISTICA 7, Statsoft Inc, 1984 – 2004).	74
Anexo 5. Testimonio Fotográfico áreas de estudio.	81

INTRODUCCION

El agua forma parte de todos los procesos naturales de la tierra, por lo que tiene un gran impacto en todos los aspectos de la vida. Debido a que cada organismo depende de ésta, se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de la historia. Debido a la falta de cultura socioambiental a nivel global, uso inadecuado y manejo, este recurso es más vulnerable y escaso en los últimos años, limitando su uso.

La mayoría de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas a nivel superficial están alterados desde sus características físicas, químicas, y microbiológicas, por efecto de la disposición de residuos líquidos y sólidos, domésticos, agrícolas e industriales, incrementado las enfermedades de origen hídrico, la desnutrición, el crecimiento económico reducido, la inestabilidad social, los conflictos por su uso y los desastres ambientales, por lo que es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y conocer el uso de tecnologías o factores que afectan su calidad.

Se estima que sólo cerca de un 5% de las aguas residuales reciben algún tratamiento y que el 50% de los desechos sólidos producidos son dispuestos directamente en fuentes de agua (Mejía, 2005), también presiones de tipo socio ambiental como el desmonte extensivo de tierras, el pastoreo de ganado, la agricultura y el desarrollo urbano e industrial han conducido a la degradación sustancial de las condiciones de las riberas, del hábitat interior de los ríos y de la calidad del agua en muchos arroyos y ríos (Kennard et al. 2006).

De acuerdo con lo anterior, las fuentes de agua superficial son ejes vitales de desarrollo de los seres humanos, ya que éstas permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas. En general las aguas superficiales están sometidas a **contaminación natural** (arrastre de material particulado y disuelto y presencia de materia orgánica natural – MON -) **y de origen antrópico** (descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, ganaderos, actividades como transporte terrestre, fluvial y marítimo de sustancias peligrosas o petróleo, aguas de extracción minera, residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios o directamente en éstas) (Torres et al., 2009).

Por tanto es importante determinar el grado de contaminación existente, identificar su origen, evaluar su procedencia y así mismo caracterizar que tipo de contaminantes y tecnologías están causando este fenómeno, para así satisfacer las necesidades y requerimientos de la población, mejorando sus condiciones de vida y salud, impulsando de esa forma el desarrollo de la región. El estado actual

de las fuentes nos ayuda a concebir ideas correctivas eficaces para el cuidado del recurso y medidas urgentes desde el estado para divulgar de manera puntual que ha pasado en el transcurso de los años, con el aumento de la población. Es de anotar que la Quebrada La Jaramilla se encuentra ubicada en el municipio de la Tebaida donde los vertimientos de uso doméstico en la zona urbana estudiada, generan contaminación a la fuente, por tanto este estudio estimula o incentiva a la búsqueda de estrategias para el cuidado del recurso por su cercanía a la población y al monitoreo de las demás fuentes ya que en estudios previos realizados por la Alcandía en este municipio, han coincidido en los resultados que las fuentes hídricas de este municipio se encuentran con un elevado nivel de contaminación.

RESUMEN

En los periodos comprendidos entre los meses de septiembre, noviembre, y diciembre de 2011 y entre los meses de enero febrero y marzo de 2012, se realizó un estudio para evaluar el estado actual de la calidad del agua de la quebrada la Jaramilla a través de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en la zona urbana del municipio de la Tebaida departamento del Quindío. Para ello, se establecieron 6 puntos de muestreo ubicados en zonas estratégicas de alto valor ecosistémico, social y ambiental. En cada estación se tomaron muestras para el análisis de calidad del agua. Las variables escogidas para realizar este análisis de resultados, evidencian la composición típica residual doméstica que interviene en la calidad de la quebrada. Se analizaron los siguientes parámetros: Temperatura (°C), Humedad Relativa (%), Turbiedad (FAU), pH(potencial de hidrógeno), Alcalinidad total (mg/l CaCO₃), Acidez total (mg/l CaCO₃), Cloruros (mg/l Cl), Conductividad (μ mhos / cm), Dureza Total (mg/l CaCO₃), Sólidos Totales (mg/l), Sólidos Suspendidos (mg/l), Oxígeno disuelto (mg/l O₂), Saturación de Oxígeno (%), Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l O₂), Demanda Química de Oxígeno (mg/l O₂), en cuanto al análisis microbiológico el grupo Coliforme fue el escogido ; Coliformes totales y fecales (UFC / 100 ml).

En cuanto a la evaluación de la calidad del agua de la Quebrada la Jaramilla, se emplearon los índices de contaminación acuática (ICA) y finalmente la valoración biofísica fue hallada a través del empleo de los protocolos CERA; Acosta et al. 2009, (Apartado de Pardo et al., 2002), siendo éstos los puntos de partida para la utilización de los Indices de Calidad de la Vegetación de la Ribera Andina y de la Calidad del hábitat fluvial, para obtener la calidad Hidromorfológica de la fuente.

Para la valoración del estado actual de las zonas de autodepuración de la corriente se utilizó la metodología propuesta por Whipple et al., 1954; reportado por Branco (1984).

Palabras clave: Calidad del agua, índices de contaminación acuática, Valoración del estado biofísico, Zonas de autodepuración.

ABSTRACT

In the periods between the months of September, November, and December 2011 and between the months of January, February and March, 2012, we conducted a study to assess the current status of water quality of the creek the Jaramilla through physical, chemical and microbiological in urban area of the municipality Quindio Thebaid. To this end, established six sampling points located in strategic areas of high value ecosystem, social and environmental. Each station was

sampled for water quality analysis. The variables chosen to realize this analysis of results, show typical domestic wastewater composition involved in the quality of the creek. The following parameters were analyzed: Temperature ($^{\circ}$ C), relative humidity (%), Turbidity (FAU), pH (potential of hydrogen), total alkalinity (mg / l CaCO₃), total acidity (mg / l CaCO₃), chlorides (mg / l Cl), conductivity (μ mhos / cm), Total Hardness (mg / l CaCO₃), Total Solids (mg / l) Suspended Solids (mg / l), dissolved oxygen (mg / l O₂), oxygen saturation (%), Biochemical Oxygen Demand (mg / l O₂), Chemical Oxygen Demand (mg / l O₂), in terms of microbiological analysis Coliform group was chosen, total and fecal coliforms (Cfu / 100 ml).

Regarding the evaluation of the water quality of the Jaramilla Quebrada were used water pollution indexes (ICA) and finally Biophysical evaluation was found through the use of protocols WAX - S; Acosta et al. 2009, (PO Pardo et al., 2002), being these the points of item for the for the use of quality indices of riparian vegetation and habitat quality Andean river for hydromorphological quality of the source.

To evaluate the current state of self-cleansing areas of the stream was used the methodology proposed by Whipple et al., 1954; reported by Branco (1984).

Keywords: *Water quality, water pollution indices, evaluation of biophysical autodepuration zones.*

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La situación y/o daño ambiental en la Quebrada la Jaramilla, municipio de la Tebaida esta dado por la acumulación de vertimientos, generando contaminación, ya que antes de recibir descargas de origen urbano, conducidas a través del alcantarillado la quebrada presenta características corrientes naturales.

1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los efectos que desencadena la acumulación de desechos domésticos sobre el agua de la Quebrada La Jaramilla Municipio de la Tebaida, Departamento del Quindío?

1.2. ANTECEDENTES.

Según el Plan Nacional Ambiental, citado por el Ministerio del medio ambiente en sus lineamientos de política para el manejo integral del agua (1996), afirma que situación económica y sociocultural de gran parte de la población colombiana induce a consumir intensamente los recursos naturales y no permite acceder fácilmente a tecnologías con las que podría mejorar su ingreso sin deteriorar el medio natural, para este caso, el recurso hídrico. La ausencia de una cultura del agua en Colombia ocasiona un aumento de la problemática ambiental y sea obligatoria la divulgación en el sistema social de este flagelo ya que no solo los ecologistas, biólogos y ONG's e instituciones medioambientales tienen la responsabilidad ciudadana de entender que la contaminación hídrica impacta fuertemente tanto al sistema natural como al hombre en su diario vivir.

Por tanto es importante entender que el recurso agua es un derecho fundamental el cual se ha visto vulnerado a través del tiempo. Por este motivo dentro del Plan de las Naciones Unidas para el desarrollo "PNUD Colombia"; tiene como objetivo principal dentro del programa de medio ambiente y energía, promover la sostenibilidad ambiental (Objetivo del Milenio N°7), como un factor de mitigación de la pobreza en Colombia donde una de sus metas es reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento (www.pnud.org.co).

En cuanto al Departamento del Quindío, pese a la reducción en 6,5 puntos porcentuales registrada entre 2009 y 2010 en sus índices de pobreza "es evidente que el esfuerzo para aproximarse a la meta al 2015 de reducir este índice al 28,5%, según CONPES social 140 de 2011, debe ser muy grande; y aún así no la alcanzará". Esta seria aseveración proviene del estudio realizado entre la gobernación del Quindío y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Pnud, en el que se consigna el estado de avance del cumplimiento de los Objetivos del Milenio (Versión preliminar Plan de Desarrollo, departamento del Quindío, 2010 – 2015).

Adicionalmente otros aspectos de orden social e institucional que limitan la gestión integral del recurso son: la falta de aplicación articulada de instrumentos de gestión y control, la reducida investigación que ha redundado en una base científica, un sistema de información insuficiente y las dificultades de la administración pública para afrontar y orientar soluciones concretas a los problemas ambientales. También cabe anotar la deficiente coordinación interinstitucional y desconocimiento del comportamiento físico natural de los recursos hídricos. En Colombia es relativamente poco el conocimiento que se tiene acerca de los estudios limnológicos. La mayor parte de las investigaciones se han realizado en el departamento de Antioquia por Roldán et al (1973) quienes efectuaron un estudio comparativo de los efectos de la contaminación doméstica e industrial sobre la fauna béntica del río Medellín. Trabajos similares han sido realizados por Caicedo y García (1971), Gaviria y Rodríguez (1983) en el río Bogotá, Cubillos y Gallego (1970), Zúñiga (1986), Rojas et al (1993) sobre los ríos Cauca y Cali, Arias y Zúñiga (1994) en el Valle del Cauca.

En cuanto a estudios de calidad fisicoquímica en función de índices ambientales se destacan los siguientes: Morales (1984) para el río Medellín, Rojas (1991) en el río Cauca, Viña et al (1997) para la zona de influencia del oleoducto Cusiana Coveñas, Quintero y Rojas (1987) en los departamentos de Cauca, Valle y Risaralda).

Para el departamento del Quindío, se tiene referencia de estudios limnológicos en cuanto al recurso hídrico, tales son; Bustamante, et al. (2008), realizaron un análisis de la calidad del agua en la Cuenca media del Río Quindío con base en índices físicos, químicos y biológicos, también estudiaron de manera preliminar la composición y abundancia de la comunidad de microalgas asociadas al perifiton del Río Quindío. Con relación a la quebrada la Florida Arango y Becerra, (1996) evaluaron el impacto ambiental y ecológico de la misma en el municipio de Armenia.

El Grupo CIDERA y EINEDAR (Integrantes del proyecto: (Monsalve E, Urrutia M) de la Facultad de Ingenierías de La Universidad del Quindío y de la Universidad del Valle, realizaron una PROPUESTA METODOLOGICA DEL MANEJO INTEGRAL DE DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HIDRICO (Cuenca Río Quindío).

Monsalve y Bustamante (2006), realizaron una determinación de las características e interrelaciones de los componentes del caudal ecológico para el río Quindío en el tramo Boquía – puente Balboa, Armenia - Colombia.

García C, et al. 2007, realizaron un análisis fisicoquímicos y Biológicos comparado en dos quebradas de alta montaña Neotropical, Se analizaron características físicas, químicas y biológicas (fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados y peces) de las quebradas Doña Juana y Villa Paola afluentes de tipo secundario del río Quindío, Alto Cauca.

García C, et al. 2008, realizaron un estudio de las Variables fisicoquímicas y biológicas de la quebrada San José, afluente del río Otún, Alto Cauca, Colombia, donde se aplicaron los índices de diversidad: alfa Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou.

García et al, 2010, realizaron una Caracterización fisicoquímica y biológica del río Roble, Alto Cauca, occidente de Colombia, para determinar las diferencias diarias y estacionales, así como la productividad y el estado trófico del río Roble, afluente del río la Vieja.

Así mismo Marín en el 2012, realizó un análisis de variables fisicoquímicas y biológicas del Río Portugal de Piedras, Alto Cauca, Colombia, valores que arrojaron características de un ecosistema de buena calidad con grado medio de contaminación por materia orgánica.

Los índices de contaminación de acuática (ICA) propuestos por Ramírez y Viña (1998); citados por Bustamante et al. (2008); Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS); han sido utilizados para el análisis de la calidad del agua, en algunas fuentes del departamento del Quindío, como los reportados por: Bustamante et al.(2008); Monsalve y Bustamante (2006); Giraldo et al. (2005); y Obando, Nadia en el (2009).

La valoración biofísica e Hidromorfológica de algunas fuente del departamento del Quindío, han sido estudiadas por Bustamante et al. (2008), Obando, Nadia en el (2009), Marín, Nidia en el (2009), a través de los índices de calidad ecológica de ríos andinos (Acosta et al. 2009); como lo son: la Evaluación del hábitat fluvial (IHF) y la comunidad vegetal de ribera (QBR-And).

Por tanto es de vital importancia la realización de estudios en calidad de agua, enfocados al fortalecimiento de estrategias acordes con las políticas medio ambientales dando en conjunto una adquisición de conocimiento eficaz que lleve al Departamento del Quindío a un enfoque holístico de la complejidad del recurso agua a nivel socioeconómico y ambiental puesto que el agua nos lleva a ser ambientalmente sostenibles y genera en cada individuo sea científico o persona natural ,una responsabilidad ciudadana y ambiental que trascienda en el desarrollo de la región.

El estado actual de cada fuente hídrica en el Quindío nos lleva a tener un diagnóstico de la situación actual, pasada, presente y futura de la región, ya que el sistema natural y sistema social se complementan, donde el objetivo es crear estrategias de desarrollo humano en la región.

En cuanto al diagnostico de la calidad del agua por medio de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en la Quebrada la Jaramilla tenemos:

El Estudio de Bioindicadores de la Calidad del Agua en la quebrada la Jaramilla, La Tebaida – Quindío, realizado en el 2004, por Jhon Jader Rivera Usme, Diana Marcela Mejía Rodríguez, de la Universidad del Quindío, Facultad de educación, Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental.

Lozano et al (2003) realizaron una modelación de la Quebrada cristales; como parte de este estudio tomaron muestras de algunos parámetros fisicoquímicos en la desembocadura de la Quebrada La Jaramilla, siendo este el único registro para esta fuente. El Río Quindío, el Río Roble y la quebrada Cristales son dentro del contexto social, económico y político del departamento del Quindío tres de sus corrientes hídricas superficiales más importantes. La implementación de un modelo de simulación de calidad del agua en estas corrientes, ha sido una valiosa herramienta en la planificación del recurso hídrico del departamento.

Se realizó un Informe de Caracterización del Municipio de la Tebaida, titulado Diagnóstico social Municipio de la Tebaida, Gladys Marina Acero Ruiz Coordinadora Social Consorcio Ana Milena Aristizábal – Essere Ltda, éste consistió básicamente en aforos y muestreos de las descargas de aguas residuales a las corrientes superficiales, matadero y planta de tratamiento existentes en el municipio.

En cuanto al conocimiento de la comunidad sobre los componentes involucrados en el tema de contaminación de los recursos hídricos, se realizó un diagnóstico social en el Municipio de La Tebaida, por Gladis Marina Acero Ruiz, Coordinadora Social Consorcio y Ana Milena Aristizabal de Essere Ltda, donde se concluyó lo siguiente:

✓ Naturaleza y composición del agua residual

La comunidad tiene un conocimiento general más no técnico, sobre la naturaleza y composición del agua residual y su efecto sobre la vida humana y la vida del municipio.

✓ Componente jurídico.

La comunidad desconoce casi en su totalidad la normatividad existente sobre el tema de aguas residuales y contaminación hídrica y qué mecanismos son empleados por el gobierno para ejercer dicho control. Consideran igualmente que la CRQ es el ente encargado de vigilar, controlar y hacer toda conservación de las quebradas.

✓ Componente institucional.

Aunque hay un mediano conocimiento sobre las instituciones involucradas en el tema, poseen información incompleta sobre las funciones que cada entidad desarrolla en el municipio.

La CRQ en su proyecto ajuste plan de acción 2007 – 2011, realizó LA DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO

EN EL MARCO DE LA CUENCA DEL RIO LA VIEJA donde se realizó un análisis fisicoquímico y bacteriológico de las descargas de los vertimientos líquidos provenientes principalmente de las actividades domésticas, comerciales o industriales directamente al río la vieja y a las fuentes que lo drenan entre ellas la Quebrada La Jaramilla.

El Plan de Manejo Ambiental del departamento del Quindío, posee un componente vital llamado **PLAN DEPARTAMENTAL DE AGUAS DEL QUINDIO** que buscó identificar y caracterizar las actividades que pueden producir efectos sobre el medio ambiente y establecer las medidas ambientales de control, adecuadas durante las etapas de los potenciales proyectos de saneamiento que se desarrollaron en: Acueducto, Alcantarillado y Aseo, contemplados dentro del Plan General Estratégico de Inversiones 2009-2010.

En cuanto al municipio de la Tebaida, la Alcaldía Municipal, realizó un estudio para las fuentes hídricas del municipio (ver Tabla 1), donde la Quebrada La Jaramilla esta en un alto estado de contaminación.

Tabla 1. Estado de Contaminación de Las fuentes hídricas en el Municipio de la Tebaida.

Estado de Contaminación	Extensión Recorrida	Nombre
Alta	18 Km.	Quebrada La Jaramilla
Media	4 km	Quebrada La Tulia
Baja	4km	Quebrada el Cántaro
Media	12 Km.	Quebrada Padilla
Alta	18 Km.	Quebrada Cristales
Alta	16 Km.	Río Espejo
Alta	12 Km.	Río la Vieja

Fuente: Plan Territorial de salud 2008 – 2011, Departamento del Quindío, Alcaldía Municipal de la Tebaida.

En la tabla 2 se hace referencia al factor de contaminación y/o impacto ambiental ocasionado por presencia de viviendas dentro del área de protección de la Quebrada La Jaramilla.

Tabla 2. Contaminación originada por la presencia de viviendas dentro del área de protección de la Quebrada la Jaramilla en el Municipio de La Tebaida.

Impacto Ambiental	Ubicación
<p>Presencia de viviendas dentro del área de protección de la Quebrada.</p>	<p>En el área del puente la Jaramilla entre el barrio Portal de Anapoima y la Alhambra se encuentra ubicada una caballeriza y un alojamiento temporal a 2 metros del cauce de la quebrada.</p> <p>En el barrio la Alambra entre las calles 7ª y 8ª se encuentran ubicadas 4 viviendas en el área de protección de la quebrada a 4 metros del cauce.</p> <p>La instalación de un kiosco el cual es habitado por una persona sobre el área de protección de la quebrada en la calle 12 entre carrera 5ª</p> <p>Detrás del Matadero Municipal se encuentra ubicadas 3 viviendas sobre el área de protección de la quebrada.</p> <p>En el barrio la Estación entre la calle 13 y el camino viejo a la Estación se encuentra ubicada 1 vivienda sobre el box Coulvert.</p> <p>En el barrio Los Alpes existe una vivienda que no fue reubicada por el sismo del pasado 25 de enero de 1999, la cual se encuentra ubicada en zona de alto riesgo.</p>

Fuente: Plan Territorial de salud 2008 – 2011, Departamento del Quindío, Alcaldía Municipal de la Tebaida.

Debido a la cercanía de la Quebrada a la zona urbana, el vertimiento de las aguas residuales domésticas es evidente, ésta se ha convertido en un “caño”, fuente de contaminación y malos olores, donde el problema ambiental que se describe es causado por la falta de mitigación ambiental según Rivera et al.,(2004), en temas como: tecnologías amigables con el medio ambiente, conciencia ambiental, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para las empresas y fincas aledañas, alteración del paisaje por deforestación, incumplimiento de los Decretos ambientales, Sistema de certificación no vigente o ausente en las empresas aledañas a la fuente hídrica, ausencia de un SIGAM (Sistema de Gestión Ambiental), falta de auditoría ambiental por parte de La Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) por incumplimiento de normas en pozos sépticos en las fincas al sobrepasar el área de protección de la quebrada, falta de Programas de reforestación que mitiguen el impacto ambiental produciendo sobreexplotación de los bienes ambientales como agua, suelo y aire, ofertas ambientales para procesos turísticos sin control ambiental, falta de estudios ambientales en esta zona para la recuperación de la fuente hídrica y aledaños, introducción de especies foráneas de interés agrícola. Por tanto la cultura ambiental en esta zona urbana se debe fortalecer para concientizar tanto a la Alcaldía como a la sociedad civil de la importancia del recurso agua en el desarrollo ambiental de la región.

Con este planteamiento se justifica la importancia de estudiar el estado actual de esta microcuenca tan importante para este municipio, el cual permite identificar y determinar la calidad de la quebrada por medio de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los puntos anóxicos sin zonas de recuperación (Zona de aguas limpias) por vertimientos de Aguas Residuales Domésticas (ARD) en la quebrada, también se emplean los índices de contaminación acuática (ICA) e Índices Hidromorfológicos (índice de la calidad de la vegetación de Ribera Andina (QBR – And) y el índice de la Evaluación de la Calidad del Hábitat fluvial) en la evaluación de la calidad del agua de Quebrada la Jaramilla, donde éstos Índices no han sido utilizados en esta fuente de allí su importancia para la generación de conocimiento investigativo.

También se pretende sugerir medidas correctoras, de gran importancia para mitigar el impacto ocasionado a la quebrada enfatizando la preservación de las zonas de autodepuración de la misma.

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia, los Recursos Naturales son propiedad de la Nación, y su administración corresponde en el nivel regional a las Autoridades Ambientales mediante acciones y procedimientos que van desde el otorgamiento de autorizaciones, concesiones, licencias y/o permisos, la imposición de sanciones hasta el incumplimiento de la normatividad ambiental. También son organismos facilitadores para la concesión de aguas para su uso, aprovechamiento y el permiso de vertimientos, así mismo, describe las funciones de control y seguimiento ambiental y el ejercicio de la facultad coercitiva de estas entidades ambientales. Debido a la problemática de contaminación en gran parte de los sistemas fluviales del país se han realizado estudios que en su mayoría se enfocan hacia el impacto ambiental y la evaluación de la calidad del agua (Urrego y Ramírez, 2000).

El Ministerio del Medio Ambiente en el 2002 afirmó que, desde décadas, el inadecuado manejo del “Sistema de Gestión Municipal” (SIGAM) desde las administraciones municipales y corporaciones autónomas hacen que no se tenga una visión regional ambiental, en consecuencia sus planes carecen de integralidad en la mirada del territorio, situación que dificulta la atención de problemáticas municipales, para evitar impactos y el deterioro ambiental en las regiones. Se hace necesario esclarecer el compromiso de la administración y entender la gran importancia en este caso del recurso agua en nuestra vida cotidiana a nivel primario (contacto directo) y secundario (contacto indirecto), que este recurso, es esencial para nuestra existencia y esto hace en gran medida que halla una elevada utilización del recurso. Es necesario establecer programas cuyo fin sea mejorar la calidad ambiental alrededor de las fuentes hídricas, por lo que debe existir un conocimiento previo lo mas completo posible del estado de las fuentes.

El Departamento del Quindío como punto estratégico del Eje Cafetero, zona turística, ejerce un gran desgaste ambiental, La Corporación Autónoma Regional del Quindío, CRQ, en desarrollo del Decreto 1200 de 2004 presenta el Plan de Acción Trienal - PAT 2007-2011, como el principal instrumento de planificación ambiental que le permitirá a la institución aunar esfuerzos y recursos para la administración de los recursos naturales y mejoramiento de las condiciones ambientales del territorio, en beneficio de la población urbana y rural del Departamento del Quindío (CRQ, 2009).

El Municipio de la Tebaida cuenta con pocas fuentes para su abastecimiento diario, de allí la gran importancia de este estudio. El municipio cuenta con los siguientes recursos hidrográficos: Río Espejo, Quebrada Cristales, Río La Vieja, La Tulia y La Jaramilla, de las cuales según estudios realizados por la Alcaldía del Municipio en el 2009, reportado en el Plan territorial de salud 2008 – 2011, acerca del estado de la contaminación de las fuentes hídricas del municipio, arrojó datos de una alta contaminación de sus aguas por vertimientos residuales domésticos en la zona urbana.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados, el presente estudio permitió medir por medio de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, índices de calidad del agua y ribereños, el estado actual de la quebrada que es perturbada por el permanente deterioro ambiental, observado en la quebrada, teniendo como base los estándares internacionales, de manera tal que ofrecerá a los organismos competentes información técnica fiable que permita la planeación estratégica más consistente de los planes de desarrollo municipales y regionales. Además brinda elementos de juicio a las autoridades competentes para tomar decisiones con miras a su conservación y restauración.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua de la Quebrada la Jaramilla del Municipio de La Tebaida en el Departamento del Quindío mediante la utilización de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la zona urbana de la Quebrada la Jaramilla, municipio de la Tebaida, Departamento del Quindío.
2. Valorar el estado actual de las zonas de autodepuración de la quebrada.
3. Emplear los índices de contaminación acuática (ICA) en la evaluación de la calidad del agua de Quebrada La Jaramilla.
4. Valorar el estado biofísico de la quebrada empleando los índices de la calidad de la vegetación de Ribera Andina (QBR – And) y el índice de la Evaluación de la Calidad del Hábitat fluvial.

4. MARCO CONCEPTUAL

La contaminación de las aguas continentales es un fenómeno que ha acompañado al hombre desde sus orígenes, o por lo menos, desde que abandono los hábitos de simple cazador y recolector de vegetales para dedicarse a la deforestación y la agricultura. Según Hynes (1960), estas actividades humanas incidieron directamente sobre la composición y características de las aguas de los ríos y lagos. Posteriormente con el surgimiento de las ciudades y el drenaje de sus aguas servidas se empezaron a sentir realmente los efectos de orden ecológico y sanitario (OEA, 1984).

Roldán (1992) afirma que la contaminación provocada por el hombre, coloca en peligro la vida acuática debido al exceso de carga orgánica que agota el oxígeno y la presencia de sustancias tóxicas y metales pesados. Por otro lado la agricultura moderna se ha convertido en una de las más graves amenazas para la vida en el agua y para la salud humana. Miles de kilómetros cuadrados de cultivos son a diario rociados en el mundo con todo tipo de sustancias tóxicas a base de fósforo, cloro y mercurio, algunas de las cuales se acumulan, en último término, en las cadenas alimenticias, colocando en peligro la salud del hombre, los animales y las plantas, incluyendo graves malformaciones genéticas. Igualmente, el uso masivo de abonos para fertilizar los terrenos de cultivo está causando graves problemas de eutrofización en lagos, embalses y ríos. Como consecuencia de ello, proliferan las algas y los arvenses acuáticos, lo que a su vez provoca cambios drásticos en la fisicoquímica del agua.

El problema de la contaminación no es un fenómeno reciente, entre sus principales causas está el desarrollo de la industria y la tecnología moderna. En el caso específico de las aguas residuales, se generan condiciones bastante desfavorables que perjudican la calidad del agua, la flora y la fauna normal que se presente en un determinado cuerpo de agua (Zúñiga, 1996).

El crecimiento de población y el proceso acelerado de desarrollo en América Latina impone grandes exigencias al manejo de los recursos hídricos. Evidentemente existen muchas características que condicionan la adopción de decisiones en el uso del agua y que en diversos grados, la diferencias de otras regiones, como por ejemplo, la etapa de desarrollo en que se encuentra la dotación de recursos, la cultura, los sistemas políticos y la falta de proyección en la valoración socio - económico y ambiental de los proyectos por las instituciones encargadas como veedoras en cuanto a la mitigación de los impactos generados al recurso agua.

4.1. CALIDAD DEL AGUA

La preservación de la integridad de las fuentes de agua, entendida como el mantenimiento de su estructura y función, implica conservar el balance natural de

sus condiciones químicas, físicas y biológicas como un todo. Aunque determinar el estado ambiental de los ríos y quebradas es difícil, para protegerlos o restaurarlos es fundamental conocer su estado actual, particularmente cuando la condición de referencia de las corrientes se desconoce y éstas han estado sujetas por largo tiempo a perturbaciones antropogénicas (EIA, 2008).

A continuación se conceptualizan los parámetros fisicoquímicos de importancia para este estudio, teniendo como referencia teórica y analítica a los siguientes autores: RAS, (2000); Roldán (1992); Orozco et al. (1985); APHA WWA (1992); McJunkin (1986), Metcalf & Eddy (1997), Hernández et al. (1996), Rojas, Olga (1977) y Decreto 1594 de Junio 26 de 1984 (Acodal, 1990).

4.1.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)

Mide la cantidad de materia orgánica degradable mediante microorganismos en presencia de oxígeno. Los mayores valores de DBO se presentan con concentraciones superiores a 2000 mg/l, porque se puede decir que está es un agua residual con un nivel de calidad de acuerdo al grado de contaminación “fuerte – muy deficiente”.

4.1.2. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La DQO Es la cantidad de oxígeno que consume las sustancias o materiales orgánicos reductores presentes en el agua sin la intervención de microorganismos. Esta prueba al igual que la DBO y COT, es ampliamente usada para medir el grado de polución de aguas residuales ya sean domesticas o industriales.

4.1.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH).

Este parámetro que mide la concentración de iones hidrógeno (H^+) u hidronio H_3O^+ , e indica si el medio acuoso es ácido o básico. Los valores medios obtenidos, están en el rango de 7.0 a 7.4, donde de acuerdo al Decreto 1594 de 1984 el pH óptimo para cualquier forma de vida y para realización de diferentes procesos físicos y químicos debe estar entre 6.4 a 9.0.

4.1.4. TEMPERATURA

Este parámetro es importante en las aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, ya que esta afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación del oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial.

4.1.5. FÓSFORO TOTAL

Este parámetro es esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Las formas más comunes de fósforo, que pueden ser utilizadas por los metabolismos

biológicos y que son de importancia son los ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos expresados como PO_4^{-3} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$ y H_3PO_4 . Aunque las diferentes formas de ortofosfatos cambian con el pH, el HPO_4^{-2} es la forma más común de fósforo presente en las ARD.

4.1.6. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

El contenido de sólidos en el agua afecta directamente la cantidad de lodo que se produce en el sistema de tratamiento o disposición. Teóricamente, los sólidos totales contenidos en las aguas son los residuos secos de los productos disueltos y suspendidos, que las aguas poseen en el momento de tomarse la muestra para análisis.

4.1.7. ACIDEZ

La acidez de un agua es la capacidad cuantitativa de neutralizar una base fuerte a un pH de 8.2, su efecto corrosivo en las aguas residuales es de gran importancia. Podemos decir que la acidez es causada por CO_2 (dióxido de carbono) disuelto en el agua, pero también puede ser causado por muchos desechos industriales, especialmente aquellos de la industria metalúrgica, desechos de minas etc.

4.1.8. COLIFORMES TOTALES

La presencia de Coliformes es tomada como indicativo de la posible presencia de organismos patógenos en el agua. El grupo Coliforme de bacterias incluye al género *E.coli*, al igual que a otras numerosas bacterias originadas en las descargas fecales o provenientes de muchas fuentes no fecales (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* y *Citrobacter*), es un grupo utilizado en la evaluación de la calidad sanitaria del agua potable y su alta proliferación en las aguas residuales nos arrojan datos del potencial toxicológico ambiental directo que pueden ocasionar si su ingesta se realiza, o a nivel indirecto si lo existe.

4.1.9. OXIGENO DISUELTO

En los desechos líquidos, el oxígeno disuelto es el factor que determina si los cambios biológicos son efectuados por organismos aeróbicos o anaeróbicos. Los primeros usan el oxígeno para la oxidación de la materia orgánica e inorgánica y originan productos finales inocuos, mientras que los últimos efectúan tales oxidaciones a través de la reducción de ciertas sales inorgánicas tales como los sulfatos y los productos finales son a menudo muy perjudiciales, como ambos tipos de organismos se encuentran por doquier en la naturaleza, es muy importante que las condiciones favorables de los organismos aeróbicos se mantengan, o de otra manera, los organismos anaeróbicos se desarrollan dando origen a condiciones difíciles de aquí que las mediciones del oxígeno disuelto sean indispensables para conocer y procurar el mantenimiento de las condiciones aeróbicas en las aguas naturales que reciben materia contaminante y en los

procesos de tratamientos aeróbicos proyectados para purificar desechos domésticos e industriales.

4.2. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN ACUÁTICA (ICA) PROPUESTOS POR VIÑA Y RAMÍREZ (1998).

El propósito de los (ICA), es simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua (ver Tabla 3).

4.2.1. INDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN (ICOMI)

Expresado en numerosas variables, de ellas elegidas la conductividad como reflejo de los sólidos disueltos, dureza por los cationes calcio y magnesio y alcalinidad por los aniones.

4.2.2. INDICE DE CALIDAD POR MATERIA ORGÁNICA (ICOMO)

Se expresa en diferentes variables que incluyen: nitrógeno amoniacal, nitritos fósforo, oxígeno, DBO, DQO y Coliformes totales y fecales principalmente. Algunas otras variables cuya medición es menos frecuente como materia orgánica, dióxido de carbono, metano y ácido sulfhídrico, también pertenecen a este grupo. Se seleccionaron DBO y Coliformes totales, ya que estas reflejan fuentes diferentes de contaminación por materia orgánica, así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del sistema ante este tipo de polución.

4.2.3. INDICE DE CALIDAD POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS)

Determinado mediante la concentración de los sólidos suspendidos.

Tabla 3. Rango de categorías para la concentración de los ICA (ICOMO; ICOMI e ICOSUS)

RANGO	CONCENTRACIÓN	INDICADOR
0.0 – 0.2	Muy baja	Muy buena
0.2 – 0.4	Baja	Buena
0.4 - 0.6	Media	Media
0.6 – 0.8	Alta	Mala
0.8 – 1.0	Muy alta	pésima

4.2.4. INDICE DE CONTAMINACIÓN TRÓFICO (ICOTRO)

Se determina por la concentración del fósforo total (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de contaminación trófica (ICOTRO)

CONCENTRACIÓN (PO ₄)	CATEGORIA	INDICADOR
< 0.01mg/l	Oligotrófico	AZUL
0.01 mg/l - 0.02 mg/l	Mesotrófico	AMARILLO
0.02 g/l – 1.00 mg/l	Eutrofia	NARANJA
>1.00 mg/l	Hipereutrofia	ROJO

4.3. ÍNDICES HIDROMORFOLÓGICOS

4.3.1. ÍNDICE DE LA CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINA (QBR – AND)

Este índice se centra en aspectos fundamentales de la vegetación ribereña, así:

- ✓ Se relaciona con el grado de cobertura vegetal del corredor ribereño y destaca el papel de la vegetación como elemento estructural del ecosistema de ribera.
- ✓ Analiza la complejidad de la vegetación, teniendo en cuenta su estructura vertical.
- ✓ Establece el número óptimo de especies arbóreas analizado.
- ✓ Evalúa la naturalidad del canal fluvial.

Tabla 5. Rango de Calidad del Índice QBR – And.

Puntuación	Nivel de Calidad	Color representativo
>95	Vegetación de Ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	Azul
76 – 95	Vegetación ligeramente perturbado, calidad buena	Verde
51 – 75	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	Amarillo
26 – 50	Alteración fuerte, mala calidad	Naranja
>25	Degradación extrema, calidad pésima	Rojo

4.3.2. INDICE DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL HÁBITAT FLUVIAL (IHF)

Evalúa la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad que contribuyen a incrementar la diversidad del hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre ellos materiales de origen alóctono y autóctonos.

Tabla 6. Rango de Calidad del Índice IHF.

Puntuación	Nivel de Calidad
>75	Hábitat fluvial óptimo
51 - 74	Hábitat fluvial medianamente diverso
40 – 50	Hábitat fluvial poco diverso
<40	Hábitat fluvial con serias limitaciones

4.4. ZONAS DE AUTODEPURACIÓN DE LAS CORRIENTES ACUÁTICAS

La autodepuración es el proceso de recuperación de un curso de agua después de un episodio de contaminación orgánica, por tanto el interés de preservar las zonas de autodepuración desde la parte social – ambiental. En este proceso los compuestos orgánicos son diluidos y transformados progresivamente por la descomposición bioquímica, aumentando su estabilidad. Cada etapa se caracteriza por su distinta composición física y química. El perfil de la variación de oxígeno disuelto de un río o quebrada en el que se descargan desechos en un tiempo determinado puede dividirse en sectores correspondientes a las distintas etapas del proceso de declinación y recuperación de dicho oxígeno, estos sectores se denominan zonas de autodepuración (Branco, 1984.).

Whipple et al., 1954; reportado por Branco (1984), afirma que la zona de degradación, se inicia en el punto donde se vierten los desechos y termina donde la concentración de oxígeno disuelto disminuye a un 40% del valor de saturación; la zona de descomposición activa, que es la siguiente, se inicia a los 40% de saturación y termina donde la concentración de oxígeno, después de haberse reducido hasta alcanzar valores más bajos (a veces hasta cero) se eleva otra vez a los 40% de saturación: la zona de recuperación, la tercera, se inicia a los 40% de saturación y se extiende hasta el punto donde se alcanza la concentración inicial de oxígeno del río antes de recibir los desechos. De este punto en adelante se extiende la cuarta zona, o zona de aguas limpias.

4.5. MARCO LEGAL

Las dos últimas décadas se han caracterizado por la promulgación de leyes federales básicas sobre medio ambiente, tales como la legislación específica sobre control de la contaminación atmosférica y del agua, la gestión de residuos sólidos y peligrosos, la protección de recursos y la recuperación de suelo y acuíferos. Quizás, la norma más importante haya sido la Ley de la Política Ambiental Nacional de 1969 (National Environmental Policy Act, NEPA) que se hizo efectiva el 1 de enero de 1970. Esta ley fue la primera que se firmó en los años setenta, señalando así la importancia que el medio ambiente habría de tener en dicha década (Kreith, 1973).

En los Estados Unidos se le ha llegado a conocer como la Carta magna del medio ambiente (CEQ, 1993^a). Lo esencial de esta ley, así como en las sucesivas órdenes ejecutivas, directrices y reglamentos del Consejo de calidad Ambiental (CEQ: Council on Environmental Quality) y en los numerosos, procedimientos y reglamentos de las agencias federales que de ella derivan es garantizar que el proceso de toma de decisiones sea equilibrado en lo que respecta al medio ambiente y a su interés público.

La planificación de actuaciones y su proceso de toma de decisiones deben incluir la consideración integrada de los factores técnicos, económicos, ambientales y sociales, así como otros de índole diversa. A las más importantes de estas consideraciones se las conoce como vocales I, E y A (ingeniería o técnica. Económica y ambiente). Antes de la NEPA los factores técnicos y económicos dominaban el proceso de toma de decisiones (Carter, 1998).

De acuerdo a la Ley 99 de 1993 para Colombia, Título VII, artículo 43, se afirma que:

“Las tasas retributivas y compensatorias solamente se aplicarán a la contaminación causada dentro de los límites que permite la ley, sin perjuicio de las sanciones aplicables a actividades que excedan dichos límites”.

“Todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, bien sea para consumo humano, recreación, riego o cualquier otra actividad industrial o agropecuaria, deberá destinar no menos de un % del total de la inversión para la recuperación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimente la respectiva fuente hídrica. El propietario del proyecto deberá invertir este 1% en las obras y acciones de recuperación, preservación y conservación de la cuenca que se determinen en la licencia ambiental del proyecto”.

A pesar de los grandes esfuerzos que los ambientalistas, investigadores, ecólogos y entes gubernamentales realizan por el buen manejo de los recursos naturales especialmente el recurso agua, en el departamento del Quindío existen muchas falencias si vamos a la Ley 99 de 1993, título I (principios generales ambientales), artículo 1 en su numeral 11 afirma que:

“Los estudios de impacto ambiental serán instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial”.

Por defecto esto muchas veces no se cumple y existen pocos antecedentes acerca de la aplicación de los planes de manejo y lo que es más importante, su seguimiento.

Desde marzo de 2012 la alcaldía de Tebaida ha estado realizado ajustes constructivos en varias secciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del municipio, y hasta la fecha no existe un Plan de contingencia para mitigar el impacto ambiental generado por la obra civil, y por la descarga de vertimientos directamente sobre la Quebrada la Jaramilla.

4.5.1. MARCO LEGAL DEPARTAMENTO DEL QUINDIO

En Mayo de 2011 la Corporación Autónoma del Quindío (CRQ), tuvo como objetivo general en la temática “Recurso agua”, ajustar el Factor Regional en el cobro de la tasa retributiva, para los tramos en los cuales no se evidencie el cumplimiento con la meta de reducción de carga contaminante.

El Factor regional (FR) incide directamente en el cobro de la tasa retributiva a las industrias y demás actividades que viertan aguas residuales directamente a los cuerpos de agua del departamento del Quindío. Este factor está compuesto por un coeficiente de incremento de la tarifa mínima (FR=1) y máxima (FR= 5,5) que refleja los impactos causados por los vertimientos de aguas residuales al valor de la tarifa. Así las cargas contaminantes generadas y vertidas serán incrementadas por el Factor Regional al momento de la facturación de la tasa retributiva para los usuarios que incumplen la meta de reducción de carga contaminante (CRQ, 2011).

5. DETERMINACIÓN DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Aguas y Ambiental de la Universidad del Quindío con base en los Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (APHA WWA, 1992). El análisis microbiológico se realizó por medio del método analítico Filtración por membrana en UFC/100ml (Ramírez ,1986) (ver Tabla 7).

Tabla 7. Métodos analíticos para la determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

PARAMETRO	METODO ANALITICO
Físicos	
Temperatura (°C)	Termómetro Ambiental
Humedad Relativa (%)	Termohigrómetro
Velocidad de la Corriente (m/seg)	Distancia x Tiempo
Profundidad de la lámina de Agua (m)	Vara métrica
Caudal (Q)	Método de un objeto flotante
Turbiedad (FAU)	Espectrofotometría (PCspectro Lovibond)
Químicos	
pH(potencial de hidrógeno)	Potenciometría (P marca HACH Sension 3)
Alcalinidad total (mg/l CaCO ₃)	Titulación potenciométrica
Acidez total (mg/l CaCO ₃)	Titulación potenciométrica
Cloruros (mg/l Cl)	Titulométrico con nitrato mercúrico
Conductividad (µmhos / cm)	Conductimetría (electrodo)
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	Titulación con EDTA
Sólidos Totales (mg/l)	Gravimétrico (evaporación 103 a 105 ° C)
Sólidos Suspendidos (mg/l)	Gravimétrico (filtración en fibra de vidrio 103 a 105° C)
Oxígeno disuelto (mg/l O ₂)	Yodométrico (modificación de Azida)
Saturación de Oxígeno (%)	Oxímetro
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l O ₂)	Incubación estándar a 5 días
Demanda Química de Oxígeno (mg/l O ₂)	Reflujo abierto con dicromato.
Microbiológicos	
Coliformes totales y fecales (UFC / 100ml)	Filtración por membrana con chromocult

Fuente: APHA WWA, 1992

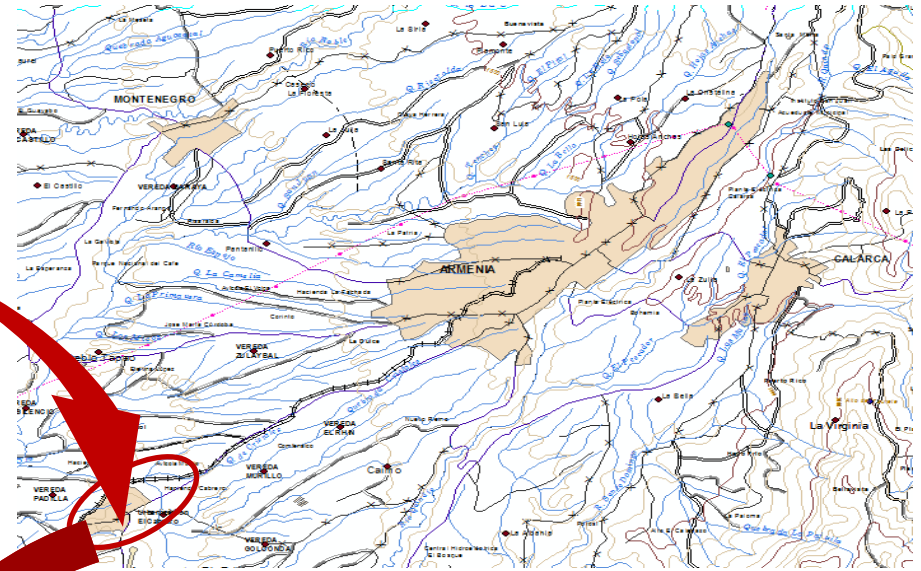
5.1. DISEÑO METODOLOGICO

5.1.1. ZONA DE ESTUDIO



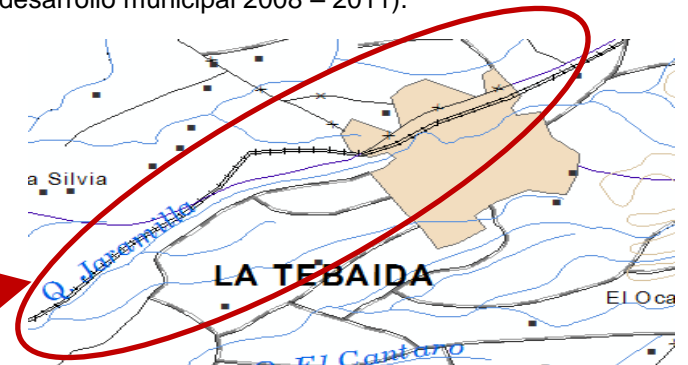
Fuente: Fuente: Cartografía base IGAC, 1:25000. Departamento del Quindío.

El Municipio de la Tebaida se encuentra ubicado al occidente del departamento del Quindío a $4^{\circ} 27'$ latitud norte; su punto más septentrional se ubica en el puesto de policía de Murillo a $4^{\circ} 29' 70''$, al sur a $4^{\circ} 23' 80''$ en el valle de Maravelez donde los ríos Quindío y Barragán forman el río la Vieja, al oriente igualmente en el puesto de Murillo a $75^{\circ} 44' 70''$ y al occidente $75^{\circ} 54' 00''$ en los límites con el departamentos del Valle del Cauca (Plan de Desarrollo 2008 – 2011, Municipio de la Tebaida).



Fuente: Cartografía base IGAC, 1:25000. Mapa Hidrológico del Quindío.

La Quebrada La Jaramilla se encuentra localizada en el Municipio de la Tebaida, al centro - occidente del departamento del Quindío, entre los $4^{\circ} 27' 52'' N$ y $75^{\circ} 46' 02'' W$. Su nacimiento se encuentra en inmediaciones de la vereda El Edén, a una altitud aproximada de 1206 m.s.n.m. para un recorrido total de 11.7 Km (fuente CRQ). La Quebrada recibe los afluentes de la zona urbana del municipio de la Tebaida, ésta cruza humedales, relictos boscosos y senderos de importancia (Plan desarrollo municipal 2008 – 2011).



5.1.1.2. Muestreo.

Los puntos escogidos para el muestreo fueron los siguientes: Barrio Portal de Anapoima (Estación N°1), Barrio El Cantarito1 (Estación N°2), PTAR Tebaida (Estación N° 3), Barrio el Mirador (Estación N° 4), Barrio el Cantarito 2 (Estación N°5 y Estación N°6). Se realizaron Jornadas de muestreo una vez al mes durante un periodo de seis (6) meses: Septiembre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, y Marzo de 2012.

En cada una de las 6 estaciones, se realizaron las descripciones de hábitat fluvial y vegetación ribereña, utilizando los parámetros establecidos por Acosta 2000, igualmente la medición de parámetros in situ como altitud, coordenadas geográficas, humedad relativa, temperatura, velocidad de la corriente, profundidad y ancho de la quebrada.

En cuanto a la Toma y Preservación de las muestras se empleó el protocolo para análisis de aguas, utilizado por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Metrología y Estudios Ambientales, código general 001).

5.1.2. FASE DE LABORATORIO

Para la Caracterización fisicoquímica y microbiológica, se tomaron 2 muestras por cada estación de tipo puntual (APHA WWA, 1992), una por mes, registrando la localización del punto de muestreo y la hora a la que se llevó a cabo la toma de muestras. Para el muestreo del grupo Coliforme; Coliformes totales y fecales (UFC /100ml)), se utilizaron frascos de 200ml de tapa rosca azul previamente esterilizados.

5.2. ANALISIS DE LA INFORMACION

5.2.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

Para cada estación se procesaron variables fisicoquímicas y microbiológicas mediante estadística descriptiva y multivariada (ANOVA).

También cada variable fisicoquímica y microbiológica, fué sometida a un test de Homogeneidad de Varianzas y una prueba de distribución normal para así poder ejecutar un Análisis de Varianza de Una vía. Para las diferencias significativas se empleó el Test de mínima diferencia significativa de Fisher (LSD). Todos los análisis se calcularon empleando el programa STATISTICA 7 (Statsoft Inc, 1984 – 2004) citados por Obando, Nadia (2009) (ver Anexo 4).

5.2.2. HIDROLOGÍA.

Se realizó la determinación del caudal de la quebrada en los sitios de muestreo, en base a información tomada en campo (Anexo 3) utilizado para la valoración de

los protocolos CERA, apartado Tramo (Anexo 2). La precipitación del lugar de muestreo se obtuvo, en base al Boletín Hidrometeorológico de la CRQ, 2011 – 2012.

5.3. ZONAS DE AUTODEPURACIÓN

Las zonas de autodepuración se diagnosticaron de acuerdo al perfil de variación del porcentaje de oxígeno disuelto, siguiendo la dinámica del proceso de autodepuración, citado por Branco (1984).

5.4. CALIDAD DEL AGUA.

Para conocer el estado de la fuente hídrica se utilizaron los siguientes índices contaminación acuática: (ICA), formulados por Viña y Ramírez en 1998, citados por Bustamante, et al. (2008); los cuales se encuentran discriminados a nivel matemático a continuación:

5.4.1. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN (ICOMI)

$$ICOMI = 1/3 (IC + ID + IA)$$

Donde,

- IC, es el índice de Conductividad

$$\text{Log}_{10} IC = - 3.26 + 1.34 \text{log}_{10} C \text{ (uS/cm)}$$

Para conductividades (C) mayores a 270 uS/cm, IC = 1

- ID, es el índice de Dureza

$$\text{Log}_{10} ID = - 9.09 + 4.40 \text{log}_{10} D \text{ (mg/l)}$$

Para durezas (D) mayores a 110 mg/l, ID = 1. Durezas menores a 30mg/l tienen ID = 0

IA, es el índice de Alcalinidad

$$IA = - 0.25 + 0.005 A \text{ (mg/l)}$$

Para alcalinidades (A) mayores a 250 mg/l tienen IA = 1, Alcalinidades (A) menores a 50 mg/l tienen IA = 0

5.4.2. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGANICA (ICOMO)

$$ICOMO = 1/3 (ID_{BO} + IC_{OT} + IO_{\%})$$

Donde,

- ID_{BO}, es el índice de DBO

$$ID_{BO} = - 0.05 + 0.70 \text{Log}_{10} DBO \text{ (mg/l)}$$

Para D_{BO} > 30 mg/l, ID_{BO} = 1. Para D_{BO} < 2mg/l ID_{BO} = 0

- IC_{OT}, son los Coliformes totales

$$IC_{OT} = - 1.44 + 0.56 \text{log}_{10} COT \text{ (NMP/100ml)}$$

Para C_{OT} > 20000 NMP/100ml, IC_{OT} = 1. Si los C_{OT} < 500 NMP/100ml, IC_{OT} = 0.

- O_% es el porcentaje de oxígeno.

$$IO_{\%} = 1 - 0.01 O_{\%}$$

Para O_% > 100%, entonces O_% = 0.

5.4.3. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS)

$ICOSUS = - 0.02 + 0.003 SS \text{ (mg/l)}$

Si sólidos suspendidos (SS) > 340 mg/l, ICOSUS = 1.

Siempre que SS < 10 mg/l ICOSUS = 0

Cada dato numérico obtenido de los **ICA** fue analizado de acuerdo a las tablas Números 3 y 4.

5.5. VALORACIÓN DEL ESTADO BIOFÍSICO

Para la determinación del estado ecológico de cada una de las 6 estaciones delimitadas para muestreo en la Quebrada La Jaramilla, se emplearon los índices hidromorfológicos: Índice de la calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR – And) (Tabla 5), e índice de la Evaluación de la calidad del hábitat fluvial (IHF) (Tabla 6), propuestos por Acosta (2009).

5.7. RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas 8 y 9 y en el Anexo 3, se encuentran los valores fisicoquímicos y microbiológicos encontrados tanto en campo como en el momento de la realización de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos in vitro así como también los resultados de los índices de contaminación ambiental.

TABLA 8. MATRIZ DE DATOS FISICOQUIMICOS OBTENIDOS DURANTE EL ESTUDIO

Estación	Mes	Potencial de Hidrogeno	Alcalinidad Total	Acidez	Dureza Total	Cloruros	Fosfatos	Saturación de Oxigeno	Oxigeno Disuelto	DQO	DBO	Sólidos Totales	Sólidos Totales Suspendidos
1	Sep	7,4	18	16	26	40	1,3	48	4,7	31,5	18,2	187	6
1	Sep	7,3	16	14	28	40	1,8	49	4,9	27,6	18,0	184	5
1	Nov	7,5	30	24	40	4	0,27	34,8	2,6	15,1	11,1	200	6
1	Nov	7,4	28	20	38	3,5	0,25	34,5	2,4	23,7	11,8	212	15
1	Dic	6,0	32	10	40	3,0	0,85	34,8	3,1	21,8	22,1	254	19
1	Dic	7,5	30	16	38	2,5	0,83	30,7	3,0	24,5	22,6	246	15
1	Ene	6,3	48	26	22	38	0,60	58,9	2,0	83,6	45,1	126	24
1	Ene	7,6	44	28	26	37	0,50	58,9	2,2	87,6	49,1	146	43
1	Feb	6,1	44	30	20	38	1,41	55	2,9	276,0	171,4	134	26
1	Feb	7,7	46	28	22	38	1,38	54,4	3,4	286,1	188,5	141	26
1	Mar	6,8	54	16	22	30	0,5	0,0	2,0	29,5	13,0	138	37
1	Mar	7,8	58	22	30	32	0,5	0,0	1,8	22,4	5,6	200	10
2	Sep	7,1	50	24	60	30	0,37	49	4,8	34,3	12,6	173	46
2	Sep	7,1	48	20	50	30	0,37	47	4,7	31,8	17,9	171	48
2	Nov	6,0	42	10	40	38	1,2	0,0	0,8	47,6	57,0	237	24
2	Nov	6,1	38	20	36	34	1,3	0,0	0,7	49,7	58,0	246	42
2	Dic	6,0	42	20	50	38,5	2,4	0,0	0,7	31,4	20,3	262	38
2	Dic	6,0	46	16	48	36,5	2,2	0,0	0,6	33,8	20,7	296	14
2	Ene	6,0	100	60	28	38	1,20	27	1,2	295,2	160,0	148	24
2	Ene	6,2	94	66	24	37	1,22	27	1,4	302,2	210,9	162	24
2	Feb	6,2	54	50	26	30	2,8	20,8	3,6	247,2	95,6	130	23
2	Feb	6,2	60	48	28	32	2,66	22,8	4,3	255,5	237,6	158	23
2	Mar	6,8	82	32	44	26	2,5	0,0	1,0	72,4	17,0	199	48
2	Mar	7,1	76	28	36	27	2,6	0,0	0,9	69,9	28,01	203	81
3	Sep	6,9	130	62	58	63	5,94	30	2,6	746,4	275,3	488	168

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 8. MATRIZ DE DATOS FISICOQUIMICOS OBTENIDOS DURANTE EL ESTUDIO

Estación	Mes	Potencial de Hidrogeno	Alcalinidad Total	Acidez	Dureza Total	Cloruros	Fosfatos	Saturación de Oxigeno	Oxigeno Disuelto	DQO	DBO	Sólidos Totales	Sólidos Totales Suspendidos
3	Sep	6,9	126	60	80	63	5,94	26	2,5	743,2	579,7	489	78
3	Nov	6,2	50	22	60	7,5	2,4	0,0	1,1	612,0	450,5	267	42
3	Nov	6,3	44	30	58	6,5	2,2	26,0	1	631,4	438,7	298	8
3	Dic	6,5	58	20	44	10	7,8	0,0	0,0	349,0	207,0	280	6
3	Dic	6,5	56	22	68	9,0	7,52	26	0,0	352,0	217,3	280	32
3	Ene	7,3	64	60	50	36	3,75	0,0	0,9	983,7	148,3	227	49
3	Ene	7,3	60	44	46	32	3,70	0,0	0,5	978,1	195,6	298	43
3	Feb	7,6	70	66	60	29	3,9	0,0	1,1	985,0	131,1	249	57
3	Feb	7,3	66	64	70	27	3,85	0,0	1,2	956,0	159,5	272	34
3	Mar	7,5	114	50	60	30	3,9	10,8	3,7	984,5	280,2	267	78
3	Mar	7,0	100	54	68	32	3,75	10,2	3,5	982,6	180,0	202	90
4	Sep	7,2	110	56	60	64	4,5	40	3,9	343,2	219,4	174	116
4	Sep	7,2	106	54	76	64	4,5	35	3,5	295,2	212,8	175	120
4	Nov	7,0	140	24	64	15	5,7	0,0	0,3	958,0	466,0	664	306
4	Nov	6,8	134	20	56	14	5,4	0,0	0,2	959,5	503,0	654	202
4	Dic	7,0	102	18	70	16	0,23	0,0	0,3	820,0	486,7	510	190
4	Dic	7,1	96	20	68	14	0,21	0,0	0,2	804,0	302,0	554	214
4	Ene	5,0	10	46	36	30	2,60	3,8	2,4	170,4	39,6	181	64
4	Ene	6,0	22	44	30	29	2,30	3,5	2,8	178,7	34,6	277	32
4	Feb	6,1	64	52	30	31	0,46	15,8	2,4	314,4	275,4	200	12
4	Feb	5,8	64	56	28	30	0,45	15,0	2,6	321,9	168,7	113	22
4	Mar	7,1	92	132	50	35	0,75	0,0	3,7	84,2	38,0	410	140
4	Mar	7,3	96	126	54	33	0,8	0,0	3,4	83,4	53,0	384	155
5	Sep	7,3	56	24	60	22	1,2	50	5,0	17,0	11,5	161	22

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 8. MATRIZ DE DATOS FISICOQUIMICOS OBTENIDOS DURANTE EL ESTUDIO

Estación	Mes	Potencial de Hidrogeno	Alcalinidad Total	Acidez	Dureza Total	Cloruros	Fosfatos	Saturación de Oxigeno	Oxigeno Disuelto	DQO	DBO	Sólidos Totales	Sólidos Totales Suspendidos
5	Sep	7,3	54	22	48	22	1,2	44	4,4	26,6	7,5	159	24
5	Nov	6,1	50	18	56	2	0,4	0,0	2,5	20,0	11,2	244	92
5	Nov	6,1	46	16	52	1,5	0,4	0,0	2,4	22,8	11,6	250	72
5	Dic	6,1	20	18	70	3,5	0,44	22,7	2,6	18,0	9,8	754	316
5	Dic	6,0	30	18	62	3,0	0,42	21,6	2,4	20,8	11,8	221	90
5	Ene	6,6	74	60	50	11	0,38	49,5	1,8	200,0	108,3	116	43
5	Ene	6,3	70	66	56	13	0,36	49,5	1,7	203,2	118,1	117	33
5	Feb	6,0	66	56	54	13	0,38	49,6	3,5	295,2	144,2	123	12
5	Feb	6,2	72	62	60	15	0,4	49,0	3,6	296,0	115,3	122	36
5	Mar	6,5	97	22	60	19	1,9	44,2	2,0	42,0	21,0	248	113
5	Mar	6,8	90	28	66	17	1,8	43,9	2,5	40,8	15,0	268	113
6	Sep	7,1	60	52	44	21	3,6	40	4,1	80,4	67,6	220	42
6	Sep	7,1	58	50	42	20	3,6	38	3,8	72,7	64,4	219	89
6	Nov	6,2	40	16	60	45	0,4	26,9	0,3	39,1	16,6	205	34
6	Nov	6,3	42	20	56	40,5	0,5	26,8	0,2	41,5	17,4	260	43
6	Dic	6,2	24	16	60	2,0	0,23	19,6	0,4	66,0	15,1	229	50
6	Dic	6,1	22	18	54	1,5	0,24	15,8	0,3	65,3	16,6	200	134
6	Ene	6,0	50	60	44	29	0,50	55,6	1,0	60,6	14,1	133	32
6	Ene	6,0	54	68	40	28	0,49	52	0,9	67,2	13,4	136	33
6	Feb	6,0	62	50	44	30	0,4	53,0	0,8	103,4	76,5	135	35
6	Feb	6,1	68	54	44	30	0,39	55,0	0,9	102,5	67,5	140	26
6	Mar	6,8	72	24	34	23	0,9	47,8	1,9	20,0	12,0	134	24
6	Mar	6,6	68	26	30	24	0,95	47,5	1,6	10,0	5,8	128	24

TABLA 9. MATRIZ DE DATOS FISICOS, INDICES DE CONTAMINACION AMBIENTAL (ICA) Y MICROBIOLÓGICOS OBTENIDOS DURANTE EL ESTUDIO

Estación	Mes	Turbiedad	Conductividad	Temperatura Ambiental	Temperatura del Agua	Humedad Relativa	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO	Coliformes totales	Coliformes fecales
1	Sep	11	200	28,4	22	62	0,51	0,45	0,00	1,30	2,50E+01	1,10E+01
1	Sep	9	195	28,4	22	62	0,48	0,45	0,00	1,80	4,70E+01	9,00E+00
1	Nov	6	200	22	20	28,3	0,57	0,44	0,00	0,27	1,40E+01	2,00E+00
1	Nov	5	190	22	20	30,3	0,52	0,45	0,03	0,25	1,60E+01	2,00E+00
1	Dic	5	190	22,0	20	28,0	0,54	0,55	0,04	0,85	9,00E+00	2,40E+01
1	Dic	6	190	22,0	20	30,4	0,53	0,53	0,03	0,83	8,70E+01	2,10E+01
1	Ene	48	125	22	20	28	0,35	0,51	0,05	0,60	8,90E+01	1,30E+01
1	Ene	43	100	22	20	30,3	0,23	0,47	0,11	0,50	9,90E+01	1,50E+01
1	Feb	47	100	22,0	20	28,0	0,23	0,48	0,06	1,41	8,30E+01	7,00E+00
1	Feb	47	190	22,0	20	30,4	0,21	0,49	0,06	1,38	9,20E+01	1,20E+01
1	Mar	5	100	22	20	37	0,32	0,58	0,09	0,50	4,52E+02	2,58E+02
1	Mar	5	190	22	20	62	0,66	0,49	0,01	0,50	4,97E+02	2,06E+02
2	Sep	280	110	30,4	22	52	0,35	0,41	0,12	0,37	6,00E+00	2,00E+00
2	Sep	270	110	30,4	22	52	0,31	0,45	0,12	0,37	5,00E+00	7,00E+00
2	Nov	28	200	25	21	57	0,63	0,73	0,05	1,20	2,12E+02	1,76E+02
2	Nov	25	190	25	21	57	0,57	0,67	0,11	1,30	2,01E+02	1,74E+02
2	Dic	25	190	21,6	20	57	0,61	0,62	0,09	2,40	8,20E+01	2,00E+00
2	Dic	34	190	21,6	20	57	0,62	0,62	0,02	2,20	7,40E+01	4,00E+00
2	Ene	45	155	22	20	57	0,73	0,58	0,05	1,20	3,85E+02	3,77E+02
2	Ene	59	150	22	20	57	0,67	0,58	0,05	1,22	4,27E+02	4,26E+02
2	Feb	39	140	22,6	20	57,0	0,40	0,60	0,05	2,80	4,19E+02	4,06E+02
2	Feb	36	165	22,6	20	57,0	0,43	0,59	0,05	2,66	4,23E+02	4,01E+02
2	Mar	60	140	23,5	21	56	0,59	0,60	0,12	2,50	4,37E+02	4,21E+02
2	Mar	51	165	23,5	21	56	0,65	0,65	0,22	2,60	4,72E+02	4,64E+02
3	Sep	216	500	29,1	22	55	1,45	0,57	0,48	5,94	3,29E+02	2,76E+02
3	Sep	216	500	29,1	22	55	1,57	0,58	0,21	5,94	8,22E+02	6,90E+02
3	Nov	31	200	20,9	20	59	0,72	0,67	0,11	2,40	2,80E+02	2,56E+02
3	Nov	32	200	20,9	20	59	0,68	0,58	0,00	2,20	2,66E+02	2,45E+02
3	Dic	39	200	22,0	21	64	0,72	0,67	0,00	7,80	2,93E+02	2,85E+02
3	Dic	38	200	22,0	21	64	0,79	0,58	0,08	7,52	2,81E+02	2,73E+02

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 9. MATRIZ DE DATOS FISICOS, INDICES DE CONTAMINACION AMBIENTAL (ICA) Y MICROBIOLÓGICOS OBTENIDOS DURANTE EL ESTUDIO

Estación	Mes	Turbiedad	Conductividad	Temperatura Ambiental	Temperatura del Agua	Humedad Relativa	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO	Coliformes totales	Coliformes fecales
3	Ene	75	200	22	22	50	0,76	0,67	0,13	3,75	1,56E+02	1,19E+02
3	Ene	75	190	22	22	50	0,69	0,67	0,11	3,70	1,71E+02	1,30E+02
3	Feb	72	200	20,9	21	59,0	0,33	0,67	0,15	3,90	2,80E+02	2,52E+02
3	Feb	71	200	20,9	21	59,0	0,37	0,67	0,08	3,85	2,64E+02	1,93E+02
3	Mar	83	200	22	20	57	1,04	0,63	0,21	3,90	2,85E+02	1,85E+02
3	Mar	84	200	22	20	57	1,01	0,63	0,25	3,75	2,78E+02	2,25E+02
4	Sep	82	300	30,1	23	55	1,35	0,53	0,33	4,50	4,98E+02	4,18E+02
4	Sep	70	305	30,1	23	55	1,43	0,58	0,34	4,50	5,22E+02	5,42E+02
4	Nov	357	400	23	22	50	1,52	0,67	0,90	5,70	2,72E+02	2,05E+02
4	Nov	336	400	23	22	50	1,46	0,67	0,59	5,40	2,61E+02	2,02E+02
4	Dic	141	400	23,0	22	51	2,05	0,67	0,55	0,23	1,54E+02	1,00E+02
4	Dic	110	390	23,0	22	51	1,95	0,67	0,62	0,21	1,56E+02	1,60E+02
4	Ene	93	170	20,9	22	59	0,34	0,68	0,17	2,60	5,13E+02	4,67E+02
4	Ene	77	155	20,9	22	59	0,34	0,69	0,08	2,30	5,69E+02	5,23E+02
4	Feb	82	160	20,6	22	51,0	0,59	0,65	0,02	0,46	5,64E+02	5,25E+02
4	Feb	82	280	23,0	22	51,0	0,61	0,65	0,05	0,45	5,60E+02	5,24E+02
4	Mar	157	160	23	22	53	0,73	0,71	0,40	0,75	6,02E+02	5,32E+02
4	Mar	153	280	23	22	53	1,26	0,71	0,45	0,80	6,32E+02	5,95E+02
5	Sep	11	150	30,4	25	49	0,54	0,40	0,05	1,20	1,63E+02	5,00E+00
5	Sep	110	150	30,4	25	49	0,49	0,37	0,05	1,20	7,90E+01	3,00E+01
5	Nov	75	110	18,5	23	25	0,34	0,56	0,26	0,40	2,30E+02	1,57E+02
5	Nov	68	110	18,5	23	25	0,31	0,57	0,20	0,39	2,20E+02	1,50E+02
5	Dic	272	100	19,1	22	29	0,22	0,47	0,93	0,44	2,33E+02	1,59E+02
5	Dic	231	100	19,1	22	29	0,23	0,49	0,22	0,42	2,23E+02	1,52E+02
5	Ene	48	110	19,1	22	50	0,44	0,50	0,11	0,38	1,70E+02	1,70E+02

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 9. MATRIZ DE DATOS FISICOS, INDICES DE CONTAMINACION AMBIENTAL (ICA) Y MICROBIOLÓGICOS OBTENIDOS DURANTE EL ESTUDIO

Estación	Mes	Turbiedad	Conductividad	Temperatura Ambiental	Temperatura del Agua	Humedad Relativa	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO	Coliformes totales	Coliformes fecales
5	Ene	47	110	19,1	22	50	0,44	0,50	0,08	0,36	1,90E+02	1,90E+02
5	Feb	46	110	19,3	21	29,0	0,41	0,50	0,02	0,38	2,03E+02	9,00E+01
5	Feb	46	100	19,9	21	29,0	0,44	0,50	0,09	0,40	1,94E+02	8,70E+01
5	Mar	307	110	17,9	23	36	0,59	0,48	0,32	1,90	1,85E+02	9,70E+01
5	Mar	304	100	18	23	36	0,55	0,44	0,32	1,80	2,07E+02	1,06E+02
6	Sep	57	250	30,4	23	49	0,96	0,53	0,11	3,60	6,40E+01	5,00E+00
6	Sep	56	250	30,4	23	49	0,95	0,54	0,25	3,60	2,20E+01	2,00E+00
6	Nov	134	140	19,3	21	39	0,42	0,51	0,08	0,40	1,28E+02	4,00E+01
6	Nov	133	140	19,3	21	39	0,41	0,52	0,11	0,50	1,22E+02	3,80E+01
6	Dic	131	135	22,0	22	39	0,32	0,53	0,13	0,23	1,06E+02	6,10E+01
6	Dic	128	135	22,0	22	39	0,29	0,55	0,38	0,24	1,10E+02	6,80E+01
6	Ene	141	80	22	22	25	0,21	0,40	0,08	0,50	1,92E+02	7,60E+01
6	Ene	138	85	22	22	25	0,24	0,41	0,08	0,49	2,15E+02	8,20E+01
6	Feb	139	80	22,0	21	39,0	0,24	0,49	0,09	0,40	2,45E+02	5,90E+01
6	Feb	133	110	19,3	21	39,0	0,28	0,48	0,06	0,39	2,41E+02	5,30E+01
6	Mar	84	80	22	25	38	0,31	0,41	0,05	0,90	4,30E+02	3,68E+02
6	Mar	86	110	22	25	38	0,39	0,34	0,05	0,95	4,85E+02	4,12E+02

5.8. PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

5.8.1. TEMPERATURA.

Los datos obtenidos durante este estudio como se muestra en la Figura 1, en el mes de septiembre de 2011, la temperatura osciló entre los 18.5°C y los 30.4 °C.

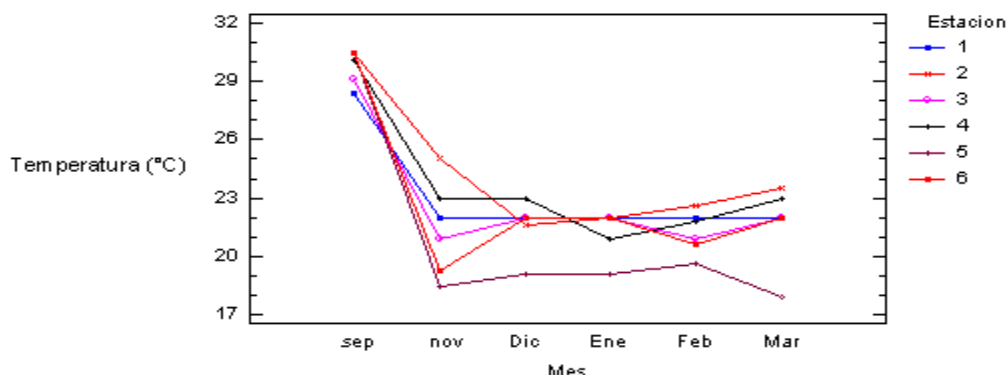


Figura 1. Temperatura en (°C) de Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla

Para la estación 2 (Figura 1), en el sitio de muestreo la cobertura vegetal es a nivel de sotobosque y gramíneas dando como resultado claros permanentes donde la energía solar impacta directamente sobre el cauce de la quebrada, aumentando su temperatura máxima promedio, que es de 23°C, según lo plantea el Plan de Ordenamiento Territorial, el Municipio de La Tebaida. Adicionalmente, el cambio climático actual a llevado a que en temporada de lluvias como lo fue el mes de septiembre sean éstas fuertes (Tabla 10), y en lapsos de intensidad lumínica ésta se vea aumentada, por encima de la temperatura habitual.

Según mapas y pronósticos de América del sur, www.accuweather.com/regional (Anexo 2), en el Municipio de La Tebaida en el mes de septiembre de 2011 la media histórica en temperatura arrojó un valor de 19°C (Anexo 3), sin embargo en la figura 1 se observa una clara variación en la temperatura como lo confirma el análisis de varianza (ver Figura 2).

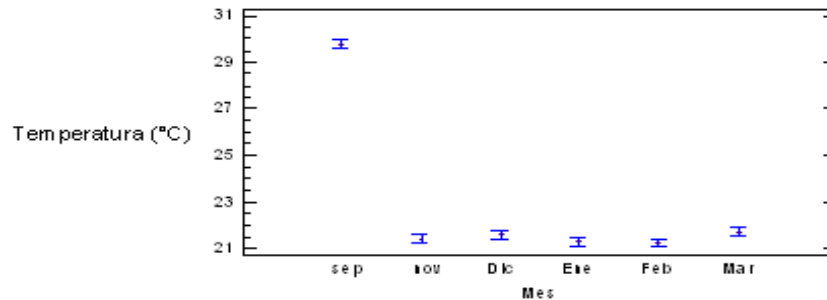


Figura 2. Variación de la Temperatura (°C) entre Septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

En los sitios de muestreo la temperatura promedio del agua fue de 21.5 °C (Tabla 9). La temperatura según Roldan (1992), para efectos de desarrollo en los organismos, es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en la proliferación y supervivencia de los organismos, sin embargo, lo anterior tiene un límite donde las proteínas y los ácidos nucleicos se pueden inactivar de manera irreversible.

También se debe resaltar la poca profundidad (0.10 m, Anexo 3) de la Quebrada en las estaciones 5 y 6 (ver Figura 3), donde la luz solar calienta más fácilmente las aguas cercanas a la superficie, generando una capa de agua tibia menos densa sobre una capa de agua más fría y densa (manual Universidad de Puerto Rico: parámetros físico-químicos del agua, www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf), dando como resultado una temperatura de 25 °C, ésta siendo más alta de la temperatura promedio del estudio.



Figura 3. Estaciones Barrio Cantarito 2, nótese la poca profundidad del agua.

5.8.2. HUMEDAD RELATIVA.

En este estudio se encontró una oscilación entre el 28% y el 62% de humedad relativa (ver Figura 4). La humedad relativa es la capacidad del aire para absorber agua, la relación entre la cantidad de agua que contiene el aire y la que puede contener antes de saturarse. En ese momento, el agua que ya no puede

contener el aire comienza a condensarse en las partículas de polvo y otros sólidos que encuentra en el ambiente, formando nubes, gotas de agua que cuando son lo suficientemente grandes precipitan en forma de lluvia (fuente: <http://geografia.laguia2000.com/climatologia/la-humedad-y-la-lluvia-efectosbarrera-y-foehn>)

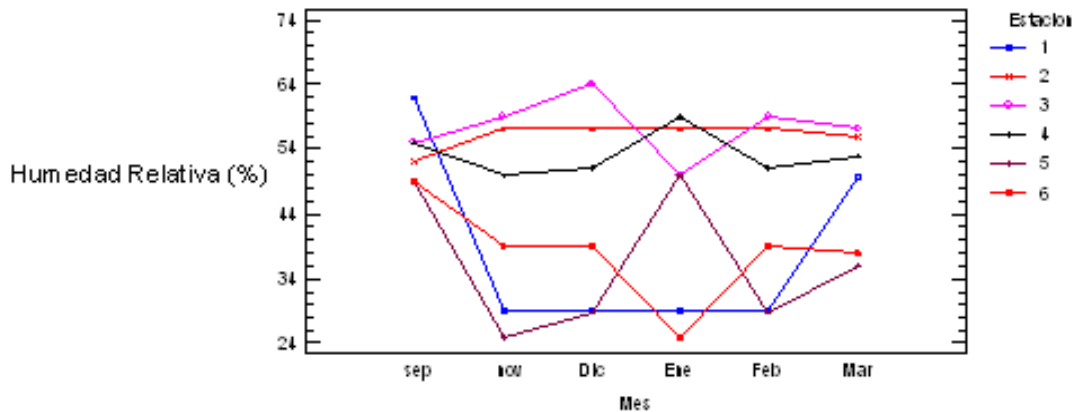


Figura 4. Humedad Relativa (%) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

Esta capacidad depende de la temperatura, la humedad relativa aumenta cuando desciende la temperatura, para nuestro caso la temperatura osciló entre 18.5°C a 30.4 °C, donde las precipitaciones más significativas fueron en los meses de septiembre, noviembre y diciembre (ver Tabla 10), época de altas lluvias en nuestro país, los otros meses se clasifican en moderadas, leves o nulas (Boletín Hidrometeorológico, www.crq.gov, 2011 – 2012).

Tabla 10. Lluvias significativas en el municipio de la Tebaida, departamento del Quindío entre los meses de septiembre, noviembre, diciembre de 2011 y marzo de 2012.

MESES	PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)
Septiembre	11.76
Noviembre	16.32
Diciembre	29.51
Marzo	4.18

Fuente: Boletín Hidrometeorológico, www.crq.gov.co, 2011- 2012.

Puesto que el municipio de La Tebaida es uno de los municipios mas cálidos del Quindío por su altitud (1200 – 1206 msnm) y sus límites geográficos son valles (el Valle de Maravelez donde los ríos Quindío y Barragán forman el río la Vieja, y con el departamento del Valle del Cauca (Plan de Desarrollo 2008 – 2011, Municipio de La Tebaida), su porcentaje de saturación es media, se considera que una masa de aire está saturada cuando la humedad relativa es del 100%, debido a que no es una zona montañosa el relieve obstaculiza la dispersión del aire provocando poca precipitación. En la Estación 1 se reportan datos altos de humedad relativa dando como resultados diferencias significativas para esta estación en el mes de septiembre (Figura 5).

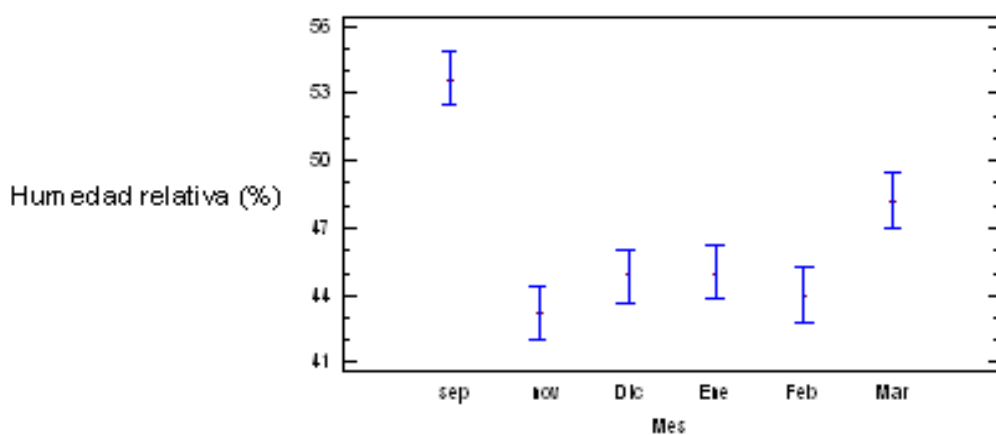


Figura 5. Variación de la Humedad relativa (%) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

5.8.3. TURBIEDAD

La turbiedad es otro parámetro físico analizado en este estudio, teniendo resultados que oscilan entre 5 y 357 FTU. La turbiedad se puede decir que es muy baja en la Estación 1, con valores mínimos de 5 a 48 FTU respectivamente, pero a medida que desciende, ésta aumenta, debido a que ha recibido Las Aguas Residuales Domésticas (ARD) y las aguas de escorrentía que contienen material orgánico a su paso por el municipio, las cuales le aportan gran cantidad de sólidos de tipo orgánico principalmente, produciendo un impacto ambiental negativo de tipo sinérgico a la quebrada. (Ver Figura 6).



Figura 6. En la Estación Barrio el Mirador, el color aparente del agua ha cambiado con respecto a la estación anterior.

En la Figura 6, la Estación 4 (ver Tabla 9), obtuvo valores máximos entre 336 y 357 FTU, de acuerdo a lo expuesto anteriormente.

Para nuestro caso, La Quebrada La Jaramilla posee una altitud desde los 900 a 1206 msnm, esto se explica debido a que la turbiedad, normalmente en ríos y embalses de bajas alturas sobre el nivel del mar son muy turbios debido al arrastre de materiales, propiciado por la alta lixiviación que se da en estas regiones (Roldán, 1992). La Estación 4 en septiembre de 2011, arrojó un valor mínimo 70 FTU (Tabla 9), debido a la temporada de lluvias que azotó al Municipio de la Tebaida en ese mes (ver Tabla 10).

5.8.4. SISTEMA pH, ALCALINIDAD Y ACIDEZ.

Las Figuras 7 al 10, corresponden al pH, alcalinidad y la acidez de las 6 Estaciones en los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 2011 y enero, febrero, marzo de 2012.

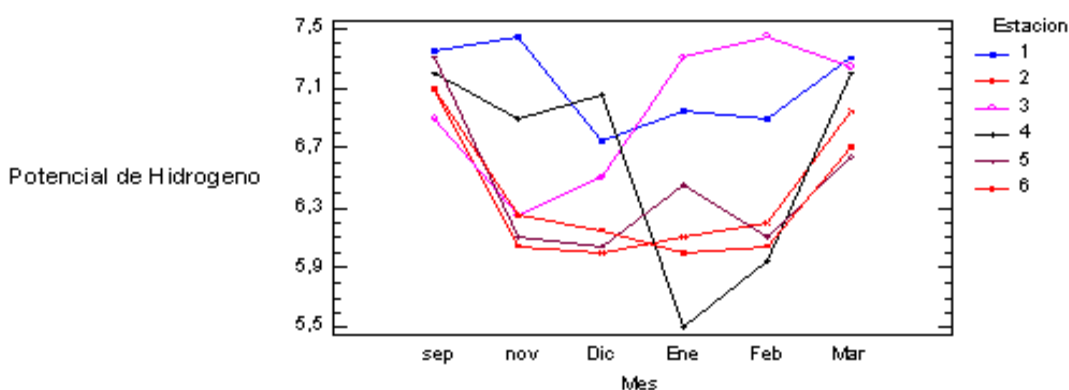


Figura 7. Potencial de Hidrógeno (pH) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

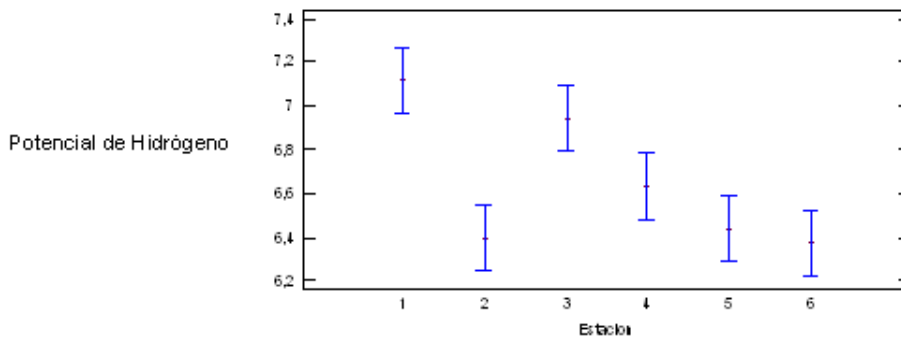


Figura 8. Variación del Potencial de Hidrógeno de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

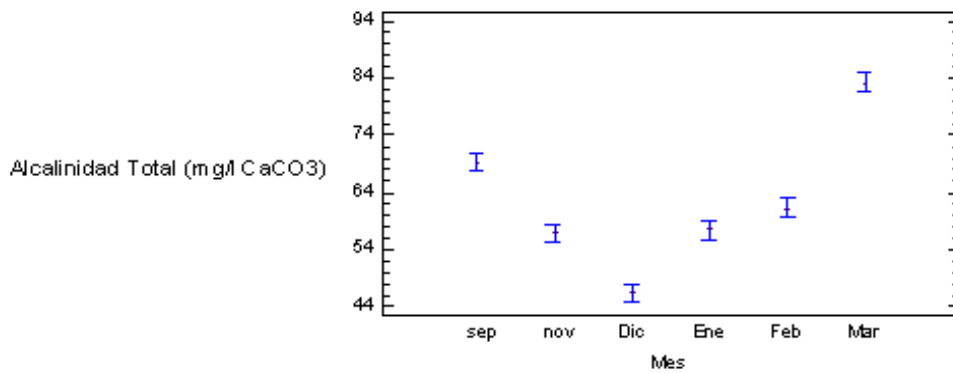


Figura 9. Variación de la Alcalinidad Total (mg/l CaCO₃) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

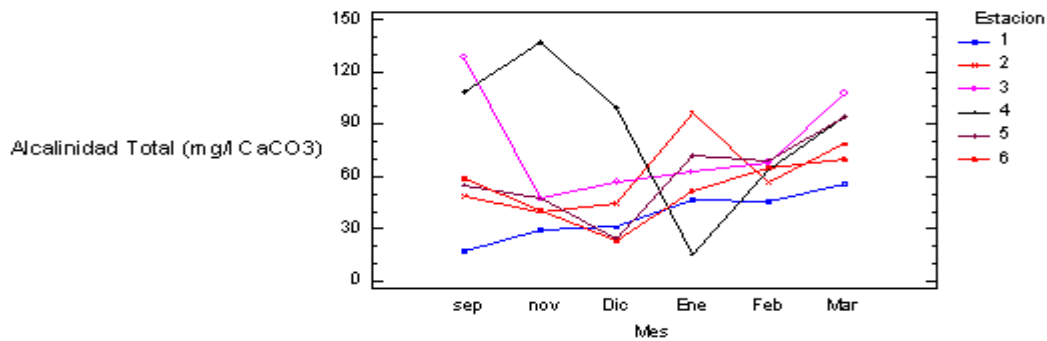


Figura 10. Alcalinidad Total en mg/l CaCO₃ de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

5.8.4.1. pH y Alcalinidad.

El pH es uno de los más importantes parámetros operacionales de la calidad del agua. Las orientaciones nacionales sobre calidad del agua potable apuntan a menudo a un pH óptimo de 6,5 a 8,5 (OMS, 2004; Decreto 1594 de Junio 26 de

1984; Acodal, 1990). En las 6 estaciones durante los meses de muestreo, el pH, tuvo fluctuaciones significativas en su rango normal y exigido en cuanto a los criterios de calidad admisibles para la preservación de flora y fauna: $\text{pH} < 6.5$ unidades, esta fluctuación de pH en la naturaleza, así como en los vertidos urbanos e industriales, se debe a la presencia de ácidos y bases que modifican ampliamente el pH de las aguas, unas oscilaciones significativas en el valor de pH, o bien valores bajos o altos, significan aparición de vertidos industriales. Este parámetro sirve como indicador de vertidos industriales (Hernández et al., 1996).

Roldán (1992) también afirma, que el pH está íntimamente involucrado con los cambios de acidez, basicidad y con la alcalinidad. En el mes de enero en la estación 4 se obtuvo un pH relativamente bajo (5.0 unidades) con respecto a las demás estaciones (Figura 7), esto debido a la gran fluctuación en el parámetro alcalinidad que para este punto fue de 10 mg/l CaCO_3 . (Figura 10), dando como resultado diferencias significativas para este mes y esta estación, que pueden disminuir el valor de la alcalinidad debido a la acción de soluciones diluidas de gases atmosféricos y de minerales del suelo y son estos productos los encargados de suministrarles o comunicarles a las aguas las propiedades ácidas y alcalinas que estas pueden poseer (Rojas, 1977).

Se encontró una concentración media del agua típica residual doméstica en las Estaciones 3 y 4 (Tabla 8), debido a la escorrentía provocada por la temporada de lluvias en estos meses, que para el municipio de La Tebaida fue significativa (Tabla 10), además estas estaciones son las que poseen mayor contaminación de aguas residuales domésticas, normalmente el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos (Met calf & eddy, 1996).

Es el caso de la estación 3, sitio de donde se capta la quebrada en su totalidad para ingresar a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del municipio, y la estación 4, está situada en dentro de Box Couvert (túnel en concreto utilizado para direccionar el agua), el cual se fabricó con el fin de urbanizar los predios al nororiente (sector Barrio El Mirador y Quintas de San Sebastián), para evitar mas contaminación de la quebrada en este punto y para el manejo del caudal ya que en este punto es el mas alto. Se puede afirmar entonces que los valores de alcalinidad de las Estaciones 3 (valor máximo 130 mg/l CaCO_3) y 4 (valor máximo 140 mg/l CaCO_3) se debe a las grandes cantidades de iones carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua y por acción del CO_2 (Roldán (1992), Met calf & eddy (1996), que incrementa o disminuye debido a su composición típica residual.

La composición típica de estas dos muestras es denominada Aguas Residuales Domésticas (ARD) (ver tabla 11), puesto que muestra una concentración fuerte en CaCO_3 (Met calf & eddy, 1996).

Tabla 11. Composición Típica de las Aguas Residuales

Contaminante	Unidad	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Alcalinidad	mg/l CaCO ₃	50	100	200
Sólidos Totales	mg/l	350	720	1200
DBO	mg/l	110	220	400
DQO	mg/l	250	500	1000
Cloruros	mg/l	30	50	100
Coliformes Totales	UFC/10 0 ml	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁹

Fuente: Met calf & eddy, 1996; Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, Tomo I, Mac Graw Hill, México.

5.8.4.2. Acidez.

La acidez fue menor a la alcalinidad, lo cual es producto del sistema buffer en el cual el pH, la alcalinidad y la acidez están regulados por la concentración de CO₂, igual a lo reportado por García-Alzate *et al.* (2007).

La acidez creciente produce cambios drásticos y fatales en la mayoría de las especies disminuye considerablemente la productividad primaria, entendiéndose como la cantidad de materia orgánica producida por las plantas verdes, con capacidad de fotosíntesis u organismos autótrofos, a partir de sales minerales, dióxido de carbono y agua, utilizando la energía solar, en un área y tiempo determinados (Roldán, 1992).

El análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 2011 y enero, febrero y marzo de 2012 (ver Figura 11).

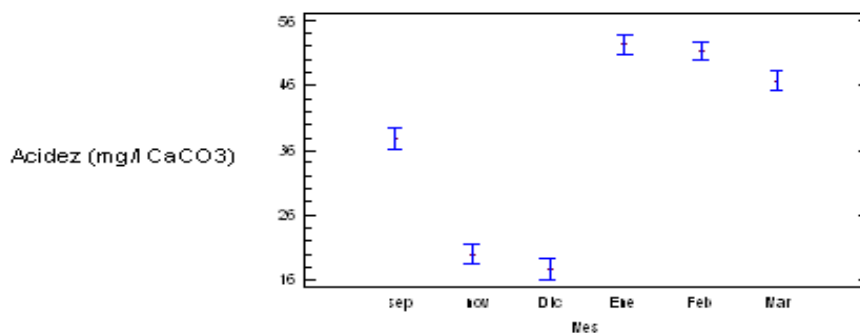


Figura 11. Variación de la Acidez (mg/l CaCO₃) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

Este comportamiento se incrementa con el aumento de la actividad bacteriana en los puntos de muestreos debido a la generación de desechos domésticos vertidos en forma directa a la Quebrada, dando como resultado la descarga de materia orgánica e inorgánica, ya que debido a su cercanía a la comunidad facilita la

llegada de las aguas negras a la Quebrada sin previo tratamiento, como consecuencia se produce una fluctuación del CO₂, dando como resultado valores de acidez bajos en los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 2011 (ver figura12).

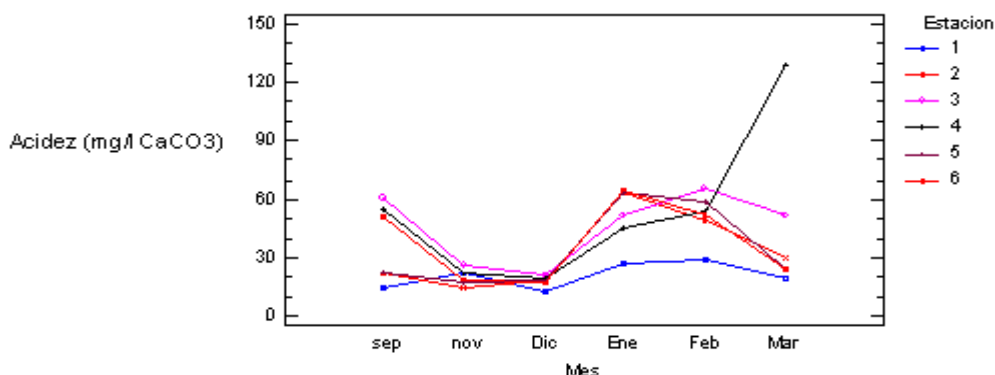


Figura 12. Acidez en mg/l CaCO₃ de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

También se destacan la influencia de las lluvias en estos meses. Para enero, febrero y marzo de 2012 las lluvias fueron de ligeras a ausentes (Boletín Hidrometeorológico, www.crq.gov.co, 2011- 2012), influyendo en el aumento del CO₂, gas determinante en el aumento de la acidez en el agua. El agua lluvia arrastra consigo el CO₂ presente en la atmósfera lo que aumenta la concentración de este gas en los cuerpos de aguas naturales (Roldán, 1992).

En cuanto a la acidez en los meses de enero, febrero y marzo de 2012 (ver Figura 12), se encontró un aumento importante en la estación 4, en el mes de marzo, con un valor de 132 y 126 mg/l CaCO₃, respectivamente, este fenómeno se produce cuando el CO₂ se encuentra en las aguas, especialmente las poluidas, y es allí cuando la materia orgánica presente empieza a oxidarse (Rojas, 1977). La entrada de luz es poca en esta estación debido a la alta turbiedad (157 y 153 FTU), hace que la actividad fotosintética sea limitada y la producción de CO₂ en el agua se aumente.

5.8.5. SÓLIDOS TOTALES

Los sólidos que se presentan en el Agua Residual (AR) pueden ser de tipo orgánico y/o inorgánico y provienen de las diferentes actividades domésticas e industriales. Estrictamente hablando, toda la materia, excepto el agua contenida en materiales líquidos, es considerada como sólida. La definición mas generalizada de sólidos es la que se refiere a toda la materia sólida que permanece como residuo de una evaporación y secado bajo una temperatura entre 103 – 105°C (Anexo 5).

De acuerdo con Met calf & eddy (1996), la composición típica de las Aguas Residuales para la estación 4, se encontró una concentración media (654 mg/l y 664 mg/l) (Tabla 11), ocasionado por las lluvias altas ocurridas en los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 2011, las cuales transportan desechos provocados por las actividades domésticas ya que esta quebrada en el tramo estudiado se encuentra en el casco urbano y por la acumulación de carga orgánica e inorgánica de la cuenca alta por pesticidas y sobrepastoreo (ver Figura 13).

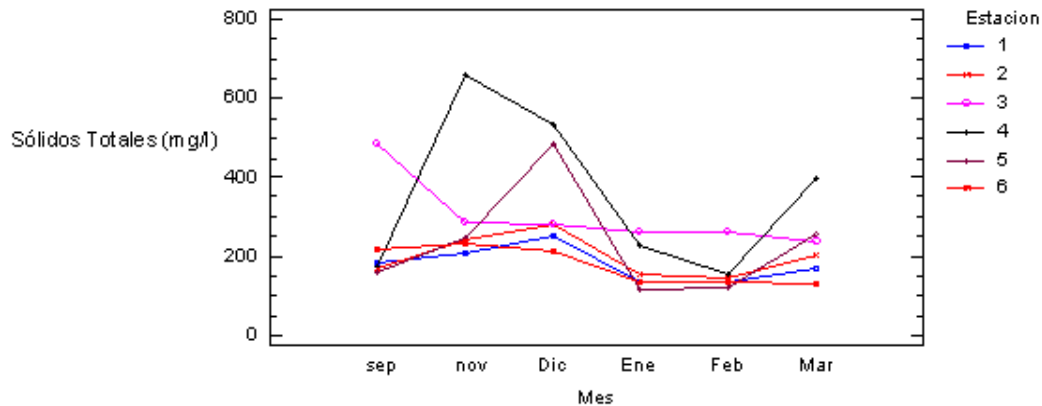


Figura 13. Sólidos Totales (mg/l) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

Debido a la incidencia de las altas lluvias sobre la quebrada se encontraron diferencias significativas entre los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 2011 y enero, febrero y marzo de 2012 (ver Figura 14), para este parámetro.

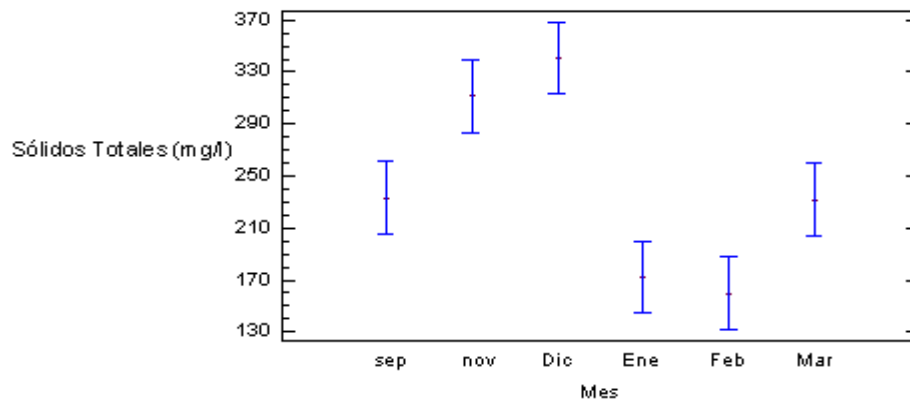


Figura 14. Variación de los Sólidos Totales (mg/l) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

En cuanto a la Estación 5, en el mes de diciembre de 2011, se encontró una concentración fuerte de sólidos totales, que probablemente se deba a que en esta estación existe una escorrentía superficial provocada por ser una zona agrícola.

En el día del muestreo estaban en la etapa de replante, estas aguas residuales procedentes de la agricultura se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos (Orozco et al, 1985). Estos productos no son constituyentes comunes de las aguas residuales, sino que suelen incorporarse a las mismas, fundamentalmente, como consecuencia de la escorrentía de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas (Met calf & eddy, 1996). La descarga de esta agua es recibida a la Quebrada directamente por los ríos o alcantarillados, para el punto de muestreo llega después de unas escaleras de oxigenación previas a la descarga (ver Figura 15).



Figura 15. Estaciones Barrio Cantarito 2, obsérvese el color del agua el elevado crecimiento de plantas.

Para el mes de marzo de 2012, la Estación 4, obtuvo una concentración media de sólidos totales (410 y 384 mg/l) (figura 13), este aumento se dio debido al efecto antrópico ocasionado en este punto, está estación esta canalizada por medio de un “Box Coulvert”, para evitar olores provocados por la descomposición activa (porcentaje de saturación del Oxígeno: 0.0%, ver Tabla 8) de la quebrada en este punto de muestreo (Branco, 1984), debido a la actividad anaeróbica béntica.

5.8.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)

La DQO es la cantidad de oxígeno que sustancias reductoras como la materia orgánica presentes en aguas residuales, necesitan para descomponer la materia orgánica sin intervención de microorganismos (Rojas, 1977).

En el primer trimestre del año 2012, se detectó un aumento de la DQO en la estación 3 (Figura 15), dando como resultado una concentración media de contaminantes. Cerca del 75 por 100 de los sólidos en suspensión y del 40 por 100 de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Los sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos (Met calf & eddy, 1996), pueden aumentar los valores de DQO en un cuerpo de agua.

Para el mes de noviembre, la DQO fue de concentración fuerte en la Estación 4 (820 y 804 mg/ O₂), este punto de muestreo (Box Couvert) se encuentra en un “Sendero” de fácil acceso (ver figura 16).

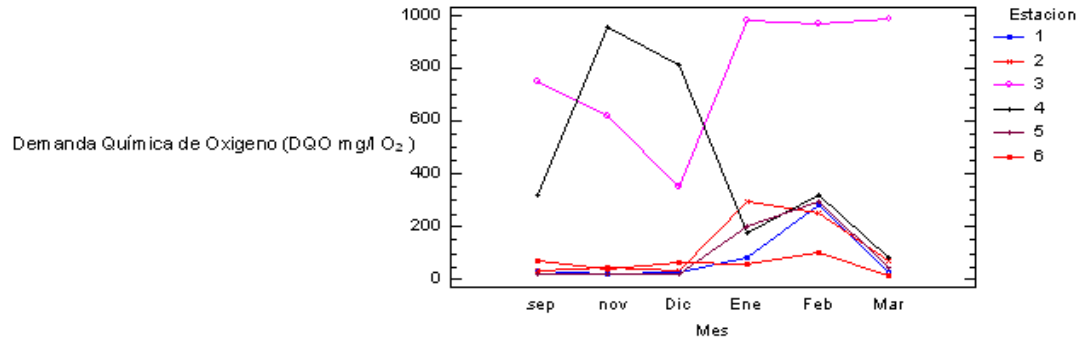


Figura 16. Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/l O₂) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla

Debido a que en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Municipio de la Tebaida, se encontraba en ampliación de sus colectores, el muestreo fue directamente en el tramo paralelo a la Planta (ver Figura 17).



Figura 17. Tramo paralelo Estación 3. PTAR Municipio de La Tebaida, el agua ha perdido su claridad inicial y se han tornado en grises.

El análisis estadístico arrojó diferencias significativas en este parámetro donde tanto para cada una de las estaciones como para los meses de estudio (Figura 18).

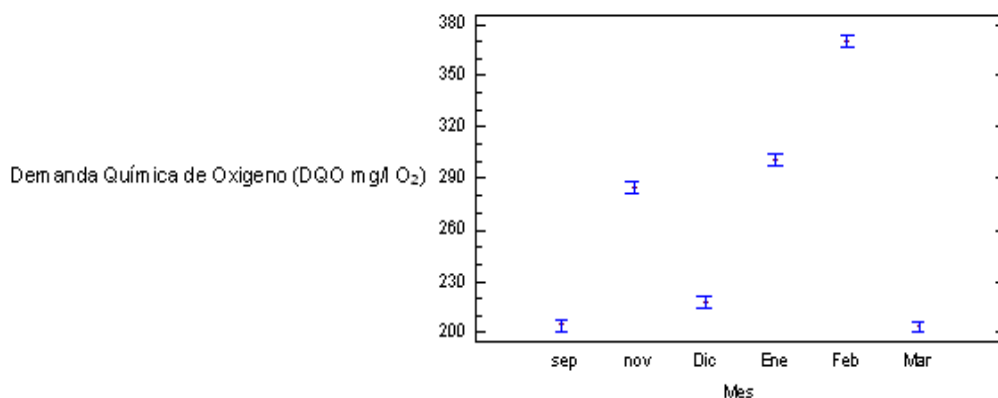


Figura 18. Variación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/l O₂) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla

Estas Aguas Residuales (AR) son provenientes de las actividades domésticas, como referencia tenemos el Barrio El Mirador (Estación 4) y Quintas de San Sebastián, donde las personas como indigentes y mascotas excretan cerca de la quebrada ocasionando un problema de salubridad. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica susceptible de ser lixiviado hacia la Quebrada.

5.8.7. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO)

Este parámetro de contaminación orgánica es el más ampliamente utilizado, la determinación del mismo está relacionado con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Met calf & eddy, 1996).

En el mes de septiembre de 2011, la estación 3 presentó una concentración fuerte de DBO (579,7 mg/l O₂), la estación 4 en febrero de 2012 y la estación 3 en marzo de 2012 particularmente presentaron una concentración media de las materias oxidables biológicamente. (Ver Figura 19).

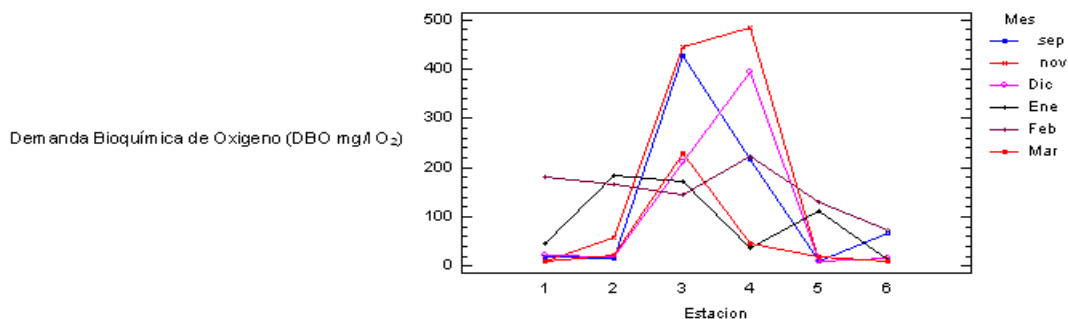


Figura 19. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO mg/l O₂) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla.

Estas se absorben de forma natural hasta su mineralización una cierta cantidad de oxígeno, debido a los procesos químicos o biológicos de oxidación que se producen en el seno del agua (Hernández et al., 1996). El descenso de la temperatura ocasionada por la temporada de lluvias en este mes, fue de vital importancia para la degradación biológica de la materia orgánica, ya que según Roldán (1992), el resultado de la actividad biológica está regulado por el número de organismos y por la temperatura.

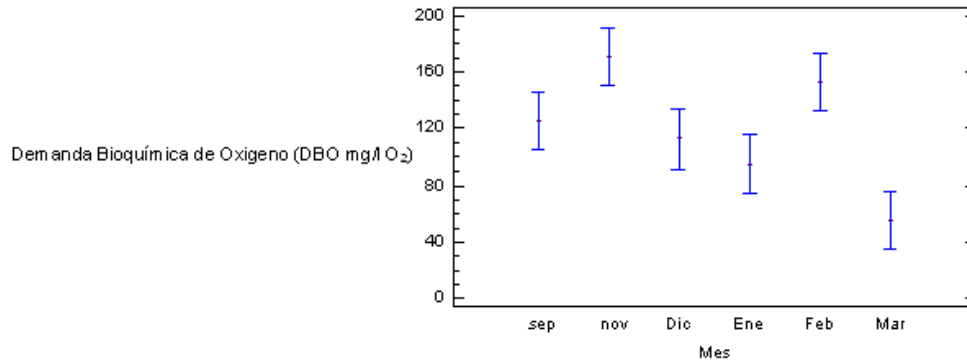


Figura 20. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO mg/l O₂) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla

En la figura 20, se muestra que existen diferencias significativas, esto significa que los organismos dependientes del oxígeno han incrementado o disminuido su actividad metabólica y aumentaron en número según la estación.

La DBO y el grupo Coliforme, reflejan fuentes diferentes de contaminación por materia orgánica, así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del sistema ante este tipo de polución, donde se obtuvo una concentración media a alta, según el Índice de Contaminación por materia orgánica (ICOMO) en la zona de estudio. (Ver Tabla 13). También el aumento de éste parámetro (DBO), se puede explicar por el aumento de los sólidos totales (figura 13), los cuales se presentan en las Aguas Residuales de tipo orgánico y /o inorgánico, éstas provenientes de las diferentes actividades domésticas de la zona urbana del municipio de la Tebaida (Orozco et al, 1985).

5.8.8. COLIFORMES TOTALES Y FECALES (UFC/100ML)

La probabilidad de ser víctima de una enfermedad transmitida por el agua es una pregunta estadística relacionada especialmente con el tipo y el número de patógenos ingeridos (McJunkin, 1986). En el agua el contacto directo o indirecto, afecta de una u otra forma la incidencia de los microorganismos en nuestro cuerpo y el valor permisible del parámetro analizado (Decreto 1594 de Junio 26 de 1984; Acodal, 1990). Durante más de 70 años, se ha empleado el grupo Coliforme para evaluar la calidad sanitaria del agua potable. Su bioindicación no se basa en su potencialidad para causar enfermedades al hombre, simplemente porque están presentes en gran número de descargas fecales y su población está relacionada al grado de la contaminación ocasionada por estas descargas.

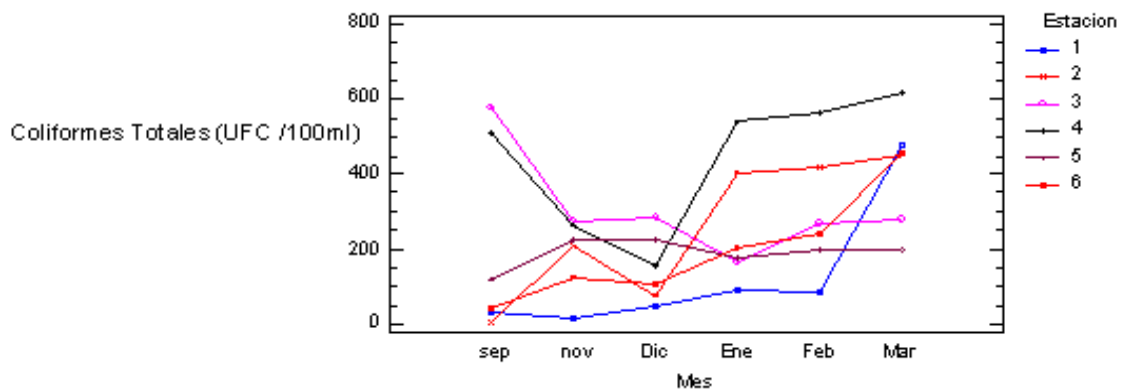


Figura 21. Coliformes Totales (UFC /100ml) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla

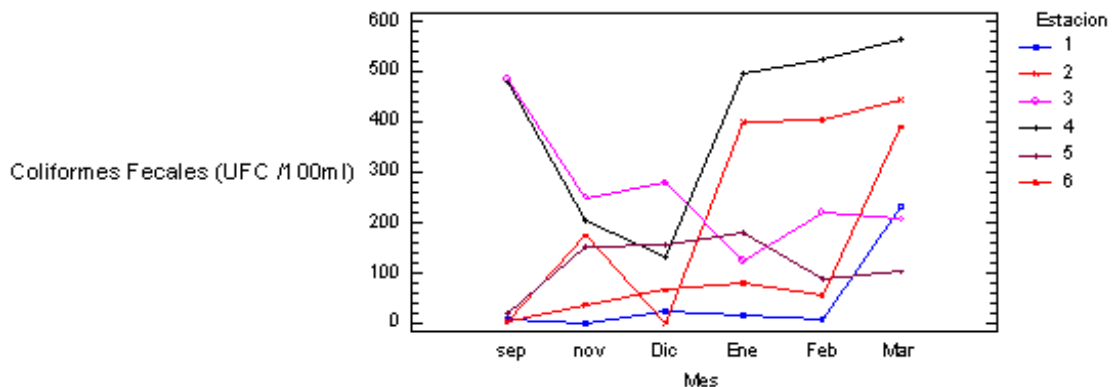


Figura 22. Coliformes Fecales (UFC /100ml) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.

En la estaciones 3 y 4 (Figuras 21 y 22), en el mes de septiembre de 2011 se obtuvo el mayor crecimiento de Coliformes totales y fecales. Para la estación 3 en sus dos puntos de muestreo, fue de 3.29×10^2 y 8.22×10^2 y para la estación 4 fue de 4.98×10^2 UFC /100ml y 5.22×10^2 UFC /100ml, para la estación 3 el mayor crecimiento en Coliformes fecales fue de 8.22×10^2 y 6.90×10^2 y para la estación 4 fue de 6.32×10^2 UFC /100ml y 5.95×10^2 UFC /100ml en marzo de 2012 respectivamente, dando como resultados diferencias significativas entre las estaciones y los meses evaluados a través del muestreo.

De acuerdo con Met calf & eddy. (1996), la composición típica de las Aguas Residuales (AR) para la quebrada la Jaramilla para este grupo indicador fue débil (menor que UFC/100ml $10^6 - 10^7$), donde la temperatura ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, crecimiento y el status fisiológico de todas las entidades vivas (Brock et al., 1994, Citado por Mc Junkin, 1986)) (ver figuras 23 y 24).

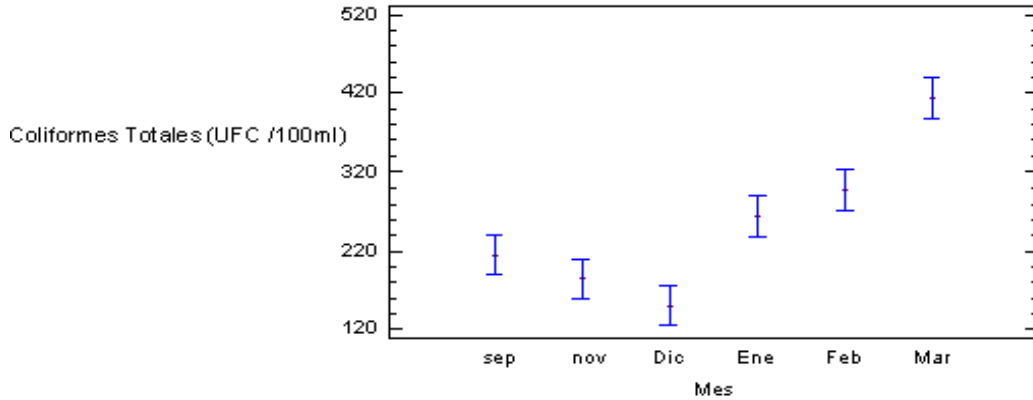


Figura 23. Variación de los Coliformes Totales (UFC /100ml) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla

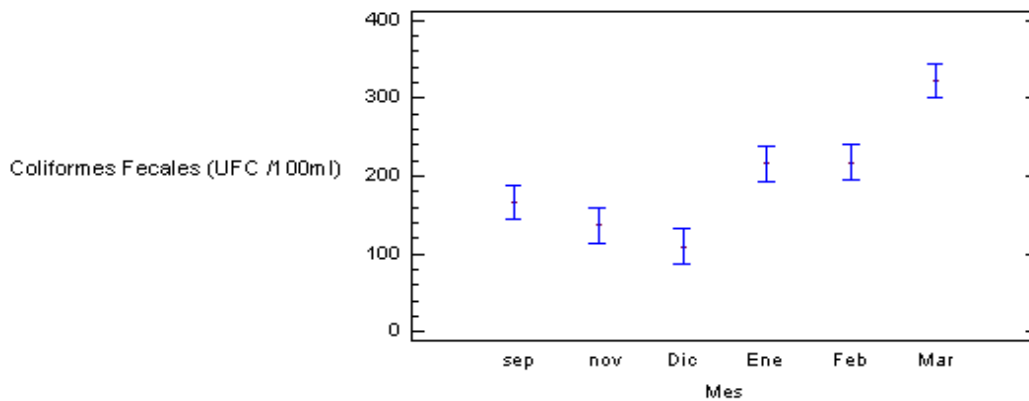


Figura 24. Variación de los Coliformes Fecales (UFC /100ml) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla

Rivera et al. en el 2004, realizaron un estudio en La quebrada la Jaramilla donde se encontró que la gran afluencia de desechos domésticos provenientes del municipio y el aporte de la actividad ganadera, incrementan los valores del grupo Coliforme en ésta. Se puede concluir entonces que el gran número de Coliformes presentes en el agua se debe al arrastre de excremento de animales silvestres (mamíferos y aves) por la lluvia, las cuales son posteriormente dispersas por las corrientes de los ríos ocasionando contaminación por heces fecales en las aguas superficiales de igual manera ésta se origina en la defecación a campo abierto y a la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos (Canosa, 1995), también cabe anotar que la composición de las Aguas Residuales Domésticas (ARD), están cargadas de materia orgánica que constituye el aumento para millones de bacterias que realizan cambios bioquímicos significantes (Orozco et al. 1985).

En la Estación 3, el valor de oxígeno disuelto para este estudio osciló entre 0.0 a 3.7 mg/l O₂, para la estación 4 osciló entre 0.2 a 3.9 mg/l O₂, estimado según el APHA WWA (1992), como aguas muy contaminadas a contaminadas, se puede afirmar entonces que los organismos anaeróbicos del Grupo Coliforme, efectuaron

la oxidación de la materia orgánica a través de ciertas sales inorgánicas como sulfuros que pueden ser ofensivas para la calidad ambiental de la quebrada y la comunidad aledaña.

Los iones de sulfato se encuentran en las aguas de abastecimiento público y en las AR. Los sulfatos por acción bacteriana y en condiciones anaeróbicas, son reducidos a sulfuros y luego a anhídrido sulfuroso. El ácido sulfhídrico ocurre en forma natural y como producto de actividades humanas, se forma del anhídrido sulfuroso; el SO_3 forma ácido sulfúrico cuando entra en contacto con agua. El ácido sulfúrico puede causar quemaduras en la piel, los ojos, los pulmones y el tubo digestivo. La exposición severa puede ser letal. Esta sustancia se ha encontrado en por lo menos 47 de los 1,467 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU. (ATSDR, 1999).

5.8.9. CLORUROS

Otro parámetro fundamental de calidad importante es la concentración de cloruros. Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos que los contengan y que están en contacto con el agua. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales.

La concentración de cloruros para la estación 3 y 4 en septiembre de 2011 fue media (Figura 25), el ión cloruro está presente siempre en las aguas naturales y residuales, incluyendo las urbanas, siendo valores incorporados por habitante por ejemplo, las heces humanas suponen unos 6g de cloruros por persona /día (Met calf & eddy, 1996).

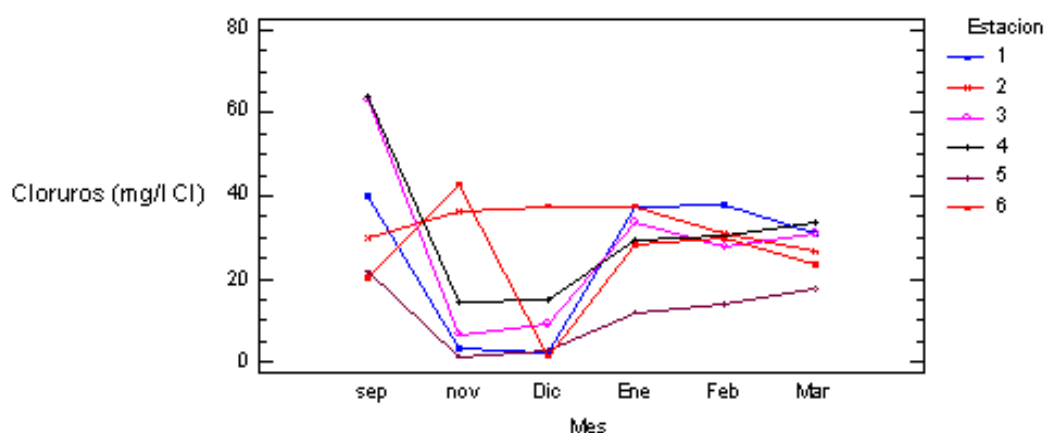


Figura 25. Cloruros (mg/l Cl^-) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada la Jaramilla.

Teniendo en cuenta que estas estaciones y sus puntos de muestreo presentan fácil acceso, como la Estación 4 que pasa por el sendero del Barrio “el Mirador”, y la Estación 3 es el punto de captación de la quebrada antes de llegar a la PTAR, la comunidad incrementa el proceso de contaminación por aguas residuales, la concentración de cloruros en estos cuerpos de agua tiende a ser relativamente

bajos, salvo estas hayan sido afectadas por eventos antrópicos (Universidad distrital , Facultad de Medio Ambiente y recursos naturales, grupo Fluorescencia, *florencia@udistrital.edu.co*), como sucede en estos puntos.

El análisis estadístico arrojó diferencias significativas (Figura 26) entre las estaciones y los meses, donde particularmente en el mes septiembre de 2011, en la Estación 1, se obtuvo un aumento en la concentración de cloruros (Tabla 9) debido al contacto directo del ganado en el momento de la toma de la muestra, aumentando el contenido de cloruros, debido a la contaminación por heces de animales tales como: ganado y animales domésticos, por ser un sitio desprotegido de una cerca que impida la incorporación de éstos en la quebrada.

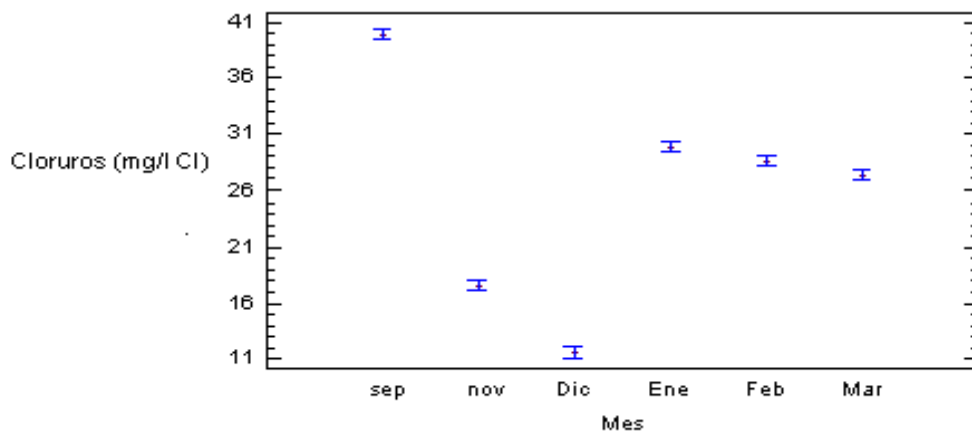


Figura 26. Variación de los Cloruros (mg/l Cl⁻) entre septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla

En el primer trimestre del año 2012, el municipio de La Tebaida empezó su año de Gobierno con la construcción de infraestructura relacionada con el mejoramiento de alcantarillado y colectores de las aguas residuales urbanas, también con la construcción de zonas residenciales y con el mejoramiento de la PTAR, por tanto otra fuente mas de aumento del ión cloruro debido a la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales (ver Figura 27) (Met calf & eddy, 1996).



Figura 27. Estación 1, contaminación de la fuente.

De igual forma para la estación 5 y 6, en el mes de marzo de 2012, se obtuvo un aumento de cloruros debido a la etapa de replanteo de cafetales que se estaba realizando cerca a los puntos de muestreo (ver figura 28).



Figura 28. Estaciones Barrio Cantarito 2

6. ZONAS DE AUTODEPURACIÓN

Según la dinámica del perfil de la variación de oxígeno disuelto de un río (Branco, 1984), en el que se descargan desechos de un tiempo determinado puede dividirse en sectores correspondientes a las distintas etapas del proceso de declinación y recuperación de dicho oxígeno. Estos sectores se denominan zonas de autodepuración

El perfil de variación del oxígeno disuelto para la Quebrada La Jaramilla durante septiembre de 2011 a marzo de 2012, se encontró delimitado de la siguiente forma; para el mes de septiembre las estaciones alcanzaron el 40% de saturación de oxígeno (Figura 29), las aguas son mas transparentes y se acelera en alto grado el proceso de recuperación de oxígeno (Figura 30).

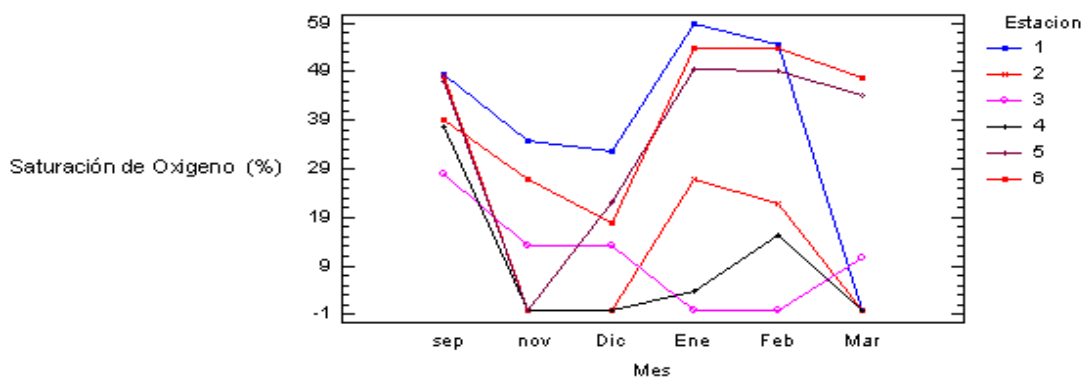


Figura 29. Saturación de Oxígeno (%) Disuelto (mg/l O_2) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla

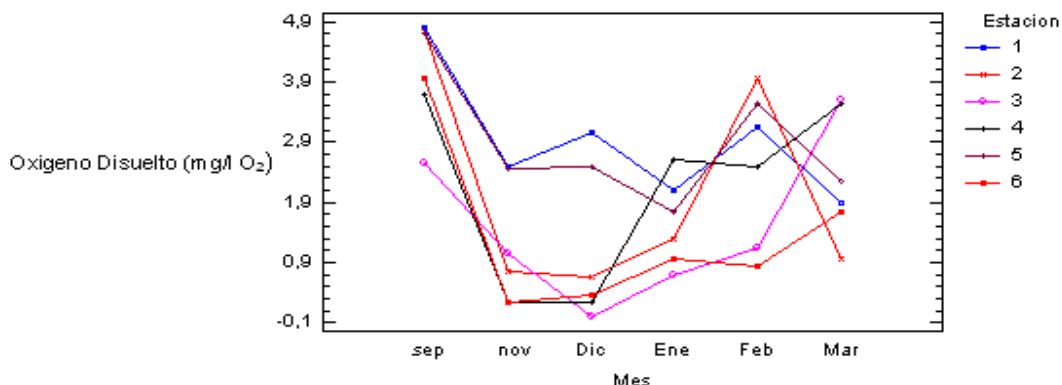


Figura 30. Oxígeno Disuelto (mg/l O₂) de septiembre de 2011 a marzo de 2012 de la Quebrada La Jaramilla

En la Figura 30, en los meses de noviembre y diciembre de 2011, los puntos de muestreo alcanzaron una degradación notable, se inició en el punto donde se vierten los desechos y termina donde la concentración de oxígeno disuelto disminuye a un 40% del valor de saturación. En enero, febrero y marzo de 2012 se inició la descomposición activa que es la siguiente, se inicia a los 40% de saturación y termina donde la concentración de oxígeno, después de haberse reducido hasta alcanzar valores más bajos (a veces hasta cero) se eleva otra vez a los 40% de saturación, tiene lugar aguas abajo del vertido, la cantidad de oxígeno disminuye drásticamente, incluso hasta en condiciones anaerobias, también se produce sedimentación de materiales, el agua tiene un aspecto sucio, pardusco y mal olor. De igual modo, valores medios de DBO (Tabla 8), como en este caso, pueden incidir en la disminución del porcentaje de saturación de oxígeno, reduciendo la capacidad de autodepuración de la fuente hídrica en periodos de sequía (Bennet, 1978).

Desde el punto de vista de calidad de agua, es necesario crear estrategias de conservación en esta quebrada puesto que la zona de aguas limpias propuesta por este perfil no se encontró en el transcurso de este lapso de tiempo en la zona estudiada. En la zona de aguas limpias, las aguas se recuperan completamente las condiciones originales anteriores a la polución, esto se puede explicar debido a que la quebrada es utilizada con sitio de vertimientos de aguas residuales domésticas a nivel urbano.

7. CALIDAD DEL AGUA

7.1. INDICES DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

El propósito de los índices de calidad de aguas (ICA), es simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tales como Conductividad (FTU), Dureza total (mg/l CaCO₃), Alcalinidad (mg/l CaCO₃), Demanda Bioquímica de Oxígeno ó DBO₅ (mg/l - O₂), Coliformes Totales (UFC/100ml), Porcentaje de Saturación (%- O₂), Sólidos suspendidos totales (mg/l), Fosfatos (mg/l PO₄³⁻), fueron

determinados y analizados en cada una de las estaciones durante el estudio, para determinar la calidad de agua.

En el 2002, diferentes entidades que conforman el Sistema de Información Ambiental Colombiano, incursionaron sobre la base de los índices desarrollados por Rojas (1991), Behar et al. (1997), Ramírez y Viña (1998), en los que se han desarrollado catorce indicadores ambientales, de los cuales tres corresponden a la oferta hídrica, dos a la sostenibilidad del recurso, seis a la calidad del agua dulce y tres ICA adicionales para las aguas marinas y costeras. A pesar del gran esfuerzo realizado en Colombia, algunos de estos indicadores, especialmente los de calidad del agua, apenas están planteados debido a la poca densidad de puntos de colección de datos y su falta de sistematización y estandarización (IDEAM et al., 2002; reportado por Samboni et al., 2007).

Los ICA son una herramienta útil para la toma de decisiones, por lo que es necesario el monitoreo continuo de cada variable que permita adecuar el índice a niveles regional y local (Montoya et al, 1997).

Es importante resaltar el trabajo realizado por la Corporación Regional del Valle del Cauca (CVC) y la Universidad del Valle, quienes en el proyecto de caracterización y modelación matemática del río Cauca (PMC) desarrollaron el índice de calidad para el río Cauca denominado ICAUACA, en el que se consideran diez variables que son: pH, OD, color, turbiedad, DBO5, nitrógeno total, fósforo total, ST, SST y coliformes fecales (CVC-Univalle, 2004).

También es importante resaltar la labor académica que ha realizado la Universidad del Quindío con la investigación realizada a través del Programa de Lic. en Biología y Educación Ambiental y el programa de Biología, con varios proyectos de tesis que incluyen la recopilación de datos de los ICA y ribereños de algunas fuentes hídricas del departamento entre estos estudios se encuentran: Bustamante et al.,(2008), Obando C, Nadia (2009), Marín, Nidia (2009) y Marín Luz A (2012). En cuanto a la valoración del ambiente biofísico e hidromorfológico - en la quebrada La Florida se aplicó el protocolo de evaluación de calidad ecológica de ríos andinos (CERA), a través de los índices de evaluación de la calidad del hábitat fluvial (IHF) y de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And).

En el momento no se dispone información bibliográfica que indique el nivel de contaminación de la Quebrada la Jaramilla por medio de los ICA en este efluente por lo que la información aquí presentada se considera inédita.

Para conocer el estado de la fuente hídrica se utilizaron los siguientes índices contaminación acuática, formulados por Viña y Ramírez (1998):

Tabla 12. Índice de Contaminación por mineralización (ICOMI) en la zona de estudio.

MESES	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Sept	0,51	0,48	0,35	0,31	1,45	1,57	1,35	1,43	0,54	0,49	0,96	0,95
Nov	0,57	0,52	0,63	0,57	0,72	0,68	1,52	1,46	0,34	0,31	0,42	0,41
Dic	0,54	0,53	0,61	0,62	0,72	0,79	2,05	1,95	0,22	0,23	0,32	0,29
Ene	0,35	0,23	0,73	0,67	0,76	0,69	0,34	0,34	0,44	0,44	0,21	0,24
Feb	0,23	0,21	0,40	0,43	0,33	0,37	0,59	0,61	0,41	0,44	0,24	0,28
Marzo	0,32	0,66	0,59	0,65	1,04	1,01	0,73	1,26	0,59	0,55	0,31	0,39
Promedio estación / punto de muestreo	0,41	0,57	0,47	0,48	1,24	1,29	1,04	1,35	0,56	0,52	0,64	0,67

CONCENTRACION	Media	Media	Muy Alta	Muy Alta	Media	Alta
INDICADOR	Media	Media	Pésima	Pésima	Media	Mala
RANGO	0,4 - 0,6	0,4 - 0,6	0,8 - 1,0		0,4 - 0,6	0,6 - 0,8

*P= punto de muestreo

De acuerdo con lo encontrado el Estado actual de La Quebrada en cuanto a su contaminación por mineralización es media para las estaciones 1, 2 y 5, para las Estaciones 3 y 4 Muy alta y para la estación 6 alta. En cuanto a su indicación podemos ver en la tabla anterior (tabla 12) un deterioro de la fuente pasando de calidad media (Estación 1, 2, 5) a pésima (Estación 3 y 4).

Tabla 13. Índice de Contaminación por materia orgánica (ICOMO) en la zona de estudio.

MESES	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Sept	0,45	0,45	0,41	0,45	0,57	0,58	0,53	0,58	0,40	0,37	0,53	0,54
Nov	0,44	0,45	0,73	0,67	0,67	0,58	0,67	0,67	0,56	0,57	0,51	0,52
Dic	0,55	0,53	0,62	0,62	0,67	0,58	0,67	0,67	0,47	0,49	0,53	0,55
Ene	0,51	0,47	0,58	0,58	0,67	0,67	0,68	0,69	0,50	0,50	0,40	0,41
Feb	0,48	0,49	0,60	0,59	0,67	0,67	0,65	0,65	0,50	0,50	0,49	0,48
Marzo	0,58	0,49	0,60	0,65	0,63	0,63	0,71	0,71	0,48	0,44	0,41	0,34
Promedio estación / punto de muestreo	0,51	0,47	0,51	0,55	0,60	0,61	0,62	0,64	0,44	0,41	0,47	0,44

CONCENTRACION	Media	Media	Alta	Alta	Media	Media
INDICADOR	Media	Media	Mala	Mala	Media	Media
RANGO	0,4 - 0,6		0,6 - 0,8		0,4 - 0,6	

*P= punto de muestreo

Se seleccionaron DBO y Coliformes totales, ya que estas reflejan fuentes diferentes de contaminación por materia orgánica, lo que indica un grado significativo de contaminación por bacterias fecales (Tabla 9), así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del sistema ante este tipo de polución (Tabla 8), donde las Estaciones 3 y 4 obtuvieron una concentración alta (tabla 13). Monsalve et al. (2006), con respecto al ICOMO registraron condiciones medias de contaminación por materia orgánica, esto muestra entonces, la incidencia del aprovechamiento del recurso para diversos usos antrópicos.

Tabla 14. Índice de Calidad por sólidos suspendidos (ICOSUS) en la zona de estudio.

MESES	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Sept	0,00	0,00	0,12	0,12	0,48	0,21	0,33	0,34	0,05	0,05	0,11	0,25
Nov	0,00	0,03	0,05	0,11	0,11	0,00	0,90	0,59	0,26	0,20	0,08	0,11
Dic	0,04	0,03	0,09	0,02	0,00	0,08	0,55	0,62	0,93	0,25	0,13	0,38
Ene	0,05	0,11	0,05	0,05	0,13	0,11	0,17	0,08	0,11	0,08	0,08	0,08
Feb	0,06	0,06	0,05	0,05	0,15	0,08	0,02	0,05	0,02	0,09	0,09	0,06
Marzo	0,09	0,01	0,12	0,22	0,21	0,25	0,40	0,45	0,32	0,32	0,05	0,05
Promedio estación / punto de muestreo	0,04	0,04	0,08	0,10	0,18	0,12	0,39	0,35	0,28	0,16	0,09	0,15

CONCENTRACION	Muy baja	Baja	Muy baja
INDICADOR	Muy buena	Buena	Muy buena
RANGO	0,0 - 0,2	0,2 - 0,4	0,0 - 0,2

*P= punto de muestreo

La composición típica de las aguas residuales domésticas en concentración débil no sobrepasa los 100 mg/l de sólidos en suspensión, dando como resultado una calidad buena y muy buena tanto en el ICOSUS, como en su composición (Tabla 14), caso similar ocurrido en la Quebrada la Florida, donde según Bustamante et al., en el 2011, encontró que el índice ICOSUS no presentó contaminación por sólidos suspendidos, esta variable registró valores bajos, inferiores a 0.3 unidades, lo que significa que de esta corriente hídrica presenta condiciones estables relacionadas con la sedimentación del cauce.

Tabla 15. Índice de contaminación trófica (ICOTRO), en la zona de estudio.

MESES	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4		Estación 5		Estación 6	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P 7	P 8	P 9	P10	P11	P12
Sept	1,3	1,8	0,37	0,37	5,94	5,94	4,5	4,5	1,2	1,2	3,6	3,6
Nov	0,27	0,25	1,2	1,3	2,4	2,2	5,7	5,4	0,4	0,39	0,4	0,5
Dic	0,85	0,83	2,4	2,2	7,8	7,52	0,23	0,21	0,44	0,42	0,23	0,24
Ene	0,6	0,5	1,2	1,22	3,75	3,7	2,6	2,3	0,38	0,36	0,5	0,49
Feb	1,41	1,38	2,8	2,66	3,9	3,85	0,46	0,45	0,38	0,4	0,4	0,39
Marzo	0,5	0,5	2,5	2,6	3,9	3,75	0,75	0,8	1,9	1,8	0,9	0,95
Promedio estación / punto de muestreo	0,82	0,88	1,75	1,73	4,62	4,49	2,37	2,28	0,78	0,76	1,01	1,03

CONCENTRACION	0.02g/l a 1.00 mg/l	>1.00 mg/l	0.02 g/l a 1.00 mg/l	>1.00 mg/l
CATEGORIA	Eutrofia	Hipereutrofia	Eutrofia	Hipereutrofia
INDICADOR	NARANJA	ROJO	NARANJA	ROJO

*P= punto de muestreo

El fósforo puede existir en aguas naturales y residuales, casi exclusivamente bajo la fórmula de fosfatos, siendo el más importante de ellos el ortofosfato, el fosfato se convierte en ortofosfato por calentamiento, la concentración de fosfato en forma de ortofosfato es relativamente pequeña en las aguas naturales, el fosforo orgánico deriva fundamentalmente de la descomposición orgánica, abundante en las aguas residuales domésticas, objeto de estudio. La principal fuente de fósforo en el agua se deriva de las aguas residuales agrícolas y del uso detergentes en el lavado doméstico (Cárdenas, 2005).

En las Estaciones 2,3,4 y 6 (Tabla 15) se presentan los mayores valores de concentración de fosfatos en el estudio, se puede afirmar entonces, que las estaciones más cercanas a la población aledaña poseen una concentración mayor a 1 mg/l categorizándose hipertrófica, debido a la descarga de materia orgánica e inorgánica. La Estación 6 se encuentra en una zona de cafetal donde llegan las aguas residuales agrícolas muy cerca al punto de muestreo. Según Roldán (1992), el ambiente presenta estado de eutrofia (Estaciones 1 y 5), por la adición de nutrientes propio de las actividades agrícolas y a la presencia de residuos orgánicos. También Petra Pütz (2008), afirma que los compuestos de fosfato que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales estas provienen de: fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza.

Según Monsalve et al. (2006), esta situación puede deberse a los posibles vertimientos de desechos domésticos, pecuarios y agroindustriales, el lavado continuo del suelo y a la descomposición de la materia orgánica.

8. INDICES HIDROMORFOLOGICOS

La buena salud de los ecosistemas acuáticos y la buena calidad del agua dependen de cómo manejamos nuestra cuenca y los recursos hídricos. Este manejo y las alteraciones producidas en la ribera y en el canal modifican la calidad ecológica del río.

Diagnosticar el estado de salud de los ríos nos permite identificar los problemas de contaminación y definir estrategias o cambios en nuestras costumbres que nos permitan mejorar la calidad del agua que utilizamos y proteger los ecosistemas acuáticos y las especies que viven en ellos.

En la región Andina, es especialmente importante, conocer la calidad ecológica de los ríos, ya que muchas personas utilizan agua de ríos que reciben gran cantidad de contaminación a su paso por tierras agrícolas o ganaderas, poblados y ciudades. Además, esta agua que puede estar contaminada, luego es usada por otras personas que viven río abajo (Encalada et al., 2011).

8.1. PROTOCOLOS CERA

Con los protocolos CERA (Calidad Ecológica de los Ríos Alto Andinos), se pretende que ciudadanos, líderes comunitarios, funcionarios públicos o estudiantes, puedan valorar cuál es el estado de su río, preguntarse por qué se encuentra en esta situación, y buscar la manera de promover su adecuado manejo, protección y/o restauración.

La base del protocolo es la valoración de la calidad biológica del río y las características de su entorno y su representación mediante una combinación sencilla de colores que permite a quien no tiene una formación científica especializada observar rápidamente cual es el estado de salud de su río.

Por tanto la importancia de la aplicación de los protocolos CERA en esta zona ya que el municipio de la Tebaida por ser turístico, la afluencia de visitantes incrementan de una u otra forma la descarga de agua residual doméstica dando como resultado el cambio sinérgico de la fuente, situación actual que aqueja a la población del municipio en la zona urbana estudiada (Ver Anexo 1).

En el momento no se dispone información bibliográfica que indique el nivel de contaminación de la Quebrada La Jaramilla por medio de los Indices Hidromorfológicos en este efluente por lo que la información aquí presentada se considera inédita.

8.1.1. VALORACIÓN PROTOCOLOS CERA.

En la tabla 16 se encuentra la Puntuación Obtenida luego de aplicar los Protocolos CERA , (ver Figura 31, Anexo 1).

Tabla 16. Resultado de los Bloques en base a los Protocolos CERA (ver Anexo 1), para la evaluación de la Calidad Hidromorfológica en cuanto al Rango de Calidad del Índice (IHF), en las zonas de estudio.

ESTACIÓN	BLOQUES							TOTAL
	Inclusión Rápidos	Frecuencia Rápidos	Composición del Sustrato	Regímenes de velocidad/profundidad	% de sombra en el cauce	Elementos de Heterogeneidad	Cobertura vegetación acuática	
1	10	8	5	6	3	4	15	51
2	0	8	5	6	3	4	15	41
3	0	8	5	6	3	4	10	36
4	0	6	5	6	4	4	0	25
5	0	6	5	6	4	4	15	40
6	0	8	12	6	3	6	15	50

8.1.2. CALIDAD HIDROMORFOLOGICA

Después de la aplicación de los protocolos CERA (Tabla 16), se obtiene una sumatoria total de las variables de cada apartado en un solo valor (ver Figura 31), para obtener la calidad Hidromorfológica de la fuente, luego se procede a comparar el resultado de cada bloque con las siguientes escalas:

- Si el valor está entre 0 y 10 la calidad hidromorfológicos del río será Pésima.
- Si el valor está entre 10 y 20 será Mala.
- Entre 20 y 28 será Moderada.
- Entre 28 y 35 será Buena.
- Valores mayores a 35 denotan calidad Excelente.

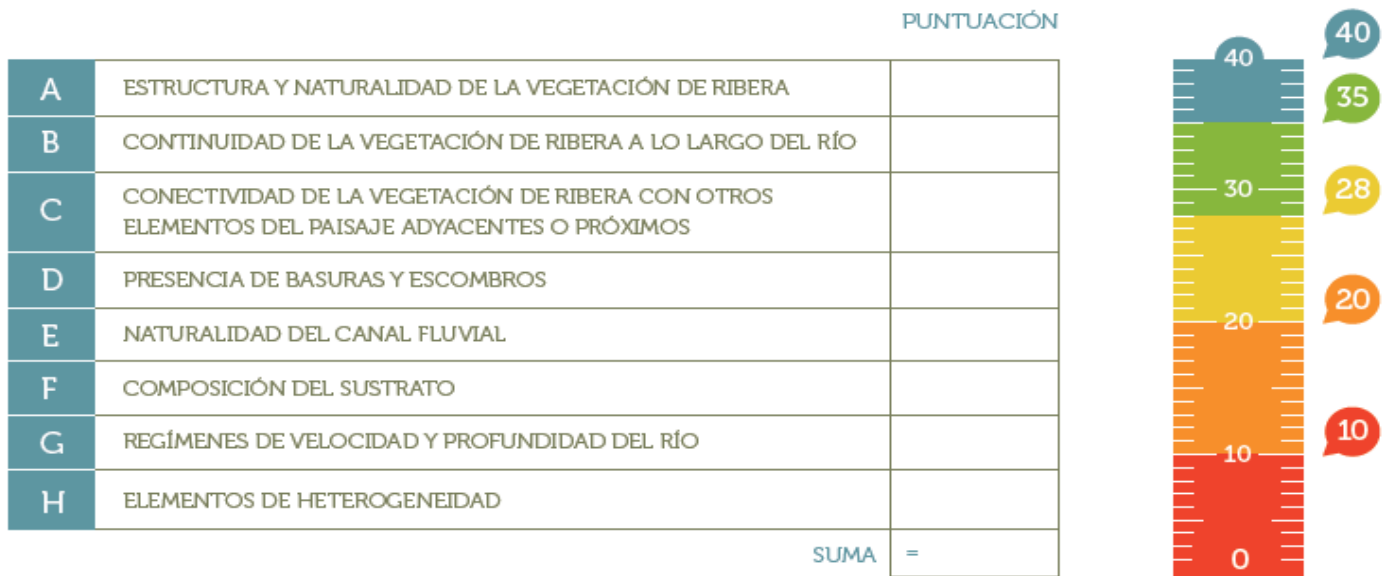


Figura 31. Referentes numéricos para obtener la Calidad Hidromorfológica en las 6 estaciones de la zona de estudio, aplicando los protocolos CERA.

De acuerdo con lo anterior para cada una de las Estaciones, se encontró la siguiente Calidad Hidromorfológica (ver Tabla 17):

Tabla 17: Calidad Hidromorfológica obtenida después de aplicar los protocolos CERA a cada una de las estaciones de muestreo del estudio.

ESTACIONES	PUNTUACIÓN OBTENIDA	CALIDAD HIDROMORFOLOGICA
1	51	EXCELENTE
2	41	EXCELENTE
3	36	EXCELENTE
4	25	MODERADA
5	40	EXCELENTE
6	50	EXCELENTE

9. VALORACION DEL ESTADO BIOFISICO

9.1. INDICE DE CALIDAD FLUVIAL (IHF).

Para las estaciones 1, 2,5 y 6 la cobertura de la vegetación acuática (Tabla 16), posee un valor de 15, a diferencia de la estación 4 (valor de 0) donde el hábitat fluvial es un Box Couvert fabricado para minimizar el olor causado por la descomposición activa que posee la quebrada en este punto. En total la aplicación de los protocolos CERA en cuanto a los bloques, presentó valores mayores a 35

(Tabla 16), que en conjunto evalúa la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad que contribuyen a incrementar la diversidad del hábitat físico y de las fuentes alimenticias, entre los materiales de origen alóctono y autóctonos (Encalada et al, 2011), obteniendo el mayor puntaje en la cobertura de vegetación acuática (hojarasca, troncos y ramas, dique naturales, raíces sumergidas y vegetación acuática), donde se obtuvo una excelente calidad Hidromorfológica (Tabla 17), en cuanto al nivel de calidad del estado biofísico se encontró un hábitat fluvial poco diverso. En cuanto a la Estación 4, ésta obtuvo una puntuación de 25, que de acuerdo con las referencias encontradas en la Figura 31, se puede concluir que posee una moderada Calidad Hidromorfológica y en cuanto a la valoración del estado biofísico es un hábitat fluvial con serias limitaciones (ver Tabla 18).

TABLA 18. Valoración del estado biofísico en los puntos de muestreo, Rango de Calidad del Índice (IHF), encontrado en cada punto de muestreo de las 6 estaciones.

Nivel de Calidad	Puntuación	E 1*	E 2*	E 3*	E 4*	E 5*	E 6*
Hábitat fluvial óptimo (> 75)	>75						
Hábitat fluvial medianamente diverso (51 - 74)	51 - 74						
Hábitat fluvial poco diverso	40 – 50	X	X			X	X
Hábitat fluvial con serias limitaciones	<40			X	X		

* E: Estacion

9.2. INDICE DE LA CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINA (QBR – AND)

No existen muchas propuestas para cuantificar la calidad ambiental de las riberas utilizando índices de fácil manejo y de aplicación sencilla, así que Munné *et al.*, en (1998) y (2003); Acosta, 2009 (Adaptado de Pardo et al., 2002), propusieron el QBR (Índice de Calidad del Bosque de Ribera) que en cuatro bloques recoge distintos componentes y atributos de las riberas: - cubierta vegetal, -estructura de la vegetación, - naturalidad y complejidad del bosque ribereño y – grado de alteración del canal fluvial (Tabla 19, Anexo 5).

Tabla 19. Resultado de los Bloques en base a los Protocolos CERA (ver Anexo 1), para la evaluación de la Calidad Hidromorfológica en cuanto al Rango de Calidad del Índice (QBR – And), en las zonas de estudio.

ESTACIÓN	Índice de Calidad de la Vegetación de ribera Andina							TOTAL
	Grado de la cubierta de la zona de ribera	Estructura de la cubierta	Calidad de la Cubierta	Grado de naturalidad del canal fluvial	Grado de cubierta de la zona de ribera	Calidad de la Cubierta	Grado de naturalidad del canal fluvial	
1	5	0	5	5	25	10	10	60
2	5	0	5	5	25	10	10	60
3	5	0	0	10	25	10	10	60
4	50	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	10	5	5	10	10	10	10	60

Este índice se centra en aspectos fundamentales de la vegetación ribereña, ya que se relaciona con el grado de cobertura vegetal del corredor ribereño y destaca el papel de la vegetación como elemento estructural del ecosistema de ribera, también analiza la complejidad de la vegetación, teniendo en cuenta su estructura vertical, establece el número óptimo de especies arbóreas analizado y evalúa la naturalidad del canal fluvial (Encalada et al, 2011). En la estación 4, se encontraron alteraciones de la cubierta de la zona de ribera, debido a que es un Box Couvert (Tabla 19). Las Estaciones 1,2, 3 y 6 presentaron un inicio de alteración importante, dando como resultado una calidad intermedia, en cuanto a la estación 4 y 5 poseen una degradación extrema (ver Tabla 20).

TABLA 20. Valoración del estado biofísico en los puntos de muestreo, Rango de Calidad del Índice (QBR – And), encontrado en cada punto de muestreo de las 6 estaciones.

Nivel de Calidad	Puntuación	E 1*	E 2*	E 3*	E 4*	E 5*	E 6*
Vegetación de Ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	>95						
Vegetación ligeramente perturbado, calidad buena	76 – 95						
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	51 – 75	X	X	x			x
Alteración fuerte, mala calidad	26 – 50						
Degradación extrema, calidad pésima	>25				x	x	

* E: Estacion.

Obando C, Nadia (2009), afirma que, la buena calidad de vegetación ribereña está relacionada con el área de estudio, sin embargo si ésta posee perturbaciones como monocultivos aledaños puede ocasionarse alteraciones importantes dando como resultado una calidad intermedia en la vegetación de ribera. Igualmente los sectores urbanos modifican de una otra forma el paisaje por la intervención antrópica a la que se ven sometidos, por la demanda de recursos de importancia en este caso el agua.

9. CONCLUSIONES

La Quebrada la Jaramilla, municipio de la Tebaida posee una composición típica de Las Aguas Residuales Domésticas (ARD), las cuales le aportan gran cantidad de sólidos de tipo orgánico principalmente, produciendo un impacto ambiental negativo de tipo sinérgico a la quebrada dado por la acumulación de vertimientos en la zona urbana, generando contaminación hídrica.

En las 6 estaciones durante los meses de muestreo, el pH, tuvo fluctuaciones significativas en su rango normal y exigido en cuanto a los criterios de calidad admisibles para la preservación de flora y fauna, debido a la presencia de ácidos y bases que modifican ampliamente el pH de las aguas.

Se presentó una concentración media y fuerte del agua típica residual doméstica en cada una de las estaciones debido a la escorrentía provocada por la temporada de lluvias entre septiembre de 2011 a marzo de 2012, que para el municipio de la Tebaida fue significativa, debido a que éstas transportan desechos provocados por las actividades domésticas, ya que el tramo estudiado se encuentra en el casco urbano, entre los 900 a 1206 msnm, estos factores de topografía, incrementan la acumulación de carga orgánica e inorgánica que vienen de la cuenca alta por pesticidas y sobrepastoreo.

La cercanía de la Quebrada a la comunidad facilita el vertimiento de las aguas negras y desechos domésticos a ésta sin previo tratamiento; esto da como resultado de la descarga de materia orgánica e inorgánica durante años, este comportamiento se refleja en el incremento del aumento de la actividad bacteriana en los puntos de muestreos.

Las ARD con grandes valores de DBO y DQO en este estudio, son provenientes de las actividades domésticas del Barrio El Mirador y Quintas de San Sebastián, adicionalmente los indigentes y mascotas excretan en zonas aledañas a la quebrada lo que constituye un foco de contaminación además de las actividades domésticas de la población aledaña, estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica y van a la quebrada.

El aumento del DBO, se puede explicar por el aumento de los sólidos totales, que aumentan la turbiedad del agua y por ende la acumulación de sólidos, los cuales se presentan en las Aguas Residuales de tipo orgánico y /o inorgánico, éstas provenientes de las diferentes actividades domésticas de la zona urbana del Municipio de La Tebaida.

El resultado de la actividad biológica está regulado por el número de organismos y por la temperatura. Existen diferencias significativas, esto significa que los organismos dependientes del oxígeno han incrementado o disminuido su actividad metabólica y han aumentado en número según la estación.

La composición típica de las Aguas Residuales para la quebrada La Jaramilla para el grupo indicador Coliforme fue débil (menor que UFC/100ml 10^6 - 10^7), se ve influenciado por el cambio climático; estos agentes patógenos disminuyen su proporción, ya que su crecimiento se ve influenciado por la temperatura y la época de lluvias.

El Grupo Coliforme, efectuaron la oxidación de la materia orgánica a través de ciertas sales inorgánicas como sulfuros que pueden ser ofensivas para la calidad ambiental de la quebrada y la comunidad aledaña, disminuyendo el porcentaje de saturación y el oxígeno disuelto de las estaciones.

La concentración de cloruros incrementa el proceso de contaminación por aguas residuales en la Quebrada, cuando estas han sido afectadas por eventos antrópicos.

De acuerdo con lo encontrado el Estado actual de la Quebrada en cuanto a su contaminación por mineralización es media para las estaciones 1, 2 y 5, para las Estaciones 3 y 4 muy alta y para la estación 6 alta. En cuanto a su indicación podemos ver un deterioro de la fuente pasando de calidad media (estación 1, 2, 5) a pésima (estación 3 y 4), producto de la descarga de acidificantes en la fuente.

Con respecto al ICOMO se registraron condiciones medias (estaciones: 1, 2, 5 y 6) y altas (Estaciones: 3 y 4) de contaminación por materia orgánica, esto muestra entonces, la incidencia del aprovechamiento del recurso para diversos usos antrópicos, los cuales están ocasionando un deterioro ambiental de la oferta de este recurso en la zona urbana. En cuanto al ICOSUS se obtuvo una calidad buena y muy buena en las estaciones, que de esta corriente hídrica presenta condiciones estables relacionadas con la sedimentación del cauce.

La Quebrada La Jaramilla se encuentra categorizada como hipertrófica, ya que poseen una concentración mayor a 1 mg/l de concentración de fosfatos, debido a la descarga de materia orgánica e inorgánica, éstos provenientes de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza.

En cuanto a los Índices Hidromorfológicos, la aplicación de los protocolos CERA, presentó valores mayores a 35, dando como resultado una excelente calidad Hidromorfológica, con estos protocolos se pretende buscar la manera eficaz de promover el manejo adecuado, protección y/o restauración de la Quebrada La Jaramilla, por su facilidad de aplicación.

En cuanto al nivel de calidad del estado biofísico se encontró un hábitat fluvial poco diverso, la buena calidad de vegetación ribereña puede ser alterada si ésta posee perturbaciones como monocultivos aledaños dando como resultado una calidad intermedia en la vegetación de ribera. También la intervención antrópica produce una demanda de recursos de importancia.

Es necesario culturizar a los habitantes del Municipio de La Tebaida sobre la importancia de optimizar o en su defecto sino lo hay la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales para minimizar el impacto de éstas en la fuente. También se hace un llamado a la alcaldía del municipio para que realice las verificaciones pertinentes de cada sistema en conjunto con la CRQ, para el pago de tasas retributivas por contaminación hídrica.

Es responsabilidad de la Alcaldía del municipio priorizar la adecuación de la PTAR pronto ya que desde marzo del año en curso, no está en funcionamiento, efectuándose la descarga total de las aguas residuales a la quebrada sin previo tratamiento.

La preocupación es generalizada sobre el tema, sin embargo se reconoce la necesidad de educación a los ciudadanos para tomar acciones efectivas para la solución de la problemática de contaminación del agua. Se hace necesario entonces por parte de la administración, campañas de optimización del recurso desde la fuente para la culturización ambiental de cada habitante de la región.

Es prioridad para el Municipio de La Tebaida, la realización de un estudio social del estado actual encaminado a focalizar estrategias de Educación Ambiental en el manejo del recurso hídrico en la zona empezando por las entidades gubernamentales del sector.

Es importante crear planes de descontaminación de la fuente ya que el municipio de la Tebaida solo cuenta con 7 fuentes de agua, donde la quebrada la Jaramilla es la mas extensa en Km (11 Km, fuente: CRQ), y una de las más contaminadas. El uso que la comunidad y la alcaldía hace a esta fuente es inadecuado, vertiendo directamente las aguas residuales a ésta.

Debido a que la Quebrada es utilizada como sitio de vertimiento de aguas residuales domésticas a nivel urbano, es necesario crear estrategias de conservación en esta quebrada en sectores correspondientes a las distintas etapas del proceso de declinación y recuperación de dicho oxígeno, denominadas zonas de autodepuración.

Así mismo es de vital importancia realizar un monitoreo ambiental enfocado a encontrar las zonas de aguas limpias en la quebrada para realizar estrategias ambientales particulares para su conservación, puesto que la zona de aguas limpias propuesta por este perfil, no se encontró en el transcurso de este lapso de tiempo en la zona estudiada.

10. ANEXOS.

ANEXO 1. VALORACIÓN PROTOCOLOS CERA.

Acosta *et al.*

Protocolo de condiciones de referencia en ríos andinos. *Reference conditions protocol in Andean Rivers.*

CONDICIONES DE REFERENCIA EN RIOS ANDINOS



Apartado	Poco	Medio	Mucho
CUENCA			
1.1 Cobertura de especies introducidas (Eucaliptos y Pinos especialmente)	5	3	1
1.2 Porcentaje de cobertura en pastos artificiales	5	3	1
1.3 Porcentaje de cobertura en usos urbanos	5	3	1
1.4 Ausencia de vegetación autóctona	5	3	1
1.5 Explotaciones mineras	5	3	1
1.6 Explotaciones ganaderas intensivas (intensivas)	5	3	1
HIDROLOGÍA			
2.1 Presencia de grandes presas aguas arriba del lugar	5	3	1
2.2 Derivaciones de agua para hidroeléctricas azudes < 10m	5	3	1
2.3 Travasas a otras cuencas o desde otras cuencas	5	3	1
2.4 Derivaciones para usos en agricultura y ganadería	5	3	1
2.5 Derivaciones para uso en minería	5	3	1
2.6 Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)	5	3	1
TRAMO (Incluye ribera y zona inundación)			
3.1 Canalización del río por infraestructuras rígidas (escolleras, etc...)	5	3	1
3.2 Canalización del río por terraplenes	5	3	1
3.3 Presencia de cultivos i/ovacas y pasto en la llanura de inundación	5	3	1
3.4 Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones...)	5	3	1
3.5 Falta de cubierta de la zona de ribera (árboles o arbustos)	5	3	1
3.6 % Cubierta vegetal por especies introducidas (árboles o arbustos)	5	3	1
LECHO			
4.1 Sustrato del lecho totalmente artificial (p.e. cemento, escollera...)	5	3	1
4.2 Infraestructuras transversales (p.e. azudes, vados)	5	3	1
4.3 Presencia de efluentes directos al río	5	3	1
4.4 Contaminación orgánica evidente	5	3	1
4.5 Contaminación minera evidente	5	3	1
4.6 Presencia de basuras y escombros (sea en la ribera o en el mismo lecho)	5	3	1

El valor máximo del índice es de 120, el mínimo de 24.

Se considera que valores superiores a 100 son necesarios para poder considerar un punto como de referencia.

De todas formas un punto de referencia debe obtener como mínimo 20 puntos en cada apartado.

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Especificaciones de cada Apartado

El significado de Poco, Medio o Mucho en cada caso se explica a continuación.

CUENCA

- 1.1 Poco < 10%, Medio 10 -30%, Mucho>30%
- 1.2 Idem
- 1.3 Poco<1%, Medio 1-10%, Mucho > 10%. Incluye la presencia de floriculturas.
- 1.4 Poco < 10%, Medio 10 -50%, Mucho>50%
- 1.5 Poco:inexistente o de muy baja intensidad, Medio:1 grande o varias de poca intensidad, Mucho: 2 grandes o muchas de pequeña intensidad
- 1.6 Poco: inexistente o mínimas, Medio: presencia de una gran explotación, Mucho: varias explotaciones grandes

HIDROLOGIA

- 2.1 Grandes presas (>10m). Poco: inexistente, Medio: 1, Mucho > 1
- 2.2 Reducción caudal. Poco<10%, Medio 10 -50%, Mucho >50%
- 2.3 Reducción caudal. Poco: sin trasvase, Medio < 25%, Mucho >25%. Incluir también trasvases de otras cuencas
- 2.4 Reducción caudal. Poco: sin desvío, Medio < 25%, Mucho >25% (Atención si hay múltiples pequeñas pasar de medio a mucho)
- 2.5 Reducción caudal. Poco: sin desvío, Medio < 25%, Mucho >25% (Atención si hay múltiples pequeñas pasar de medio a mucho)
- 2.6 Reducción caudal. Poco: sin desvío, Medio < 25%, Mucho >25% (Atención si hay múltiples pequeñas pasar de medio a mucho)

TRAMO

- 3.1 Poco: sin canalización, Medio < 25%, Mucho >25%
- 3.2 Poco: sin canalización, Medio < 50%, Mucho >50%
- 3.3 Poco: sin cultivos, Medio <50%, Mucho >50%
- 3.4 Poco: no hay, Medio: en uno de los lados, Mucho: en los dos lados (cubriendo >10% superficie)
- 3.5 Poco: totalmente cubierto por vegetación nativa, Medio >50%, Mucho < 50%
- 3.6 Poco: sin especies introducidas, Medio <50%, Mucho > 50%

LECHO

- 4.1 Poco: nada, Medio <10%, Mucho >10%
- 4.2 Poco: ninguno, Medio: 1, Mucho > 1 (los puentes que cruzan el río no se incluyen)
- 4.3 Poco: no hay, Medio: 1 o 2 efluentes de poco caudal, Mucho: varios de poco caudal o uno de mucho caudal relativo al del río.
- 4.4 Poco: río transparente y sin olor, Medio: río turbio y poca olor, Mucho: río con espuma y mucha olor
- 4.5 Poco: no hay minas, Medio: río con sedimentos en suspensión, Mucho: sedimentos muy abundantes y conocimiento de pH muy ácido o muy básico
- 4.6 Poco: no hay o solo aisladamente, Medio: acumulaciones de forma aislada, Mucho: vertedero.

Apartados Restrictivos

Apartados que pueden constituir por ellos mismos una restricción para declarar un punto como de referencia por su afectación grave (puntuación 1 en el apartado):

- Bloque 1 1.3, 1.5
- Bloque 2 2.1, 2.3. (Respecto a los apartados 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, solo se aplica si la derivación es próxima, pero no si se ha producido ya el retorno al río del agua derivada en puntos

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). *River habitat index (IHF) (Adapted from Pardo et al., 2002)*

Bloques		Puntuación	
1. Inclusión rápidos			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0	
		TOTAL (una categoría)	
2. Frecuencia de rápidos			
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	
	Buena frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8	
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6	
	Constancia de flujo laminar rápidos someros. Relación distancia entre rápidos / anchura del río > 25	4	
	Sólo pozas	2	
		TOTAL (una categoría)	
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)			
	% Bloques y piedras	1 - 10%	2
		> 10%	5
	% Cantos y gravas	1 - 10%	2
		> 10%	5
	% Arena	1 - 10%	2
		> 10%	5
	% Limo y arcilla	1 - 10%	2
		> 10%	5
		TOTAL (sumar categorías)	
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8	
	Sólo 2 de las 4	6	
	Sólo 1 de las cuatro	4	
		TOTAL (una categoría)	
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas	10	
	Totalmente en sombra	7	
	Grandes claros	5	
	Expuesto	3	
		TOTAL (una categoría)	
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)			
	Hojarasca > 10% ó < 7%	4	
	< 10% ó > 7%	2	
	Presencia de troncos y ramas	2	
	Raíces expuestas	2	
	Diques naturales	2	
		TOTAL (una categoría)	
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)			
	% Plocon + briófitos	10 - 50%	10
		< 10% ó > 50%	5
		Ausencia absoluta	0
	% Pecton	10 - 50%	10
		< 10% ó > 50%	5
		Ausencia absoluta	0
	% Fanerógamas	10 - 50%	10
		< 10% ó > 50%	5
		Ausencia absoluta	0
		TOTAL (sumar categorías)	
		PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)	

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And). *Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And)*.

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación
		Observador
		Fecha
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque 1
Puntuación		
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%	
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%	
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%	
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)		Puntuación bloque 2
Puntuación		
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %	
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %	
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %	
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %	
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %	
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %	
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.	
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %	
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad	
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %	
Calidad de la cubierta		Puntuación bloque 3
Puntuación		
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos	
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas	
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas	
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas	
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.	
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas	
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas	
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas	
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque 4
Puntuación		
25	el canal del río no ha estado modificado	
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	
0	río canalizado en la totalidad del tramo	
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río	
- 5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes	
- 10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado	
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)		

ANEXO 2. Variación de la temperatura en los meses de estudio según www.accuweather.com/regional

Gráfico de temperaturas septiembre 2011

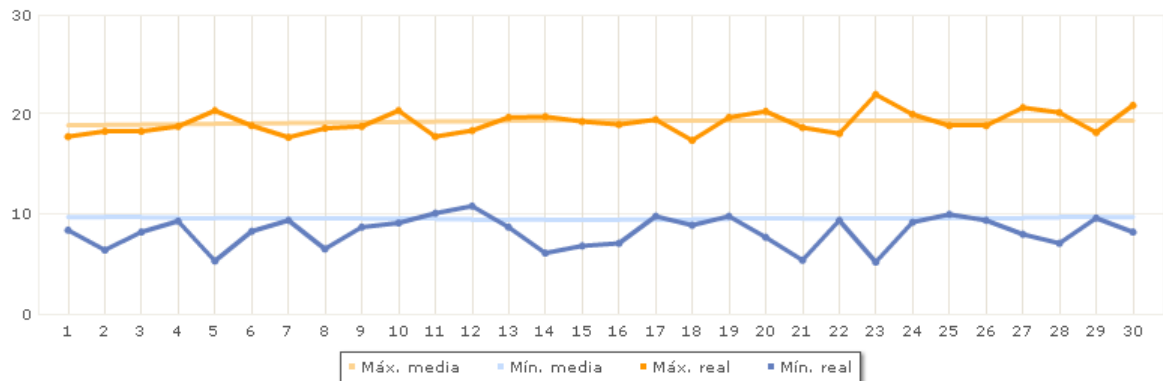


Gráfico de temperaturas noviembre 2011

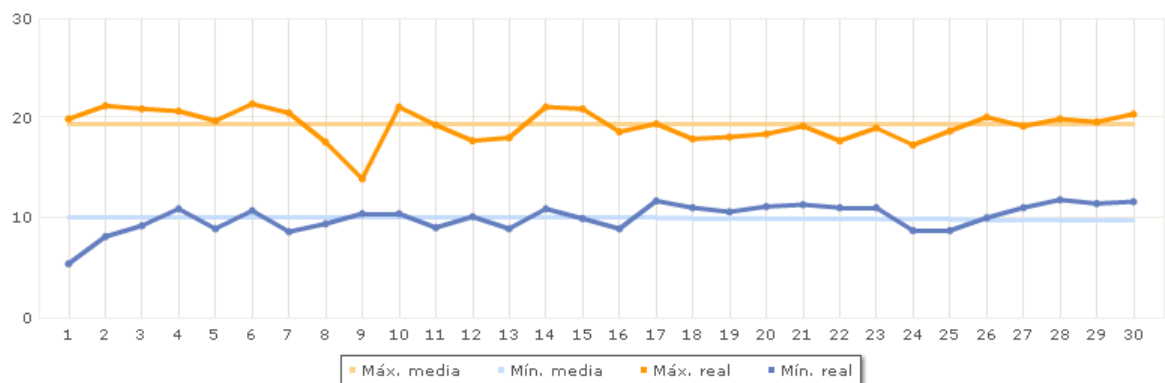


Gráfico de temperaturas diciembre 2011

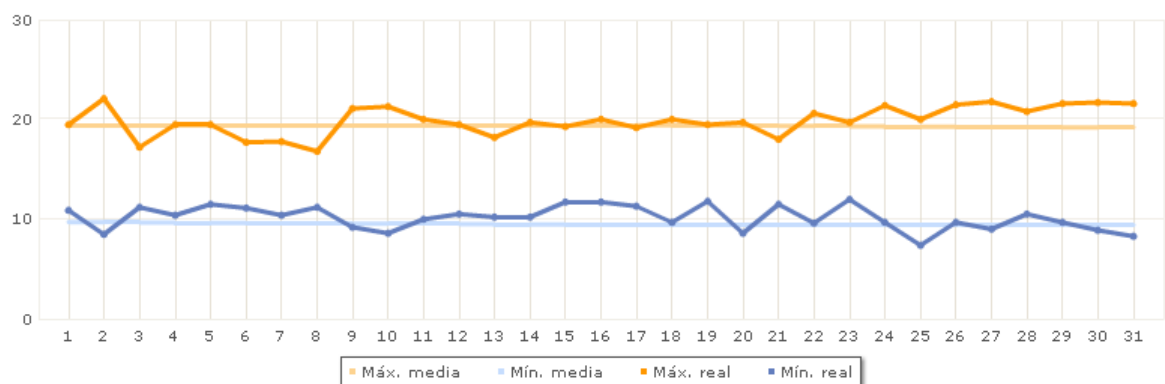


Gráfico de temperaturas enero 2012

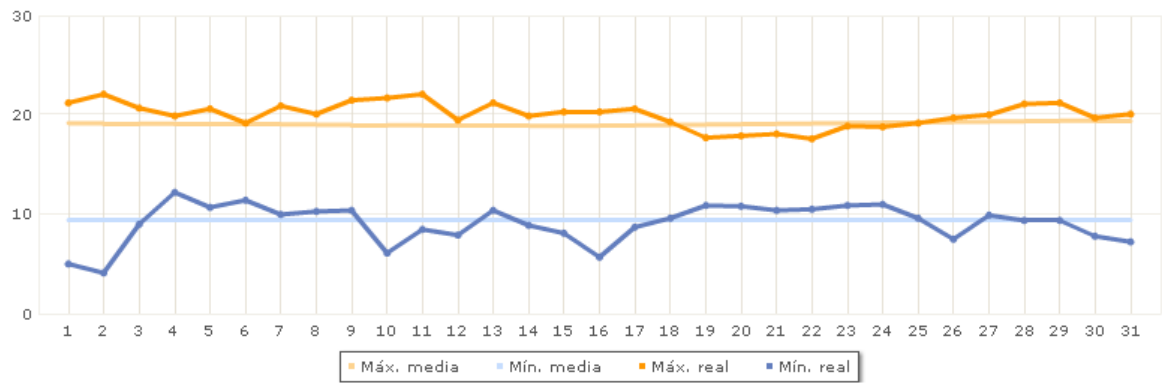


Gráfico de temperaturas febrero 2012

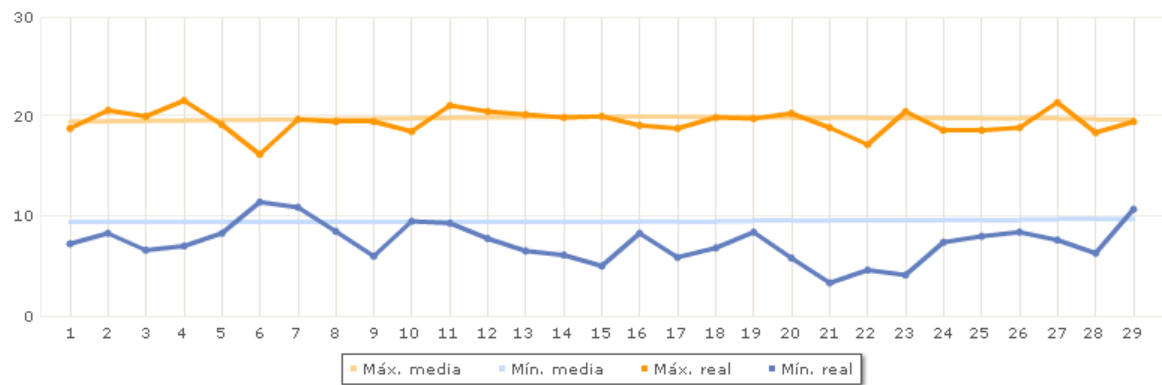
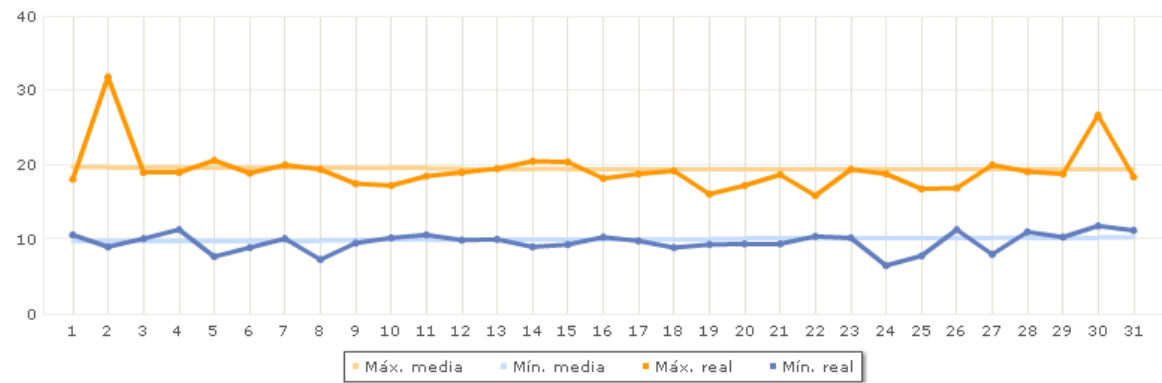


Gráfico de temperaturas marzo 2012



ANEXO 3.

Tabla 21. Coordenadas geográficas, altitud, ancho, profundidad, velocidad de la corriente y caudal de la quebrada la Jaramilla en la zona de estudio.

Parámetros In situ de la Quebrada	E1	E2	E3	E4	E(s): 5 y 6
Coordenada Geográficas	N 04° 27.927' W 075° 46.858'	N 04° 27.492' W 075° 47.400'	N 04° 26.460' W 075° 48.547'	N 04° 27.823' W 075° 47.265'	N 04° 26.413' W 075° 46.730'
Altitud (msnm)	978	926	920	980	937
Ancho (m)	2.0	2.30	1.30	1.50	0.60
Profundidad(m)	0.36	0.15	0.20	0.08	0.10
*Promedio de la Velocidad de la corriente (m/seg)	0.34	0.15	0.08	2.10	0.13
*Caudal (Q) (l/seg)	122.4	25.9	16.8	201.6	4.0

* Promedio de la Velocidad de la corriente (m/seg)= $V = L/T$ donde, L= 8m (recorrido del objeto flotante), y T= promedio del tiempo recorrido del objeto flotante.

* Caudal (Q)= $C \times V \times A \times 1000$, donde:

C= factor de corrección del caudal, de acuerdo al tipo de terreno si es, para canal de concreto= 0.8 (estaciones 3 y 4), para arroyo quebrado C= 0.5 (estaciones 1, 2, 5 y 6).

V= Velocidad de la Corriente en m/seg.

A= Area de la sección= $A = B \times H$ (B= ancho del canal en metros, H= profundidad del agua en metros).

ANEXO 4. ANOVA 2011- 2012, STATISTICA 7, Statsoft Inc, 1984 – 2004).

Multifactor ANOVA - Potencial de Hidrogeno

Dependent variable: Potencial de Hidrogeno

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR POTENCIAL DE HIDROGENO - TYPE III SUMS OF SQUARES

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	5,81569	5	1,16314	8,82	0,0000
B:Mes	6,93903	5	1,38781	10,53	0,0000
INTERACTIONS					
AB	8,10014	25	0,324006	2,46	0,0067
RESIDUAL	4,745	36	0,131806		
TOTAL (CORRECTED)	25,5999	71			

MULTIFACTOR ANOVA - ALCALINIDAD TOTAL

Dependent variable: Alcalinidad Total

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR ALCALINIDAD TOTAL - TYPE III SUMS OF SQUARES

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>MeanSquare</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	18849,4	5	3769,88	264,81	0,0000
B:Mes	9478,4	5	1895,68	133,16	0,0000
INTERACTIONS					
AB	33639,7	25	1345,59	94,52	0,0000
RESIDUAL	512,5	36	14,2361		
TOTAL (CORRECTED)	62480,0	71			

MULTIFACTOR ANOVA - ACIDEZ

Dependent variable: Acidez

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR ACIDEZ - TYPE III SUMS OF SQUARES

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>MeanSquare</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	7896,28	5	1579,26	120,96	0,0000
B:Mes	14340,3	5	2868,06	219,68	0,0000
INTERACTIONS					
AB	17544,1	25	701,762	53,75	0,0000
RESIDUAL	470,0	36	13,0556		
TOTAL (CORRECTED)	40250,6	71			

MULTIFACTOR ANOVA – DUREZA TOTAL

Dependent variable: Dureza Total

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR DUREZA TOTAL - TYPE I SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	8251,78	5	1650,36	50,69	0,0000
B:Mes	3132,44	5	626,489	19,24	0,0000
INTERACTIONS					
AB	3648,89	25	145,956	4,48	0,0000
RESIDUAL	1172,0	36	32,5556		
TOTAL (CORRECTED)	16205,1	71			

MULTIFACTOR ANOVA – CLORUROS

Dependent variable: Cloruros

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR CLORUROS - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	3459,57	5	691,914	476,73	0,0000
B:Mes	5920,86	5	1184,17	815,89	0,0000
INTERACTIONS					
AB	7178,47	25	287,139	197,84	0,0000
RESIDUAL	52,25	36	1,45139		
TOTAL (CORRECTED)	16611,2	71			

MULTIFACTOR ANOVA – FOSFATOS

Dependent variable: Fosfatos

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR FOSFATOS - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	124,833	5	24,9667	2587,96	0,0000
B:Mes	15,6407	5	3,12814	324,25	0,0000
INTERACTIONS					
AB	103,723	25	4,14892	430,06	0,0000
RESIDUAL	0,3473	36	0,00964722		
TOTAL (CORRECTED)	244,544	71			

MULTIFACTOR ANOVA – OXIGENO DISUELTO

Dependent variable: Oxígeno Disuelto

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR OXIGENO DISUELTO - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	25,9324	5	5,18647	144,18	0,0000
B:Mes	73,679	5	14,7358	409,64	0,0000
INTERACTIONS					
AB	41,8268	25	1,67307	46,51	0,0000
RESIDUAL	1,295	36	0,0359722		
TOTAL (CORRECTED)	142,733	71			

MULTIFACTOR ANOVA – DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

Dependent variable: Demanda Química de Oxígeno

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR DQO - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	5,00338x10 ⁶	5	1,00068x10 ⁶	15348,59	0,0000
B:Mes	269456	5	53891,3	826,60	0,0000
INTERACTIONS					
AB	2,05626x10 ⁶	25	82250,2	1261,57	0,0000
RESIDUAL	2347,08	36	65,1966		
TOTAL (CORRECTED)	7,33143x 10 ⁶	71			

MULTIFACTOR ANOVA – COLIFORMES TOTALES

Dependent variable: Coliformes Totales

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR COLIFORMES TOTALES - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	744028,	5	148806,	39,07	0,0000
B:Mes	532255,	5	106451,	27,95	0,0000
INTERACTIONS					
AB	906638,	25	36265,5	9,52	0,0000
RESIDUAL	137124,	36	3809,0		
TOTAL (CORRECTED)	2,32005x10 ⁶	71			

MULTIFACTOR ANOVA – DEMANDA BIQUIMICA DE OXIGENO

Dependent variable: Demanda Bioquímica de Oxígeno

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR DBO - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Mes	102164,	5	20432,8	8,29	0,0000
B:Estacion	667456,	5	133491,	54,14	0,0000
INTERACTIONS					
AB	539172,	25	21566,9	8,75	0,0000
RESIDUAL	88770,0	36	2465,83		
TOTAL (CORRECTED)	1,39756x10 ⁶	71			

MULTIFACTOR ANOVA – COLIFORMES FECALES

Dependent variable: Coliformes Fecales

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR COLIFORMES FECALES - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	1,00519E6	5	201037,	67,86	0,0000
B:Mes	344374,	5	68874,9	23,25	0,0000
INTERACTIONS					
AB	877284,	25	35091,4	11,85	0,0000
RESIDUAL	106646,	36	2962,38		
TOTAL (CORRECTED)	2,33349x10 ⁶	71			

MULTIFACTOR ANOVA – SOLIDOS TOTALES

Dependent variable: Solidos Totales

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR SÓLIDOS TOTALES - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	321395,	5	64279,0	14,22	0,0000
B:Mes	315957,	5	63191,3	13,98	0,0000
INTERACTIONS					
AB	461293,	25	18451,7	4,08	0,0001
RESIDUAL	162735,	36	4520,42		
TOTAL (CORRECTED)	1,26138x10 ⁶	71			

MULTIFACTOR ANOVA – SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS

Dependent variable: Sólidos Totales Disueltos

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	94108,9	5	18821,8	15,37	0,0000
B:Mes	37394,7	5	7478,95	6,11	0,0003
INTERACTIONS					
AB	118635,	25	4745,41	3,88	0,0001
RESIDUAL	44081,5	36	1224,49		
TOTAL (CORRECTED)	294220,	71			

MULTIFACTOR ANOVA – CONDUCTIVIDAD

Dependent variable: Conductividad

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR CONDUCTIVIDAD - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	272965,	5	54593,1	79,25	0,0000
B:Mes	115874,	5	23174,7	33,64	0,0000
INTERACTIONS					
AB	196872,	25	7874,89	11,43	0,0000
RESIDUAL	24800,0	36	688,889		
TOTAL (CORRECTED)	610511,	71			

MULTIFACTOR ANOVA – TEMPERATURA

Dependent variable: Temperatura

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR TEMPERATURA - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	81,1083	5	16,2217	87,03	0,0000
B:Mes	694,128	5	138,826	744,82	0,0000
INTERACTIONS					
AB	65,5733	25	2,62293	14,07	0,0000
RESIDUAL	6,71	36	0,186389		
TOTAL (CORRECTED)	847,52	71			

MULTIFACTOR ANOVA – HUMEDAD RELATIVA

Dependent variable: Humedad Relativa

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR HUMEDAD RELATIVA - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	5953,47	5	1190,69	132,75	0,0000
B:Mes	913,574	5	182,715	20,37	0,0000
INTERACTIONS					
AB	3245,34	25	129,813	14,47	0,0000
RESIDUAL	322,905	36	8,96958		
TOTAL (CORRECTED)	10435,3	71			

MULTIFACTOR ANOVA – SATURACION DE OXIGENO

Dependent variable: Saturación de Oxígeno

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR SATURACIÓN DE OXIGENO - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	12319,4	5	2463,88	118,78	0,0000
B:Mes	8538,39	5	1707,68	82,32	0,0000
INTERACTIONS					
AB	9588,86	25	383,554	18,49	0,0000
RESIDUAL	746,755	36	20,7432		
TOTAL (CORRECTED)	31193,4	71			

MULTIFACTOR ANOVA – ICOMI

Dependent variable: Icomi

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR ICOMI - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	5,27169	5	1,05434	154,01	0,0000
B:Mes	1,99806	5	0,399611	58,37	0,0000
INTERACTIONS					
AB	4,56927	25	0,182771	26,70	0,0000
RESIDUAL	0,24645	36	0,00684583		
TOTAL (CORRECTED)	12,0855	71			

MULTIFACTOR ANOVA – ICOMO

Dependent variable: Icomo

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR ICOMO - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	202,272	5	40,4545	1,06	0,3985
B:Mes	184,28	5	36,8559	0,97	0,4517
INTERACTIONS					
AB	952,398	25	38,0959	1,00	0,4931
RESIDUAL	1373,95	36	38,1653		
TOTAL (CORRECTED)	2712,9	71			

MULTIFACTOR ANOVA – ICOSUS

Dependent variable: Icosus

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR ICOSUS - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	0,850178	5	0,170036	14,61	0,0000
B:Mes	0,326961	5	0,0653922	5,62	0,0006
INTERACTIONS					
AB	1,04467	25	0,0417869	3,59	0,0002
RESIDUAL	0,4189	36	0,0116361		
TOTAL (CORRECTED)	2,64071	71			

MULTIFACTOR ANOVA – ICOTRO

Dependent variable: Icotro

Factors: Estacion, Mes

Number of complete cases: 72

ANALYSIS OF VARIANCE FOR ICOTRO - TYPE III SUMS OF SQUARES

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Estacion	124,855	5	24,9711	2588,05	0,0000
B:Mes	15,6442	5	3,12884	324,28	0,0000
INTERACTIONS					
AB	103,727	25	4,14909	430,02	0,0000
RESIDUAL	0,34735	36	0,00964861		
TOTAL (CORRECTED)	244,574	71			

ANEXO N° 5. TESTIMONIO FOTOGRAFICO TOMA DE MUESTRAS EN LOS MESES DE SEPTIEMBRE, NOVIEMBRE, DICIEMBRE DE 2011 Y ENERO, FEBRERO Y MARZO 2012.

Estación Barrio Anapoima después del puente.



Estación Barrio Cantarito 1.



Estación PTAR Municipio de la Tebaida



Estación Barrio el Mirador



Estaciones Barrio Cantarito 2



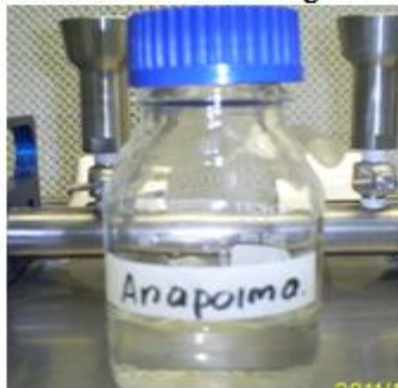
Laboratorio de Aguas Universidad del Quindío
Area de Analisis fisicoquímico.



Laboratorio de Aguas Area de Análisis Microbiológico.



Recipiente tapa rosca para Muestreo microbiológico



Nevera de transporte de las muestras



Botilitros de muestreo para análisis fisicoquímico.



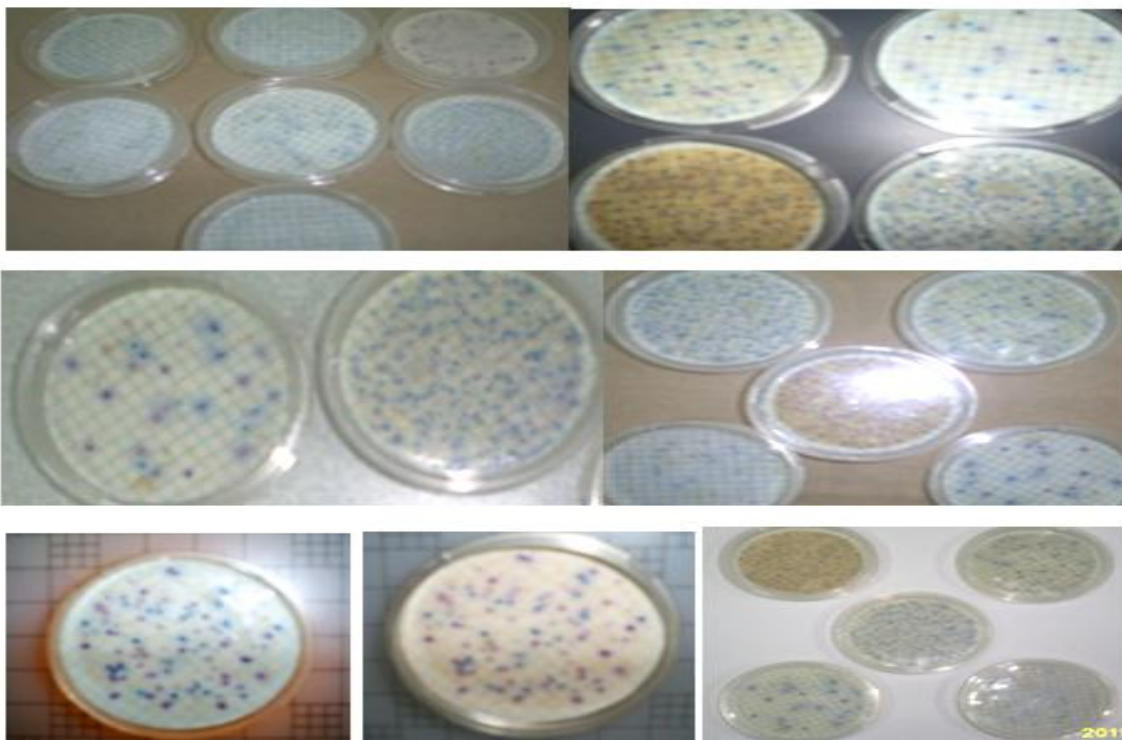
Termohigrómetro (utilizado para la medición de la Humedad relativa y la temperatura ambiente).



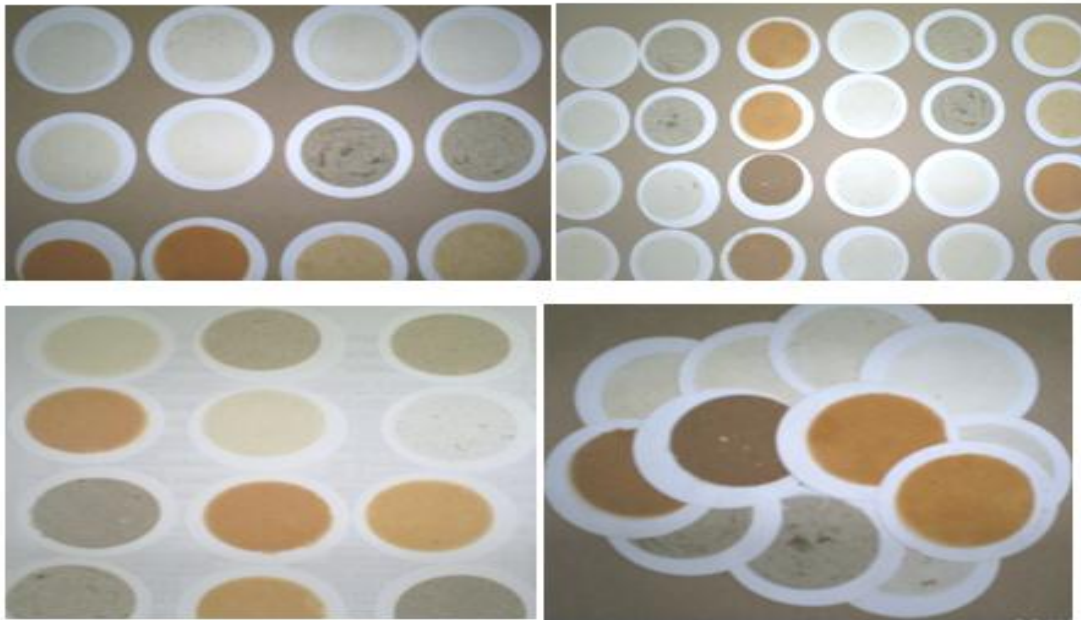
GPS marca GARMIN 650t (para medir coordenadas y altitud en campo)



Conglomerados de bacterias del Grupo Colifome identificados a través de la Técnica Analítica Cuantitativa "Filtración por membrana (UFC/100ml) en los puntos de muestreo.



Sólidos Suspendidos totales identificados a través de la Técnica Analítica Gravimétrica "Secado a 105°C con fibra de vidrio".



Sólidos Totales identificados a través de la Técnica Analítica Gravimétrica Secado a 105°C.



11. BIBLIOGRAFIA

Acero, G., Marín & Aristizábal, A., Diagnóstico social Municipio de la Tebaida, Consorcio– Essere Ltda. Informe de Caracterización del Municipio de la Tebaida.

Acodal. 1990. Compendio de legislación sanitaria. Reglamentación Sanitaria vigente sobre agua Decreto 1594 de Junio 26 de 1984. Santiago de Cali. p: 226 – 237.

Acodal. 1991. Control de calidad de Aguas para Consumo Humano. Memorias Seminario Internacional, Santiago de Cali. p: 22 – 43.

Acosta., R; Ríos B., Rieradevall., M y Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú *Limnetica*, 28 (1): 35-64.

Agua y Salud Humana. 1986. F. Eugene Mcjunkin. Editorial Limusa S.A. 231p.

Ángel., A. 2007. Evaluación preliminar de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de municipio de la tebaida departamento del Quindío, Universidad nacional de Colombia sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Especialización en ingeniería Ambiental – Area Sanitaria. 142p.

Arango, A; Becerra, F. 1996. Evaluación del impacto ambiental y ecológico de la quebrada la Florida, afluente del río Quindío. Municipio de Armenia. Departamento del Quindío. Trabajo de grado.

Arias, M. C, Zúñiga. 1994. Aspectos Bioecologicos del Gastropoda (Mollusca) en el Dpto. del Valle del Cauca Memorias segundo Seminario de Limnología. Medellín, Colombia.

ATSDR. 1999. Agency for toxic substances and disease registry. División de Toxicología.

Branco, S.M. 1984. Limnología Sanitaria, Estudio de la Polución de aguas continentales. Ser. Biol. Monogr.28, OEA. 120p.

Behar, R., Zuñiga, M., Rojas, O., 1997. Análisis y valoración del índice de calidad de Agua (ICA) de la NSF: El caso de los ríos Cali y Meléndez. Memorias Bioindicadores Ambientales de calidad del agua con fines de abastecimiento al público (IAP).

Beltrán., R. 2005. Metodología de la Investigación, Universidad Peruana Cayetano Heredia. p:7 – 8.

Bennet, D. 1978. Introducción a la ecología de campo. Madrid: Ediciones Blume.

Boletín Hidrometeorológico, septiembre de 2011 a marzo de 2012.
www.crq.gov.co.

Bustamante., C; Dávila, C., Torres, S. y Ortiz, J. 2008. Composición y abundancia de fitoperifiton en el río Quindío. Revista de investigaciones Universidad del Quindío. (18) 15-21.

Bustamante., C. Monsalve., E y García., L. 2008. Análisis de la Calidad del Agua en la Cuenca media del río Quindío con base en Indices físicos, químicos y biológicos, Revista de investigaciones Universidad del Quindío (18) 22 – 31.

Caicedo. E&J, García 1971. Evaluación del grado de Contaminación del río Bogotá Ponencia. XIV Congreso Nacional de Acodal, Universidad de los Andes, Medellín, p36.

Canosa, A. 1995. Indicadores bacteriológicos de eutroficación en los embalses Chuza, Nuesa y Tominé, y en la laguna de Chingaza. Bogotá, Colombia. *Universidad Jorge Tadeo Lozano. Centro de investigación científica.* 327 p.

Canter, W Larry. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. C Graw – Hill/ Interamericana de España, S.A.U. Madrid.

Campbell., C., P .J. Boon, B. L. madsen & K. W. Cummins.1998. Objectives and approaches in lotic and riparian restoration projects. Verh. Internat. Verein. Limnol., 26: 1295-1302.

Cárdenas., J. 2005. Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Docente principal), Facultad de Medio Ambiente y recursos naturales, Grupo Fluorescencia. p: 280.

CEQ. 1993^a. Environmental Quality, twenty – second anual rep., US Government printing office, Washington, DC, enero. p: 151 – 172.

Chacón., Carlos A. 2005. Universidad del Quindío. Fundamentos ambientales en gestión y evaluación de impactos..p: 114 – 118.

CHANEY., E., W; ELMORE & W. S. PLATTS. 1990. Livestock grazing on western riparian areas. Washington: U.S. Environmental Protection Agency.

CRQ. 2011. Informe Técnico: Ajuste del factor regional para el cobro de tasa retributiva en el departamento del Quindío. Mayo de 2011. Armenia.

CRQ. Proyecto Ajuste plan de acción 2007 – 2011. Octubre de 2009. Armenia.

CRQ. La Unión Temporal LA TEBAIDA – SALENTO. Fondo para la Reconstrucción del eje Cafetero. Construcción, rehabilitación, puesta en marcha y operación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas de los Municipios de la Tebaida y Salento en el Departamento del Quindío. 2005. 26p.

CONPES 140 de 2011. Modificación a CONPES social 91 del 14 de 2005: “Metas y Estrategias de Colombia para el logro de los objetivos de desarrollo del milenio 2015”.

CVC- univalle Proyecto de modelación del río Cauca –PMC- Fase II. 2004, Volumen X, Estudio de la calidad del agua del río Cauca y sus principales tributarios mediante la aplicación de índices de calidad y contaminación, tramo Salvajina – La Virginia, Corporación Autónoma del Valle, Universidad del Valle, Santiago de Cali.

Cubillos A. & A, Gallego. 1970. Contaminación de los ríos Cauca y Cali. Acodal 13 (44 – 45), 84 – 108.

Revista EIA, 2008. Arango, M., Álvarez, L., Arango, G., Torres, O., Monsalve, A., Calidad del agua de las quebradas la cristalina y la Risaralda, san Luis, Antioquia. Rev. EIA. Esc. Ing. N9 Envigado ene/ jun.

Encalada, A.; Rieradevall, M. Ríos, Touma, B. García, N. & Prat, N. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA – S).

García-Alzate, C., Román-Valencia, C., Vanegas-Rios, J. & Arcila-Mesa, D. 2007. Análisis fisicoquímico y biológico comparado en dos quebradas de alta montaña neotropical. Rev. Invest. Univ. Quindío. (17):57-82.

García-Alzate, C., Román-Valencia, C., Taphorn, D., & Gonzalez, M., 2010. Caracterización fisicoquímica y biológica del río Roble, Alto Cauca, occidente de Colombia, Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. vol. 12 no. 1 Ciudad Autonoma de Buenos Aires.

García – Alzate, C. Román – Valencia, Lopera, D. Gonzalez, M & Simunoviae, M. 2008. Variables fisicoquímicas y biológicas de la quebrada San José, afluente del río Otún, Alto Cauca, Colombia. Rev. Invest. Univ, Quindío (18): 38 – 48.

Gaviria, S & C, Rodríguez.1983. Estudio de la Calidad del agua del río Bogotá, aguas arriba de Tibito. Acodal 110 – 111 y 32 - 61.

Giraldo., V.; Londoño., y C; Bustamante., C. Diagnóstico de la Calidad Ambiental de Aguas para uso Agrícola de la Quebrada, los Micos, Afluente de la microcuenca, el Pencil Filandia – Quindío. 2005. Universidad del Quindío.

González del Tánago, M. & García de Jalón, D. Restauración de Ríos y Riberas. 1998.

González del Tánago, M. La restauración de los ríos y el paisaje fluvial. En: *Homenaje a Don Ángel Ramos Fernández (1926-1998)*: 641- 656. 1999. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Academia de Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, España. Madrid: Mundi-Prensa. 319 pp.

González del Tánago, M. & N. ANTÓN. 2000. Aplicación del índice QBR para estimar la calidad ambiental de las riberas de los principales ríos de la Comunidad de Madrid. Libro de Resúmenes del X Congreso de la Asociación Española de Limnología y II Congreso Ibérico de Limnología, Valencia, España.

Grupo interinstitucional y comunitario. 2003. Plan Departamental de Desarrollo Forestal del Quindío 2025.

Hernández – Muñoz, A., Hernández – Lehmann, A., Martínez - Galán, P., Manual de Depuración URALITA. 1996. Productos y Servicios. Editorial paraninfo.

Hynes. 1960. H.B.N. The biology of polluted waters. Liverpool University. Press Liverpool, 103p.

ICONTEC., NTC.1486. 2008. La Norma Técnica Colombiana NTC 1486, sexta actualización, título “Documentación. Presentación de Trabajos de Grado y otros trabajos de investigación”. 37p.

IDEAM. Instituto de Hidrología, Metrología y Estudios Ambientales, Protocolo para análisis de aguas. 1999. Bogotá. Código general 001.

IDEAM, SINCHI, IAVH, IIAP, Invemar., 2002. Sistema de Información Ambiental de Colombia –SIAC. Primera generación de Indicadores de la línea base de la información ambiental de Colombia., ISBN 958-8067-08-1.

Kreith, F., “Lack of impact”, Environmental, vol 15, num 1, p: 26 – 33.

Kennard, M.J., B.J Pusey, A.H. Arthington, B.D. Harch, and S.J. Mackay. 2006. Development and application of a predictive model of freshwater fish assemblage composition to evaluate river health in Eastern Australia. *Hydrobiologia*. 572: 33 – 57.

La humedad y la lluvia efectos barrera foehn. http://geografia.laquia2000.com/climatologia/la-humedad-y-la-lluvia_efectosbarrera-y-foehn), consultada en agosto de 2012.

Lozano, G., Zapata, M & Peña, L. 2003. Modelación de corrientes hídricas superficiales en el departamento del Quindío, fase II de la quebrada cristales. Informe final de modelación. Universidad del Quindío.

Marín., Nidia C. 2009. Estudio de la Calidad Hidrobiológica de la Quebrada la Florida, UCM del Río Quindío, Universidad del Quindío, Armenia.

Marín., Luz A. 2012. Análisis fisicoquímico y biológico del río Portugal de Piedras, alto Cuca, Colombia.

Mapas y pronósticos de América del sur, www.accuweather.com/regional. consultada agosto de 2012.

McJunkin, F., 1986. Agua y salud humana. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Balderas 95, primer piso, 06040 México 1, D.F.

Metcalf & Eddy. 1996. Ingeniería de Aguas residuales. Tratamiento. Vertido y Reutilización. Tomo I Mac Graw Hill. México. 752p.

Mejía., Mario R. 2005. Análisis de la Calidad del Aguas para consumo y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca el Limón, San Jerónimo, Honduras. Costa Rica. p: 1 – 4.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo. Decreto 1200 de 2004 del 20 de Abril de 2004.

Ministerio del medio ambiente, Ley 99 de 1993. Título VII, artículo 43.

Ministerio del Medio Ambiente, 2002. Propuesta organizacional, Sistemas de Gestión Ambiental Municipal (SIGAM).

Ministerio del medio ambiente. 2006. Lineamientos de política para el manejo integral del agua, Ed. Geminis LTDA. 46p.

Montoya, M., Contreras, C., García, V. 1997. “Estudio Integral de la Calidad del Agua en el Estado de Jalisco”, CONAGUA, Gerencia., Reg. Lerma – Santiago, Guadalajara.

Monsalve, E. A. y Bustamante, C. A. 2006. Informe Final Proyecto “Determinación de las características e interrelaciones de los componentes del caudal ecológico para el río Quindío en el tramo Boquía – puente balboa. Vicerrectoría de Investigaciones Universidad del Quindío. Armenia. Colombia.

Morales, Z. 1984. Indices de calidad de agua y el río Medellín. Revista Ainsa. 4(2): 9 – 22.

Moreira, I. V. D. 1992. Vocabulario básico de medio ambiente. FEEMA/PETROBRÁS, Rio de Janeiro.

Munné A., C. Solá, N. PRAT. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, (175) 20-37.

Munné, A., Prat, C., sola, N., Bonada, & Rieradevall, M., 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian hábitat in rivers and streams. QBR index. *Aquatic conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 13: 147 – 164.

Obando C, Nadia. 2009. Evaluación Hidrobiológica de la Quebrada Cajones Unidad de Manejo de Cuenca UMC Río Espejo. Municipio de Montenegro, Departamento del Quindío. p: 19 – 24.

Orozco, A., Salazar, A., 1985. Tratamiento Biológico de las aguas residuales. Universidad de Antioquia, Departamento de Ingeniería Sanitaria.

Ocampo., Cesar. P. 1981. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA, Compilación Resumida de Métodos para la Evaluación de Impacto Ambiental. p: 22 – 23.

OMS. 2004. Guidelines for drinking water quality (3a edición). Ginebra, Suiza.

Pardo, I., Álvarez, M., Moreno, J.L., Vivas, S., Bonada, J., Alba – Tercedor, p. Jaime – Cuellar, G., Moya, N., Prart, N., Robles, M., Toro, & M.R. Vidal – Abarca. 2002. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21 (3-4): 115 – 134.

Plan territorial de salud. 2008 – 2011. Departamento del Quindío, Alcaldía Municipal de la Tebaida.

Plan de Desarrollo Municipio de la Tebaida. 2012 – 2015. Posicionamiento como municipio agroindustrial e industrial del Departamento del Quindío, Alcaldía Municipal de la Tebaida.

Plan de Desarrollo, Departamento del Quindío, 2010 – 2015. Versión preliminar.

PNUD Colombia. Plan de las naciones unidas para el desarrollo. www.pnud.org.co.

Pütz, P., 2008. Eliminación y determinación de fosfato. Informe práctico. Analítica de laboratorio y sistema de control de proceso, nutrientes: fosfato. Productos de aplicación de laboratorio, HACH LANGE. Ing. Dipl., Química.

Quintero, A & M, Rojas. 1987. Aspectos Bioecologicos del orden Tricoptera y su relación con la calidad del agua. *Revista Colombiana de Entomología*.13 (1): 26 – 28.

Ramírez., M. 1986. Microbiología Ambiental Manual de Laboratorio. Universidad del Valle. p: 63 – 72.

RAS, 2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Ministerio de Desarrollo Económico. Sección II, Título B: Sistemas de Acueducto. Bogotá.

Revista EIA, 2004. ISSN 1794 – 1237 Numero 2p 89 – 108. Medellín. Antioquia.

Rivera., Jhon J; M., Diana M. 2004. Estudio de Bioindicadores de la calidad en la Quebrada La Jaramilla, Municipio de la Tebaida. Trabajo de grado. 107p.

Rojas – Chacón., O. 1977. Métodos de Análisis para Aguas residuales Industriales. p: 112.

Rojas, O., 1991. Indices de calidad de agua en fuentes de captación. Memorias seminario internacional de control de calidad de agua para consumo humano. Cali, ACODAL- Seccional Valle del Cauca. Cali. Colombia. p: 22-38.

Rojas A.M; M.L. Baena; C, Serrato; G, Caicedo & M.C, Zúñiga. 1993. Clave para las familias y géneros de ninfas de Ephemeroptera del departamento del Valle del Cauca. Universidad del Valle.

Roldan, G., C.M, Trujillo & A, Suarez. 1973. Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín En: Actualidades Biológicas 2 (5): 54 – 64.

Roldan., P. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical Universidad de Antioquia. 528p.

SÁNCHEZ, L.E. 1999. As etapas iniciais do processo de avaliação de impacto ambiental. In: S. Goldenstein et alii, Avaliação de impacto ambiental. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo. p. 35-55.

Samboni, N., Carvajal, Y., Escobar E., 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ing. Investig. V. 27 N°3 Bogotá sep /dic.

Suárez., Maria L; Vidal., Maria R; Sánchez., Maria M; Alba – Tercedor., J; Alvarez., M; Avilés., J; Bonada., N; Casa., J; Jáimez – Cuéllar., P; Munné., A; Pardo., I; Prat., N; Rieradevall., M; Salinas., Maria J; Toro., M y Vivas., S. 2002. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409. p 135 – 147.

Torres., P; Cruz., Camilo H; Patiño y Paola J. 2009. Indices de Calidad de Agua en Fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo

humano. Una revisión crítica. Revista Ingenierías, Universidad de Medellín, vol 8 N° 15. ISSN 1692 – 3324. Julio – diciembre. p 79 – 94.

Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayaguez. Departamento de Biología www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf

Urrego, A. y Ramírez J.2000. Cambios diurnos de variables físicas y químicas en la zona de ritral del río Medellín. Caldasia.

WATHERN, P. (org.). 1988. Environmental impact assessment. Theory and practice. Unwin Hyman, London.

Viña,V.G. y Ramírez.G.1998. Limnología Colombiana, aportes para su conocimiento y estadística de análisis. Bogotá D.C: B.P. Explotaration company (Colombia) Ltda.

Viña, G; S, Santos; A, Ramirez; I, Borrero; V, Ortiz; F, Forero & C, Rodríguez. 1997. Programa de monitoreo biológico campos Cusiana, Cupiagua y bosque piedemonte. Resultados de los estudios de fauna y flora acuática. B.P. Exploration Company (Colombia) Ltda. (Trabajo presentado al concurso nacional de ecología FEN). Colombia.

Zúñiga. M.C. 1996. Contaminación de Corrientes acuáticas. Universidad de Valle. Santiago de Cali.

