

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA LA
CANTERA, EMPLEANDO COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS Y PARAMETROS FISICOQUIMICOS COMO INDICADORES”**

DANIEL ANDRES FERIZ GARCIA
YENNY ALEJANDRA ORTEGA ORTEGA

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
Popayán
2009**

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA LA
CANTERA, EMPLEANDO COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS Y PARAMETROS FISICOQUIMICOS COMO INDICADORES”**

DANIEL FERIZ GARCIA
YENNY ORTEGA ORTEGA

DIRECTOR

Mg. HILLDIER ZAMORA G

ASESORES

Mg. MARCELA SERNA

MSC JHAN SANDOVAL

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
POPAYÁN
2009**

Nota de Aceptación.

Director

Mg. Hildier Zamora.

Jurado

Mg. Magda Ximena Chilito

Jurado

Mg. Camilo Ernesto Andrade

“Hay que soñar con valentía, a animarnos a imaginar lo que parece imposible, a alcanzar lo que parece inalcanzable. Porque sin ecosistemas conservados, sin un ambiente saludable, y sin recursos naturales productivos, el futuro no es viable. Hay que entender la crisis ambiental actual para dilucidar las alternativas que el futuro nos ofrece y para caminar en el rumbo ambientalmente correcto, aquel que inevitablemente tendremos que alcanzar si queremos ser viables como sociedad”

Exequiel Ezcurra.

AGRADECIMIENTOS

*A nuestros padres por ser quienes lucharon día a día y nos formaron para ser lo que hoy somos,
Gracias por su paciencia y su apoyo incondicional*

*Al profesor Hildier Zamora, gracias por dirigir nuestro trabajo y ser además de nuestro director
un amigo.*

*A nuestras compañeras y compañeros de estudio Gracias por permitirnos conocerlos y brindarnos
su amistad y colaboración en todo momento.*

A los profesores del Departamento de Biología por ayudarnos en nuestra formación profesional.

*Agradecemos al Grupo de Investigación en Recursos Hidrobiológicos quienes facilitaron el
desarrollo del presente trabajo.*

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	0
1. JUSTIFICACIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 GENERAL.....	2
2.2 ESPECÍFICOS.....	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 EVALUACIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA NATURAL.....	3
3.1.1. Evaluación biológica.....	3
• Concepto de indicador biológico.....	4
• Importancia de los indicadores biológicos.....	4
• Macroinvertebrados acuáticos.....	4
• Grado de bioindicación.....	5
• Índice de Diversidad Shannon–Weaver.....	5
• Índice de Dominancia.....	6
• Índice de Equidad.....	6
3.1.2 Evaluación biológica mediante el índice BMWP adaptado para Colombia.....	6
• Mapas de calidad del agua.....	8
3.1.3 Análisis físico y químico del agua.	9
• Principales variables físicas y químicas.....	9
Temperatura.....	9
PH.....	10
Conductividad.....	10
Oxígeno.....	10

Gas carbónico.....	11
Alcalinidad.....	11
Dureza.....	11
Nitrógeno, nitritos y nitratos.....	11
4. ANTECEDENTES.....	12
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	14
5.1 COBERTURA VEGETAL.....	16
5.2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	16
5.3 SITIOS DE MUESTREO.....	19
6. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	29
6.1 MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (MAE).....	29
6.2 MUESTREO FISICOQUÍMICO HÍDRICO.....	29
6.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	30
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	31
7.1. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.....	31
Temperatura.....	31
Oxígeno disuelto.....	33
Dióxido de carbono.....	35
pH.....	37
Conductividad.....	39
Acidez.....	41
Alcalinidad.....	42
Dureza total.....	44
Dureza carbonacea.....	46
Nitratos.....	48
Amonio.....	50
7.2. RESULTADOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	52
7.2.1 Análisis de Resultados para MAE.....	52
• Índices.....	53

• BMWP.....	56
• E-1.....	59
• E-2.....	63
• E-3.....	66
• E-4.....	69
• E-5.....	73
• E-6.....	76
• E-7.....	80
8. CONCLUSIONES.....	84
9. RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFIA.....	89
ANEXOS.....	92

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Niveles de bioindicación de las familias de macroinvertebrados acuáticos y su respectiva puntuación, para Determinación del Índice de Monitoreo Biológico.	7
Tabla 2. Clases, Valores y Características para las aguas clasificadas mediante el Índice BMWP adaptado para Colombia.	9
Tabla 3. Datos climatológicos registrados durante los meses de muestreo.	14
Tabla 4. Índices ecológicos calculados para las diferentes estaciones con base en la abundancia de los organismos en todo el estudio.	53
Tabla 5. Lista general de los taxa y las abundancias para todo el estudio en la quebrada La Cantera.	54
Tabla 6. Puntajes BMWP calculados para las diferentes estaciones en la quebrada La Cantera.	56
Tabla 7. Listado de taxa encontrados en la estación 1 en los diferentes meses de muestreo.	59
Tabla 8. Índices ecológicos calculados en la estación 1 durante los meses de muestreo.	61
Tabla 9. Familias encontradas en la estación 1 y su puntaje BMWP.	62
Tabla 10. Lista de taxa encontrados en la estación 2 en los diferentes meses de muestreo.	63
Tabla 11. Índices ecológicos calculados en la estación 2 durante los meses de muestreo.	64
Tabla 12. Familias encontradas en la estación 2 y su puntaje BMWP	65

Tabla 13	Lista de taxa encontrados en la estación 3 en los diferentes meses de muestreo.	66
Tabla 14	Índices ecológicos calculados en la estación 3 durante los meses de muestreo	68
Tabla 15	Familias encontradas en la estación 3 y su puntaje BMWP	69
Tabla 16	Lista de taxa encontrados en la estación 4 en los diferentes meses de muestreo.	70
Tabla 17	Índices ecológicos calculados en la estación 4 durante los meses de muestreo	71
Tabla 18	Familias encontradas en la estación 4 y su puntaje BMWP	72
Tabla 19	Lista de taxa encontrados en la estación 5 en los diferentes meses de muestreo.	73
Tabla 20	Índices ecológicos calculados en la estación 5 durante los meses de muestreo	75
Tabla 21	Familias encontradas en la estación 5 y su puntaje BMWP	76
Tabla 22	Lista de taxa encontrados en la estación 6 en los diferentes meses de muestreo.	77
Tabla 23	Índices ecológicos calculados en la estación 6 durante los meses de muestreo	78
Tabla 24	Familias encontradas en la estación 6 y su puntaje BMWP	79
Tabla 25	Lista de taxa encontrados en la estación 7 en los diferentes meses de muestreo.	81
Tabla 26	Índices ecológicos calculados en la estación 7 durante los meses de muestreo	82
Tabla 27	Familias encontradas en la estación 7 y su puntaje BMWP	83

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Ubicación de la quebrada La Cantera y las estaciones de muestreo. Fuente CRC	15
Figura 2 Acumulación de basuras Barrio Yambitará.	17
Figura 3. Desagüe de aguas negras, Barrio Yambitará	17
Figura 4.. Desagüe de aguas negras vía Aida Lucia, Quebrada NN.	18
Figura 5. Desagüe de aguas negras después del puente de Aida Lucia	18
Figura 6. Presencia de ganado y potrerización en márgenes de la quebrada La Cantera	18
Figura 7. Deforestación por extracción de materiales de construcción como piedras y arena.	19
Figura 8 Quebrada los Linderos a 1832 msnm.	20
Figura 9. Muestra de sustrato, quebrada los Linderos, estación 1	20
Figura 10. Inicio quebrada La Cantera, estación 2 a 1826 msnm	21
Figura 11. Potreros en las márgenes del cuerpo de agua, estación 2	22
Figura 12. Estación 3, zona de la Cantera a 1808 msnm.	23
Figura 13. Características físicas del sustrato, estación 3	23
Figura 14. Estación 4. Quebrada La Cantera Barrio Aida Lucia a 1782 msnm, 20 m antes de unírsele la quebrada NN	24
Figura 15. Toma del fondo de la quebrada La Cantera, estación 4	24
Figura 16. Estación 5, antes de unirse a la quebrada La Cantera, a 1789 msnm.	25
Figura 17. Problema de basuras en la quebrada NN	26
Figura 18. Estación 6, Puente Aida Lucia, 30 m después de la unión de la	

quebrada NN, a 1776 msnm	27
Figura 19. Estación 7, Barrio Villa Docente a 1766 msnm	28
Figura 20. Acumulación de basuras en la estación 7	28
Figura 21. Valores de Temperatura promedio en las estaciones de muestreo.	32
Figura 22. Valores de Temperatura promedio en los meses de muestreo.	32
Figura 23. Valores de Oxígeno disuelto promedio en las diferentes estaciones.	34
Figura 24. Valores de Oxígeno disuelto promedio en los meses de muestreo.	35
Figura 25. Valores promedio de Dióxido de Carbono en las estaciones de muestreo.	36
Figura 26. Valores promedio de Dióxido de Carbono en los meses de muestreo.	37
Figura 27 Valores promedio de pH en las estaciones de muestreo.	38
Figura 28 Valores promedio de pH en los meses de muestreo.	38
Figura 29. Valores promedio de conductividad en las estaciones de muestreo	39
Figura 30. Valores promedio de conductividad en los meses de muestreo.	40
Figura 31. Valores promedio de acidez en las estaciones de muestreo.	41
Figura 32. Valores promedio de Acidez en los meses de muestreo.	42
Figura 33. Valores promedio de alcalinidad en las estaciones de muestreo.	43
Figura 34. Valores promedio de Alcalinidad en los meses de muestreo.	44
Figura 35 Valores promedio de dureza total en las estaciones de muestreo.	45
Figura 36. Valores promedio de dureza total en los meses de muestreo.	46
Figura 37. Valores promedio de Dureza carbonácea en las estaciones de Muestreo.	47

Figura 38. Valores promedio de Dureza Carbonácea en los meses de muestreo.	47
Figura 39. Valores promedio de Nitratos en las estaciones de muestreo.	49
Figura 40. Valores promedio de Nitratos en los meses de muestreo.	49
Figura 41. Valores promedio de Amonio en las estaciones de muestreo.	50
Figura 42. Valores promedio de Amonio en los meses de muestreo.	51
Figura 43. Variación del índice BMWP modificado para Colombia en la quebrada La Cantera	57
Figura 44. Composición de géneros y sus abundancias en la estación 1.	60
Figura 45. Composición de géneros y sus abundancias en la estación 2	64
Figura 46. Composición y abundancia de géneros en la estación 3.	67
Figura 47. Composición y abundancia de géneros en la estación 4.	71
Figura 48. Composición y abundancia de géneros en la estación 5	74
Figura 49. Composición y abundancia de géneros en la estación 6.	78
Figura 50. Composición y abundancia de géneros en la estación 7.	81

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. FOTOS MAE COLECTADOS EN LA QUEBRADA LA CANTERA	92
Figura 5. Familia Hydropsychidae	92
Figura 52. Ephemeropteros E-3	92
Figura 53. <i>Anchitarsus</i>	92
Figura 54. Genero <i>Anacroneuria</i>	92
Figura 55. Odonatos E-3	93
Figura 56. <i>Hetaeryna</i>	93
Figura 57. Dryopidae	93
Figura 58. <i>Ragovelia</i>	93
Figura 59. Pyralidae	94
Figura 60. <i>Tubifex</i>	94
Figura 61. <i>Hystricosoma</i>	94
Figura 62. <i>Aelosoma</i>	94
Figura 63. <i>Hellobdella</i>	95
Figura 64. <i>Cylicobdella</i>	95
Figura 65. <i>Limnophora sp1</i>	95
Figura 66. <i>Chironomidos</i>	95
Figura 67. Tipula.	96
Figura 68. <i>Archana</i>	96
Figura 69. <i>Physa</i>	96

ANEXO 2.	TABLAS DE LOS DATOS CRUDOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN LA DIFERENTES ESTACIONES.	97
	Tabla 28. Datos fisicoquímicos en la estación 1 durante la temporada de muestreo.	97
	Tabla 29. Datos fisicoquímicos en la estación 2 durante la temporada de muestreo.	97
	Tabla 30. Datos fisicoquímicos en la estación 3 durante la temporada de muestreo.	98
	Tabla 31. Datos fisicoquímicos en la estación 4 durante la temporada de muestreo.	98
	Tabla 32. Datos fisicoquímicos en la estación 5 durante la temporada de muestreo.	99
	Tabla 33. Datos fisicoquímicos en la estación 6 durante la temporada de muestreo	99
	Tabla 34. Datos fisicoquímicos en la estación 7 durante la temporada de muestreo.	100
ANEXO 3	VARIACIONES DE LA FISICOQUIMICA HIDRICA EN LA QUEBRADA LA CANTERA DURANTE LOS DIFERENTES MESES Y ESTACIONES.	100
	Figura 70. Variación de la temperatura entre los diferentes meses y estaciones	100
	Figura 71 Variación del Oxígeno disuelto en los diferentes meses y estaciones.	101
	Figura 72. Variación de porcentaje de saturación de Oxígeno en los diferentes meses y estaciones.	101
	Figura 73. Variación del dióxido de carbono en los diferentes meses y estaciones	102
	Figura 74 Variacion del pH en los diferentes meses y estaciones.	102

Figura 75. Variación de la conductividad en los diferentes meses y estaciones.	103
Figura 76. Variación de la alcalinidad en los diferentes meses y estaciones	103
Figura 77. Variación de la Acides en los diferentes meses y estaciones.	104
Figura 78 Variación de la dureza total en los diferentes meses y estaciones.	104
Figura 79. Variación de la Dureza carbonacea en los diferentes meses y estaciones.	105
Figura 80. Variación de los Nitratos en los diferentes meses y estaciones.	105
Figura 81. Variación del Amonio en los diferentes meses y estaciones	106

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló en la quebrada La Cantera que atraviesa parte de la comuna 3 del municipio de Popayán convirtiéndose en una quebrada urbana. En su recorrido es receptora de aguas residuales de origen doméstico, lixiviados de heces bovinas, desechos agrícolas y toda clase de basuras que desechan los habitantes de los sectores aledaños.

Durante 5 meses iniciando en Septiembre de 2008 se realizó un trabajo de monitoreo biológico, utilizando macroinvertebrados acuáticos epicontinentales y los parámetros físico-químicos como indicadores para determinar el estado actual del cuerpo de agua. Se utilizó una red de pantalla para el muestreo de los MAE y métodos colorimétricos para la medición de los parámetros físicos y químicos hídricos; tras el análisis de los resultados se concluyó que desde la primera estación hasta la última la quebrada tiene problemas de contaminación, sin embargo las tres primeras estaciones no exhiben una marcada intervención y presentan características de aguas limpias con comunidades de MAE exclusivas de aguas poco contaminadas como Tricópteros, Plecópteros, Efemerópteros, Coleópteros y Odonatos; a partir de la estación 4 cuando la quebrada se interna en la zona urbana, estas comunidades son remplazadas por organismos tolerantes a la contaminación y característicos de aguas meso-eutróficas como Dípteros, Oligoquetos, Hirudíneos y caracoles, debido al deterioro del hábitat acuático principalmente por problemas de contaminación doméstica y basuras. La mayoría de los parámetros físico-químicos hídricos no muestran cambios significativos en sus valores durante el tiempo de muestreo y las diferentes estaciones caracterizando las aguas como blandas poco productivas.

INTRODUCCIÒN

La contaminación paulatina del recurso hídrico es uno de los principales problemas que afronta actualmente nuestro planeta, dicha contaminación esta representada por descargas de aguas servidas provenientes de casas, fábricas, industrias y a su vez por el deposito de residuos sólidos en las corrientes de agua; lo que ha generado como consecuencia además de su contaminación, la alteración de los diferentes hábitats que conforman estos ecosistemas y por ende la pérdida de la biodiversidad.

Se han desarrollado técnicas para medir la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje utilizando índices biológicos y monitoreo de la flora y fauna las cuales relacionan la diversidad con una medida de la calidad del ecosistema. Una de las técnicas mas utilizadas para determinar el comportamiento de las comunidades acuáticas y los efectos causados por las perturbaciones humanas sobre los ecosistemas fluviales es la biovaloración, que es el procedimiento por el cual se cuantifica el efecto de una alteración en función de los cambios que ocasiona en la estructura de una comunidad (Alonso, 2006). Un contaminante o cualquier evento que perturbe las condiciones iniciales de un sistema acuático provocaran una serie de cambios en la composición y estructura de los organismos cuya magnitud dependerá del tiempo, intensidad y naturaleza de la perturbación (PINILLA, 2000).

La comunidad más empleada para la bioindicación es la de macroinvertebrados acuáticos, formada por aquellos individuos que a lo largo de su ciclo de vida alcanzan un tamaño superior a 0,5 mm (Roldan, 1992). El uso de esta comunidad se debe a varias propiedades: debido a su elevada diversidad taxonómica, su naturaleza sedentaria y los largos ciclos de vida de algunos grupos, que permiten el seguimiento espacial y temporal de las alteraciones; además que su muestreo es sencillo y económico (Alonso, 2006). Esta comunidad juega un papel importante para el entendimiento de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas loticos, ya que juega un rol fundamental como eslabón en transporte de energía a través de las diferentes redes tróficas desde los productores primarios hasta los peces, anfibios y aves asociadas al medio.

El propósito de este trabajo es poder determinar el estado actual del ecosistema acuático por efecto de la contaminación del agua de la quebrada la Cantera y los cambios de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales a lo largo de la quebrada, utilizando estas comunidades como bioindicadoras del estado ecológico del agua.

1. JUSTIFICACIÓN

Décadas atrás las quebradas eran utilizadas como fuente de agua potable y como sitios de recreación. Sin embargo en estos tiempos estos sistemas hídricos han sido objeto de contaminación con vertimientos industriales y de aguas servidas, depósitos de basuras, agua con jabón de uso domestico, además de la alteración indiscriminada de la vegetación riparia, lo que ha ido generando un deterioro rápido de la calidad de sus aguas. Protegerlas requiere acciones inmediatas y un serio compromiso de todos, por tal motivo ahora es nuestra oportunidad de cambiar la tendencia de las cosas y ayudar a promover la conservación y protección de nuestras quebradas y ríos.

Las entidades como el grupo pro-cuencas río las piedras del acueducto y alcantarillado de Popayán y la CRC (corporación autónoma regional del cauca) vienen ejecutando trabajos de recuperación de zonas ribereñas por medio de la elaboración de senderos ecológicos y talleres de concientización ambiental a nivel de comunas debido a la preocupación por el incremento descontrolado de la contaminación.(plan de ordenamiento municipal de cuencas hidrográficas, 2004). Estos trabajos motivan a las personas a que conozcan el medio ambiente que los rodea, especialmente el recurso hídrico y a formar parte activa de un plan de mejoramiento, generando en las personas un compromiso y respeto por el medio ambiente muy importante en nuestros tiempos.

La presente investigación se enfoca en el conocimiento de la problemática existente en las aguas de la quebrada La Cantera haciendo énfasis en el estudio de los macroinvertebrados acuáticos los cuales nos pueden revelar impactos ecológicos que están afectando la calidad del agua, determinando de esta manera el estado actual de contaminación de dicho afluente.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL:

Determinar la calidad del agua de la quebrada la cantera afluente del rio molino, empleando las comunidades de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales y los principales parámetros físico-químicos hídricos como indicadores.

2.2 ESPECIFICOS:

- Identificar las fuentes de contaminación a lo largo de la quebrada La Cantera.
- Determinar la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los tramos priorizados.
- Establecer la calidad del agua de la quebrada mediante parámetros biológicos utilizando el índice BMWP.
- Establecer la calidad del agua de la quebrada mediante los parámetros físico-químicos hídricos necesarios.

3. MARCO TEORICO

La contaminación del agua puede definirse como la adición de sustancias extrañas que deterioran su calidad. Un contaminante puede ser de origen “inerte” como plomo, mercurio, detergentes; o de origen “vivo” como los ocasionados por microorganismos de origen doméstico (Roldan; 1992).

El término calidad del agua incluye las características químicas y biológicas que puede presentar un cuerpo de aguas naturales con el propósito de determinar su estado trófico y sanitario, los cuales se relacionan directa o indirectamente con las características del hábitat natural, grado de potabilidad, niveles de alteración, estudios de efectos ambientales sobre los recursos hidrobiológicos. Lo anterior permitirá proyectar acciones referentes a planes de control y manejo adecuado de las condiciones, evitando alteraciones drásticas que podrían ir en detrimento de la calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, de los flujos naturales de materia y energía. etc. (Vásquez, 2001).

Cuando a un ecosistema acuático llega una fuente de contaminación, bien sea doméstica, agrícola o industrial, las condiciones fisicoquímicas del agua cambian y para muchas especies la única alternativa es sobrevivir o morir. Los efectos biológicos de la contaminación se miden a través del cambio que experimentan las comunidades a medida que reciben cargas de desechos de diferente orden. Roldan (1992) menciona que no es solo un cambio en las estructuras de las comunidades lo que indica una perturbación en el ecosistema, si no también el tipo de organismos encontrados. Así por ejemplo un predominio de Efemerópteros, Tricópteros y Plecópteros, indican buena calidad ecológica del ecosistema. En cambio un predominio de Oligoquetos, quironómidos y moluscos indican un fuerte deterioro del ecosistema.

3.1 EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA NATURAL

3.1.1 Evaluación biológica. Los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales y presentan unos límites de tolerancia a los cambios sufridos en las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así frente a una determinada alteración se encuentran organismos sensibles que no soportan las nuevas condiciones impuestas comportándose como intolerantes, mientras que otros que son tolerantes no se ven afectados. No es sólo el cambio en la estructura de la comunidad lo que indica una perturbación en el sistema, es la dominancia de

especies más tolerantes sobre otras, lo que ejerce un valor determinante en la evaluación de la calidad del agua y el estado del ecosistema (Grimaldo, 1998).

Concepto de indicador biológico. En sentido general todo organismo, es indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla, ya que su existencia en un espacio o momento determinado responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. En términos mas estrictos un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señala algún proceso o estado del sistema en el cual hábitat (Pinilla, 2000).

Importancia de los indicadores biológicos. El uso de especies para detectar procesos y factores en los ecosistemas acuáticos tienen las siguientes ventajas (Pinilla, 2000).

- Las especies y las comunidades bióticas responden a efectos acumuladores intermitentes que en determinado momento un muestreo de variables físicas y químicos pasaría por alto.
- La vigilancia biológica evita la determinación regular de un número excesivo de parámetros físicos y químicos, ya que los organismos confluyen muchas de estas variables
- Como no es factible tomar muestras de toda la biota de un sistema acuático, la selección de algunas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de la valoración sobre el estado del ecosistema.

Macroinvertebrados acuáticos. En la vigilancia y control de contaminación con base en organismos como bioindicadores, existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, macrófitas, macroinvertebrados, peces (Margalef, 1983). De todas las metodologías aquellas que utilizan los macroinvertebrados son las mayoritarias. Las razones principales en la preferencia de su uso radica en: tamaño relativamente grande (visible a simple vista), su muestreo no es difícil, existen técnicas estandarizadas que no requieren equipos costosos, además presentan ciclos de vida relativamente largos y la diversidad que presenta es tal que hay casi una infinita gama de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación (Camargo, 2005).

Entre los grupos más sensibles a las alteraciones del ecosistema están las larvas acuáticas de los insectos pertenecientes a los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, y las larvas y adultos de los coleópteros acuáticos. Estos grupos han mostrado una alta sensibilidad a la contaminación y a la degradación de los ecosistemas acuáticos. No obstante, otros grupos muestran una alta resistencia a las perturbaciones y a la contaminación, como pueden ser algunas especies de Oligoquetos, Dípteros y Moluscos (Roldan, 1992). En consecuencia los métodos biológicos presentan la ventaja de reflejar las condiciones existentes tiempo atrás antes de la toma de muestras; mientras que los métodos tradicionales (físicoquímicos) ofrecen una visión puntual del estado de las aguas en el momento de la toma de la muestra. Existe otro aspecto añadido, el económico, pues ateniéndose a la relación costo/beneficio, este método resulta ventajoso (Camargo, 2005).

Debe tenerse en cuenta que algunos organismos o grupos de organismos han sido catalogados como indicadores de situaciones diferentes y en ocasiones opuestas. En estos casos se deberá contrastar la presencia y abundancia de las especies que se encuentran con variables físicas y químicas que permitan definir las condiciones del agua y el papel indicador de las especies. (Pinilla, G. 2000).

Grado de bioindicación. Cada organismo se puede asignar a una categoría de acuerdo a la sensibilidad que tengan a la contaminación de la siguiente manera: Oligotrófico, Oligo-Mesotrófico, Mesotrófico, Meso-Eutrófico, Eutrófico y no indicador. Este aspecto es fundamental para conocer el estado de contaminación del sistema. (Zamora. 1998)

Índices ecológicos. Basado en los tres componentes de la estructura de la comunidad, a saber: riqueza, uniformidad y abundancia, se describe la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental. La diversidad se toma como una medida de la calidad biológica del sistema acuático. (Moreno 2001).

- **Shannon-weaver** (1949). Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra

$$H' = -\sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

Donde:

ni: Número de individuos por género.

N: Número total de individuos.

ln: Logaritmo natural.

El resultado de la aplicación de esta ecuación se confronta con los siguientes valores de diversidad: 0.0-1.5 baja diversidad; 1.6-3.0 mediana diversidad y de 3.1-5.0 alta diversidad. (Fuente MORENO, 2001).

- **La Dominancia**, manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. De acuerdo con el índice de Simpson (Simpson, 1949):

$$D = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra (fuente MORENO, 2001).

- **la Equidad** (Pielou, 1966), mide la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. basado en el cálculo previo del índice de Shannon Weaver (1977):

$$J' = \frac{\sum 2 p_i \ln p_i}{H' \max}$$

$H' \max$

Donde:

$H' \max = \ln S$ (riqueza específica)
(Fuente MORENO, 2001)

3.1.2. Evaluación biológica con el método BMWP para Colombia. Se trata de un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. La calificación se da mediante puntajes que van de 10 a 1 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación. La suma de los puntajes de todas las familias para cada sitio en particular de un ecosistema estudiado da el puntaje total BMWP para dicho sitio. Basados en el conocimiento que actualmente se tiene en nuestro país de los diferentes grupos de macroinvertebrados se ha adaptado para Colombia esta metodología como una medida de evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos (Zamora.1999).

Tabla 1. Niveles de bioindicación de las familias de macroinvertebrados acuáticos y su respectiva puntuación, de acuerdo con la adaptación realizada para Colombia del Sistema para Determinación del Índice de Monitoreo Biológico.

ORDENES	FAMILIA	PUNTOS
Plecoptera Ephemeroptera Trichoptera Diptera Hidroida	Perlidae Euthyplociidae, Polymitarciidae Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae. Blepharoceridae Hidridae, Clavidae, Petasidae	10
Ephemeroptera Odonata Trichoptera Diptera	Oligoneuridae, Leptophlebiidae Megapodagrionidae, Plythoridae Hydrobiosidae, Xiphocentronidae, Philopotamidae Simullidae Psephenidae	9
Odonata Trichoptera Coleoptera Hemiptera Diptera	Coenagrionidae, Calopterygidae Helicopsychidae Dytiscidae, Ptilodactylidae, Scirtidae Notonectidae, Mesolveiidae, Hebridae, Naudoridae Dixidae	8
Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Hemiptera Diptera Mesogastropoda	Tricorythidae, Leptohiphidae Polycentropodidae, Psychomyiidae Elmidae, Dryopidae, Staphylinidae, Girinidae Pleidae, Vellidae, Gueridae Empididae, Dolichopodidae, Muscidae Melaniidae	7
Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Odonata Lepidoptera Neuroptera Decapoda Anphioda Gordioidea Unionoida Tricladida	Baetidae Hidropsychidae, Leptoceridae Noteridae, Haliplidae Libellulidae Pyrilidae Corydalidae Atyidae Hyalellidae Gordiidae, Chordodidae Unionidae Planariidae, Dugesiidae	6

Coleoptera	Limnynchidae	5
Odonata	Aeshnidae, Lestidae	
Diptera	Tabanidae, Ceratopogonidae	
Decapoda	Palaemmonidae	
Hemiptera	Belostomatidae	
Coleoptera	Curculionidae, Chrysomelidae	4
Diptera	Tipulidae, Stratiomyidae, Culicidae	
Hidracarina	Hidracaridos	
Hemiptera	Corixidae, Hydrometridae	
Basommatophora	Ancylidae, Chiliindae	
Hemiptera	Nepidae, Gelstocoridae, Saldidae	3
Coleoptera	Hidrophilidae	
Trichoptera	Leptoceridae	
Diptera	Psychodidae	
Mesogastropoda	Goniobasidae, Hydrobiidae	
Diptera	Chironominae, Chironomidae, Orthocladinae, Tanyptodinae	2
Basommatophora	Physidae, Limnaeidae, Planorbida	
Haplotaxida	Todas las familias (excepto tubifex)	
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae, Ozobranchidae, Cyclobdellidae, Cyclicobdellidae, Piscicolidae, Macrobdelellidae	
Haplotaxida	Tubificidae (tubifex)	1
Diptera	Syrphidae, ephyridae	

Fuente: Zamora H. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas – ACCB Número 19 2007 ISSN 0120-4173

Mapas de calidad de agua Con la información obtenida por la presencia de los macroinvertebrados acuáticos en los diferentes ecosistemas, se construyen mapas de calidad del agua que sirven para diagnosticar el estado de la calidad en cada micro cuenca. Estos servirán como una herramienta para la planificación de la preservación, uso y recuperación de los recursos hídricos en cada municipio. En otras palabras, es como tener una radiografía en la cual se pueden ver claramente donde está el problema y proceder a solucionarlo (Roldan; 2003).

Tabla 2. Clases, Valores y Características para las aguas clasificadas mediante el Índice BMWP adaptado para Colombia.

Clase	Calidad	Valor	Significado	Color Cartográfico
I	Muy Buena	>121	Aguas muy limpias	
III	Buena	101 – 120	Aguas limpias Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	
III	Aceptable	61 – 100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	
IV	Dudosa	36 – 60	Aguas contaminadas	
V	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	
VI	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: Zamora H. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas – ACCB Número 19 2007 ISSN 0120-4173

3.1.3. Análisis físico y químico del agua. La contaminación del agua está relacionada con la alteración de su calidad, mejor dicho de sus características físicas, químicas, biológicas bien sea por causas naturales o por acciones antrópicas que conllevan de forma parcial o total a que no sean adecuadas ya sea para uso doméstico o industrial.

Vásquez (2001), menciona que los principales parámetros fisicoquímicos que fundamentalmente requieren especial interés y cuyo análisis permite una visión concreta sobre la calidad del agua y las condiciones de un ecosistema acuático en un momento dado son:

Principales variables físicas y químicas:

- *Temperatura.* La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que influyen sobre la velocidad en que se dan las actividades metabólicas dentro del cuerpo de agua y por consiguiente en los niveles de productividad primaria y desarrollo heterotrófico de la fauna (Vásquez, 2001). Además de su influencia directa sobre los organismos, la

temperatura también influye sobre los niveles de saturación del oxígeno, debido a que los gases se disuelven más rápidamente en aguas frías, un aumento en la temperatura podría dejar sin oxígeno a los organismos.

La temperatura elevada resulta de descargas de agua caliente, la remoción de las capas vegetales aumenta la temperatura por la llegada directa de la luz solar sobre el cuerpo de agua, además la escorrentía desde el pavimento incrementa este problema al igual que la erosión, por el aporte de sólidos suspendidos los cuales absorben grandes cantidades de calor y lo transfieren al agua (Laidlaw, 1995).

- *PH*. Nos indica la concentración de hidrogeniones en el agua, el PH regula muchos de los procesos químicos y fisiológicos del sistema. Para el desarrollo normal de la biota acuática, los valores limitantes están en el rango 4.5-8.5, siendo el PH fisiológicamente óptimo entre 7.0-7.4 (Vásquez, 2001).
- *Conductividad eléctrica*. La conductividad eléctrica permite evaluar rápida pero muy aproximadamente la mineralización global de agua y por lo tanto se correlaciona con los sólidos disueltos y con la salinidad (Vásquez, 2001). Las modificaciones importantes de la conductividad pueden diferir rápidamente en el transcurso del día a causa de vertimientos industriales y aguas domésticas.
- *Oxígeno disuelto*. Es uno de los indicadores más importantes de la calidad de agua. La fuente principal es el aire el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y los vientos en los lagos, además de los procesos bioenergéticos de la fotosíntesis, generado por los productores primarios (Vásquez, 2001). Todos los organismos vivos dependen del oxígeno para sobrevivir y poder producir la energía necesaria para su desarrollo y su reproducción (Laidlaw, 1995).

El oxígeno que encontramos en las aguas de abastecimientos especialmente superficiales es el proveniente del aire que penetra en el agua por absorción.

Las variaciones del contenido de oxígeno son importantes ya que tiene tendencia a disminuir con la profundidad y los problemas anaerobios pueden desarrollarse en la fondo. Cuando la temperatura se eleva el

contenido de oxígeno disminuye a razón de una pequeña solubilidad; estas modificaciones pueden formar gustos y olores desagradables.

- *Gas Carbónico.* Se origina por la descomposición de la materia orgánica, por la respiración de los animales, las plantas y por el agua lluvia, la cual arrastra este gas de la atmósfera y en general reacciones químicas que se manifiestan tanto en la columna de agua como en el sustrato (Vásquez, 2001).
- *Alcalinidad.* El agua pura químicamente es una sustancia neutra que no manifiesta carácter alcalino ni cualidades ácidas, pero las aguas naturales, aún las que tienen un alto grado de pureza contienen soluciones suspendidas de gases atmosféricos y de minerales del suelo y son estos productos encargados de suministrar a las aguas características ácidas o alcalinas. La alcalinidad es producida por sustancias de contacto con el agua, es decir por hidrólisis producen iones hidroxilo (OH^-), así por ejemplo la cal, carbonatos y bicarbonatos son productos que comunican alcalinidad al agua. Así con la capacidad de neutralizar ácidos del agua posee propiedades de buffer.
- *Dureza Total.* Corresponde a la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, evaluada como carbonato de calcio; y además es la capacidad para precipitar el jabón. Si la dureza es menor a la alcalinidad corresponde a su totalidad de carbonatos.
- *Nitrógeno, Nitritos y Nitratos.* El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo los niveles de oxígeno (Roldán, 1992) En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir los organismos.

Estos iones se encuentran en bajas concentraciones en medios aeróbicos, pero si hay descargas significativas de este ion, el proceso de oxidación de este es muy alto, causando gran demanda bioquímica de oxígeno y por consiguiente, disminuye la concentración de oxígeno disuelto. Los bioensayos realizados por el grupo de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca, han comprobado que los niveles de amonio superiores a 0.5 mg/ L y de nitritos superior a 0.05 mg/ L se consideran limitantes para el desarrollo y distribución de los macroinvertebrados (Vásquez; 2001).

4. ANTECEDENTES

En la ciudad de Popayán se han venido realizando varios trabajos sobre la cuenca del río Molino y alguno de sus afluentes a manos de varias instituciones como la Universidad del Cauca, la Corporación Autónoma Regional del Cauca y el Acueducto y Alcantarillado de Popayán por medio del grupo pro-cuencas río las piedras. Estas labores abarcan trabajos de bioindicación, impacto ambiental, usos de los suelos y factores de contaminación las cuales nos ayudan en el conocimiento del estado de conservación de estos afluentes .entre los trabajos realizados tenemos:

- **ARIAS Y CALVACHE (2000).** Determinaron mediante variables bióticas, abióticas y antrópicas el estado ambiental en que se encuentra el río molino en la parte urbana en el municipio de popayán, concluyendo que los vertimientos de aguas residuales y la invasión de las riveras son las actividades antropicas que mas están afectando el área de estudio, además son los problemas que se encuentran con mayor frecuencia a lo largo del río. Por lo tanto la mala calidad de las aguas del río se deben principalmente a estos dos factores.
- **MARTINEZ, (2005).** Caracterizo el nivel de alteración de la quebrada Quitacalzòn en el municipio de Popayan – Cauca causado por aguas residuales no depuradas, concluyendo que el vertimiento de aguas residuales a afectado de manera considerable la calidad fisicoquímica del agua causando la desaparición de organismos de aguas oligotróficas, disminuyendo la diversidad de la fauna bènica, especialmente en la estación San Baernardino en donde reside la mayor descarga de aguas residuales.
- **NAUNDORF, G & ZAMORA. (1990).** Efecto excluyente de la contaminación domestica sobre los macrionvertebrados acuáticos del río molino (Popayán) durante una década. Se realizo el seguimiento limnológico del río Molino durante los años 1981 a 1989 con el fin de detectar las alteraciones del ecosistema producida por el vertimiento de aguas residuales domesticas y la extracción de materiales. A medida que el río atraviesa la ciudad se ve una fuerte disminución en la diversidad y densidad de organismos así como notables fluctuaciones en las características físicas y químicas

- **ZAMORA, H. (1981).** "Niveles de contaminación del río Molino con base en sus características fisicoquímicas y biológicas" en donde se determino el impacto que causan las comunidades humanas sobre el río a medida que este se interna en la zona urbana, lo cual provoca una disminución de la biodiversidad y de la calidad fisicoquímica como consecuencia de las aguas contaminadas provenientes de las casas, la extracción de tierra y piedras en las orillas del río lo cual provoca un deterioro de los habitats y la deforestación causada por la construcción de carreteras y casas. También se registro como los organismos indicadores de aguas limpias en la parte alta del río son desplazadas por organismos resistentes a la contaminación en las partes medias hasta llegar a la parte baja del río en donde se encuentran organismos propios de aguas sumamente contaminadas como tubifisidos y chironomidos.
- **ZAMORA, H. 1991.** "Macroinvertebrados Dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del Departamento del Cauca". Se realizo un inventario de MAE en las diferentes zonas de vida y pisos altitudinales determinando que la zona de vida más diversa corresponde al bosque húmedo pre montano (1000-2000 msnm) y va disminuyendo a medida que se sube y acerca al montano y al subalpino.
- **ZAMORA, H. (1995).** "Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación domestica", donde se determino que el río molino desde su nacimiento, hasta la bocatoma conserva en gran parte (70%) las características de un cuerpo de agua natural, razón por la cual es posible la mejora de las condiciones del río mediante un adecuado plan de reforestación y manejo de la cuenca.
- Por otra parte la **CRC en el 2004** dentro de su plan de ordenamiento de cuencas hidrográficas a estudiado muy detalladamente los problemas ambientales, de contaminación y uso de las tierras a lo largo de la cuenca del río molino-pubús. De acuerdo a esto se determinaron problemas de contaminación por basuras, aguas servidas, desechos de construcción, problemas de aguas provenientes de ladrilleras, además de la deforestación de las riveras para la construcción y la ganadería. Se realizaron también estudios de las comunidades bióticas como peces y macroinvertebrados utilizándolos como indicadores; sin embargo estos estudios de bioindicacion se desarrollaron sobre el río molino y hay pocos estudios de estos sobre sus afluentes como la quebrada La Cantera sobre la cual se determinaron los problemas de contaminación sobre el afluente pero no se han desarrollado trabajos de monitoreo biológico y fisicoquímico que ayuden a determinar la calidad del agua de esta quebrada.

5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio es la quebrada La Cantera la cual se encuentra ubicada al noreste del municipio de Popayán. En su recorrido atraviesa parte de la comuna tres comprendiendo los barrios: Aida Lucía, Ucrania, Yámbitara, Yanacónas, Villa Docente, Sotará. Esta quebrada hace parte de la subcuenca del río Molino-Pubús la cual está ubicada al sur occidente del país, en la parte media del departamento del Cauca, hacia el oriente del municipio de Popayán. (POMCH, 2004).

La unidad hidrográfica de la subcuenca del río Molino-Pubus comprende una densa red de drenaje cuyos ejes principales se internan en la ciudad de Popayán, esta situación le da un carácter de subcuenca urbana, determinando la necesidad de un tratamiento específico para abordar un plan. Comprende un área de 6787 Km², con una elevación de 2624 msnm, pendiente de 0.35 m/m, una precipitación media de 1976 mm, un caudal medio de 1.07 m³/s, un porcentaje de retención de 0.277 y un caudal indirecto de 3.87m³/s. La sub cuenca abarca 8 corregimientos, 27 veredas y 7 comunas urbanas. (POMCH, 2004).

Tabla 3: Datos climatológicos registrados durante los meses de muestreo. Fuente estación climatológica Universidad del Cauca. Año 2008-2009.

Meses	Temp Ambiente	Hum Relativa	Veloc Viento	Total Lluvia
	C°	%	(m/s)	mm
Septiembre	18.48	77.68	0.84	106.85
Octubre	17.61	85.71	0.63	299.60
Noviembre	17.75	88.28	0.65	461.37
Diciembre	17.68	87.90	0.74	320.66
Febrero	18.27	85.86	0.85	76.13
Marzo	18.36	86.56	0.77	242.45
Promedio	18.03	85.33	0.75	
Sumatoria				1,507.06

La quebrada La Cantera es formada por la unión de las quebradas los Linderos y el Cedral las cuales nacen en cercanías de las veredas La Claridad y El Hogar. El nombre de la quebrada la cantera es dada por la extracción de piedra que se realizaba en la zona de la cascada en la parte alta del barrio Aída Lucía,

igualmente es utilizada como sitio recreativo por los habitantes de los barrios cercanos.

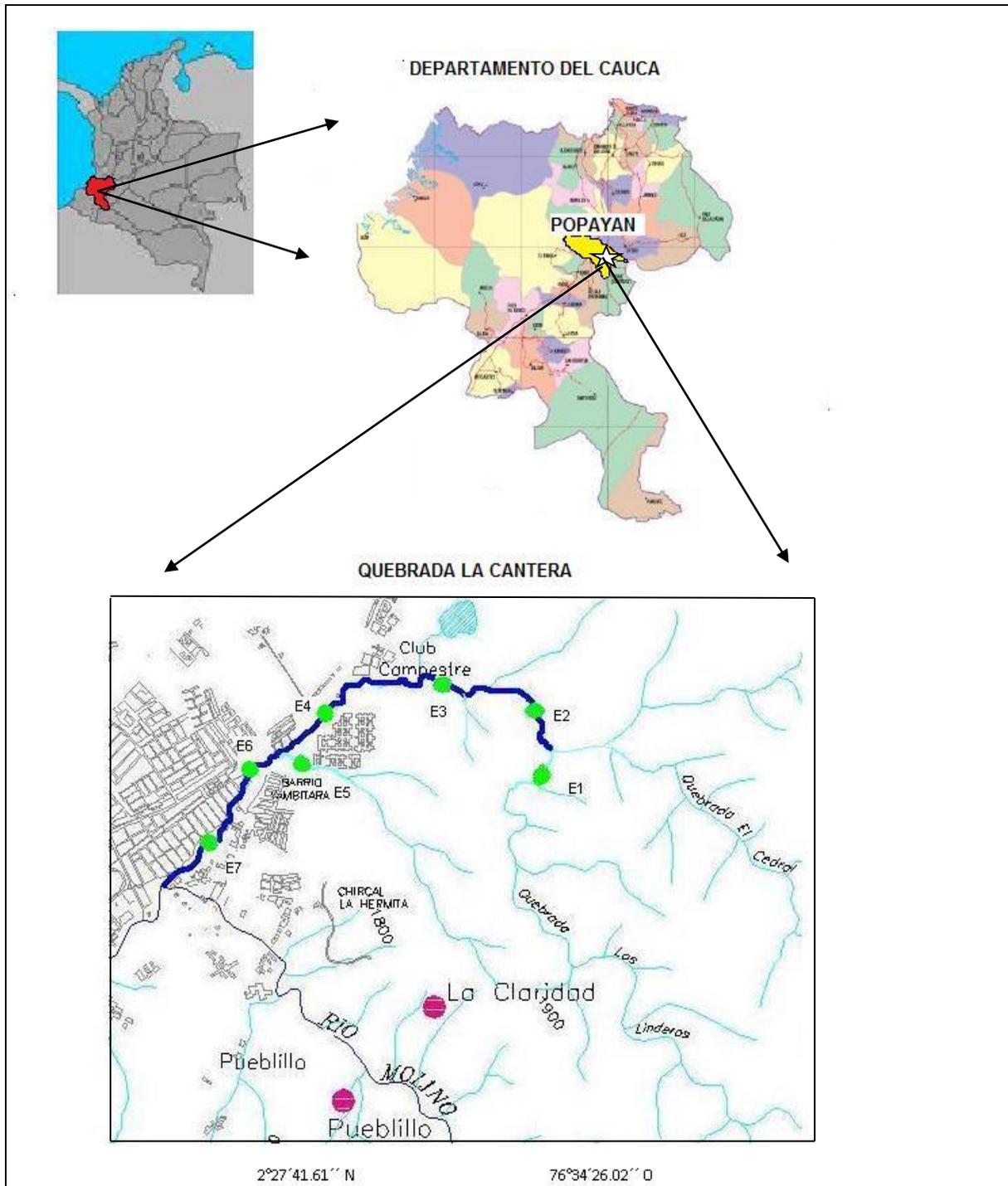


Figura 1. Ubicación de la quebrada La Cantera y las estaciones de muestreo. Fuente CRC

5.1 COBERTURA VEGETAL

La cobertura presente en la quebrada La Cantera según el Plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCH, 2004) se compone a en la parte alta de bosque plantado, constituido principalmente por árboles de eucalipto, utilizados principalmente por cartón de Colombia; gran parte del territorio está conformado por potreros, pastos y rastrojos, además de algunos pequeños cultivos. Solo una pequeña fracción de bosque nativo ha sido conservada a lo largo de las márgenes de la quebrada en la parte alta o rural (E-1 y E-2). El terreno por el cual atraviesa la quebrada La Cantera en su mayoría es zona erosionable; Asimismo la extracción de piedra en la zona de la cantera altero drásticamente la vegetación en la rivera de la quebrada eliminando los arboles (E-3). A medida que nos acercamos a la zona urbana la vegetación natural es poco conservada; en general está compuesta por pastos, guadua y algunos robles.

5.2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Los factores que influyen en la problemática ambiental presente en la quebrada la cantera debido a la urbanización aledaña son diversos: los vertimientos de aguas residuales y aguas servidas debido al alcantarillado deficiente y en mal estado de algunos de los barrios de la comuna 3 (Figura 3 y 4), los desechos sólidos como basuras arrojados al río y algunos de sus lixiviados debido a su acumulación en las zonas ribereñas (Figura 2), lixiviados de heces fecales originados por la ganadería en la parte alta de la quebrada (Figura 5) y el desbrosamiento de la cobertura vegetal para la construcción de casas invadiendo las zonas de protección del río. Otro gran problema presente en la quebrada son las obras de infraestructura como puentes y las vías públicas las cuales arrojan materiales de construcción al agua, además de otros factores como desechos químicos, extracción de piedras en la zona de la cascada; ente otros.



Figura 2 Acumulación de basuras,
Barrio Yambitará



Figura 3. Desagüe de aguas negras,
Barrio Yambitará



Figura 4. Desagüe de aguas negras vía Aida Lucia, Quebrada NN.



Figura 5. Desagüe de aguas negras después del puente de Aida Lucia

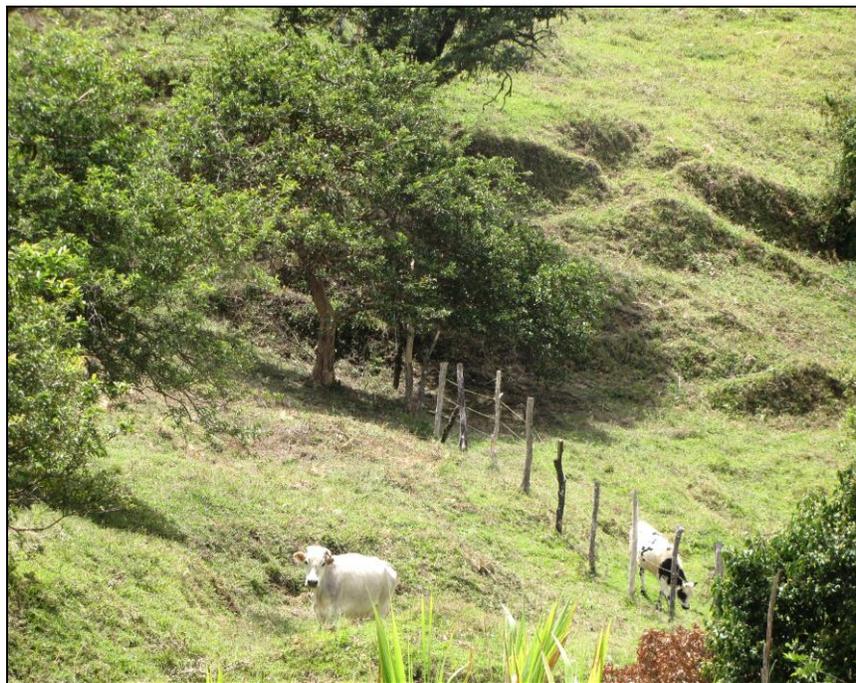


Figura 6. Presencia de ganado y potrerización en márgenes de la quebrada La Cantera en la parte alta (Zona rural).



Figura 7. Deforestación por extracción de materiales de construcción como piedra y arena.

5.3. SITIOS DE MUESTREO

La elección de los sitios fue en base a un muestreo previo de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales, teniendo en cuenta la problemática ambiental de dicho afluente y las condiciones ecosistémicas de los sectores.

ESTACION 1: QUEBRADA LOS LINDEROS

Está ubicado N 02' 27' 44,5'; W 76'34'37,5', a una altura de 1832 m.s.n.m. presenta una cobertura boscosa correspondiente a vegetación natural arbórea principalmente de Roble, vegetación arbustiva, plantaciones forestales con especies exóticas (eucaliptos) y algunos cultivos en pequeña escala, además vegetación de rastrojo, pastos naturales y para ganadería. La parte ribereña se encuentra deteriorada por la erosión debido al aumento del caudal de la quebrada en época de lluvias (Figura 8). En esta estación la quebrada presenta aguas transparentes, frías de corrientes medias, sobre un fondo de grava y arena, (Figura 9). Es la estación que presenta menos intervención antrópica en sus márgenes que afecten el cuerpo de agua.



Figura 8. Quebrada los Linderos a 1832 msnm.



Figura 9. Muestra de sustrato, quebrada los Linderos, estación 1.

ESTACION 2: NACIMIENTO QUEBRADA LA CANTERA.

Ubicado al N 02'27'51.7' y W 0,76'34'38' de la zona urbana del municipio de Popayán a una altura de 1826 m.s.n.m. presenta intervención antrópica visible como potreros utilizados en la ganadería extensiva y algunos cultivos muy cercanos a las márgenes de la quebrada (figura 11). La vegetación ribereña consta de especies herbáceas, pero se sigue conservando en sus riveras especies naturales como el Roble. Este punto es utilizado como bebedero para los animales. En general cuenta con las mismas características de la estación 1 en cuanto a vegetación y sustrato del cuerpo de agua.



Figura 10. Inicio quebrada La Cantera, estación 2 a 1826 msnm.



Figura 11. Potreros en las márgenes del cuerpo de agua, estación 2.

ESTACION 3: ZONA LA CANTERA

Se encuentra al N 02°27'54,6" y W 076°34'46" a una altura de 1808 m.s.n.m. Es una zona deforestada debido a la explotación de piedra utilizada con fines industriales de aquí el nombre de la quebrada (Figura 12). Apartir de la década de los 90' la gobernación del Cauca tomo este lugar como patrimonio histórico, hoy solo queda suelo de tipo arcilloso- limoso lo cual hace que el terreno sea inestable. Aún se conserva las características de aguas limpias, frías y transparentes con corrientes considerables, el sustrato está compuesto de rocas medianas y pequeñas al igual que graba mediana y fina (Figura 13).



Figura 12. Estación 3, zona de la Cantera a 1808 msnm.



Figura 13. Estación 3, Características físicas del sustrato.

ESTACION 4: BARRIO AIDA LUCIA:

Situado N 02'27'45,3' y W 76'35'14,8' a una altura de 1782 m.s.n.m. En este tramo la quebrada recorre una parte del barrio Aída Lucia (Figura 14). Se caracteriza por ser una zona altamente intervenida la cual se ve afectada por la contaminación de materia orgánica e inorgánica. A la vez su zona ribereña está constituida por gramíneas, especies herbáceas y guadua la cual aporta gran cantidad de materia orgánica a la quebrada (Figura 15). El sustrato lo constituyen

piedras medianas, fijas fuertemente al suelo, al igual que piedras pequeñas y algunos escombros de construcción; aun presenta aguas claras pero su transparencia disminuye con respecto a las anteriores estaciones.



Figura 14. Estación 4. Quebrada La Cantera Barrio Aida Lucia a 1782 msnm, 20 m antes de unírsele la quebrada NN



Figura 15. Estación 4, Toma del fondo de la quebrada La Cantera,.

ESTACION 5: QUEBRADA NN

Ubicado N 02'27'44,8' y W 0,76' 35' 15,1' a una altura de 1789 m.s.n.m, existe poca vegetación ribereña compuesta por arbustos, árboles pequeños y rastrojos. Se ve afectada por la contaminación de materia orgánica e inorgánica proveniente de tubos de desagües de los barrios de la parte urbana (Figura 3). Además en la parte rural también se ve afectada por descargas de aguas grises de lavamanos, duchas y lavaplatos. A lo largo de esta quebrada hay gran cantidad de potreros y cultivos lo que incrementa la materia orgánica que sumado con el bajo caudal incrementa la descomposición y cambia drásticamente la calidad del agua; Este sitio de muestreo presenta un gran problema de basuras en sus márgenes y dentro del cauce (Figura 16 y 17).



Figura 16. Estación 5, antes de unirse a la quebrada La Cantera, a 1789 msnm.



Figura 17. Estación 5, Problema de basuras en la quebrada NN.

ESTACION 6: PUENTE AIDA LUCIA

Se encuentra al N 02' 27' 49,8' y W 0,76' 35' 16' a una altura de 1776 m.s.n.m, en la parte de atrás del conjunto cerrado de Villa Mercedes (Figura 18), las aguas de la quebrada son turbias debido a la confluencia de la quebrada NN la cual arrastra consigo mucha materia orgánica disuelta, sólidos disueltos y materiales provenientes de la erosión del terreno por la falta de vegetación. Las aguas presentan el típico olor de aguas muy contaminadas. El sustrato se encuentra cubierto con una capa de sedimento de color café. Los problemas en esta parte son principalmente la contaminación domestica con aguas grises y las basuras de todo tipo, además de la confluencia de la quebrada NN. La vegetación ribereña consta principalmente de gramíneas y varias especies herbáceas.



Figura 18. Estación 6, Puente Aida Lucia, 30 m después de la unión de la quebrada NN, a 1776 msnm.

ESTACIÓN 7: BARRIO VILLA DOCENTE

Ubicado N 02°27'30,4' y W 76°35'27,9' a una altura de 1766 m.s.n.m. dicha quebrada recorre los barrios Yambitará, parte de Yanaconas y Villa Docente (Figura 19). Se caracteriza por ser una zona de alta densidad poblacional y por ende de gran contaminación de materia orgánica e inorgánica debido a la falta de conciencia ciudadana, además llegan a este caudal las aguas lluvias que transcurren por las calles y espacios libres, trayendo consigo gran cantidad de desechos sólidos, existen todavía muchos desagües de aguas negras en la parte del barrio Yambitara que aportan mucha carga orgánica alterando las comunidades naturales dentro del agua, además del problema de basuras que afecta a lo largo del río (Figura 20). La vegetación ribereña consta de varias especies herbáceas como pastos y arbustos, además de una gran cantidad de guadua .aunque esto ha ido mejorando gracias a la conservación del recurso hídrico dirigido por la Fundación Pro-cuenca Río las Piedras, los cuales dirigen una campaña de conservación a traves de la construcción de senderos ecológicos.



Figura 19. Estación 7, Barrio Villa Docente a 1766 msnm.



Figura 20. Estación 7, Acumulación de basuras en la quebrada.

6. MATERIALES Y METODOLOGIA

6.1. MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES (MAE).

Los muestreos se realizaron en 7 estaciones (anteriormente descritas) dentro de la quebrada la cantera en los meses de septiembre, noviembre y diciembre de 2008 y febrero y marzo de 2009. La captura se llevo a cabo por medio de una red de pantalla para bentos; la cual consiste en una red plástica con un ojo de malla de 1 mm, con área de 1 m², sujeta a cada lado por dos palos de 1.5 m de longitud. Se muestrearon aguas corrientes poco profundas de fondos gravosos y pedregosos, con macrofitas escasas en las orillas. Se removió un area de un (1) m² del sustrato de fondo frente a la red en las dos orillas y en el centro de la quebrada desprendiendo los MAE del fondo para que sean arrastrados por la corriente hasta la malla; en total el area muestreada en cada estación fue de 3m². Los organismos se colectaron con pinzas de punta fina y se almacenaron en frascos plásticos con alcohol al 70 %. Los frascos fueron rotulados procurando contener la siguiente información: Lugar de recolección, características especiales del lugar donde se tomo, fecha, altitud, georeferenciación, entre otras, posteriormente se guardaron en una nevera para su análisis en el laboratorio. Mediante un estereoscopio se identificaron y cuantificaron los organismos hasta el nivel de género; A los datos obtenidos se les aplicaron los índices de diversidad de Shannon, Dominancia de Simpson, Equidad de Pielou y se cualifico el sistema mediante el índice BMWP.

6.2. MUESTREO FISICOQUÍMICO HÍDRICO.

En cada estación de muestreo se determinó los principales parámetros físico-químicos del agua para poder definir las condiciones bajo las cuales se desarrollan los diferentes grupos de MAE colectados.

Los parámetros físicoquímicos se analizaron por medio del método colorimétrico con los test de marca aquamerck para el oxígeno disuelto, Dióxido de carbono, pH, Alcalinidad, Acidez, Dureza total, Dureza carbonácea, Amonio, y Nitratos, la medición de la Temperatura, Salinidad y Conductividad se hicieron con el conductímetro de marca YSI del laboratorio de recursos Hidrobiológicos continentales de la universidad del Cauca. Los datos se registraron para cada

estación durante Cuatro meses de muestreo (Noviembre, Diciembre, Febrero y Marzo), con una frecuencia de una vez por mes.

6.3. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

los parámetros físicos y químicos al igual que los datos de riqueza, diversidad de Shannon, dominancia de Simpson y equidad de Pielou se trataron estadísticamente con ayuda del paquete estadístico SPSS versión 11.5 para Windows por medio de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas entre estaciones y meses de muestreo.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 ANALISIS DE LOS PARÁMETROS FISICO-QUIMICOS

Estos parámetros se trabajaron con la prueba de Kruscall-Wallis para determinar si hay diferencias significativas entre las estaciones y los meses y después se las aplico la prueba complementaria de Mann – Wihitney para ver entre que estaciones y meses son las diferencias; el tratamiento estadístico se terabjo por medio del paquete estadístico SPSS versión 11.5.

Los resultados para cada parámetro en los diferentes estaciones y los respectivos meses, se presentan en los anexos (A2). A continuación se describen las tendencias para cada uno de ellos.

- **Temperatura Hidrica**

El valor promedio de temperatura registrado en la zona de estudio fue de 18.54°C con un rango entre los 17.3°C a 19.1°C.

El comportamiento de la temperatura hídrica en la quebrada La Cantera presenta un leve aumento a medida que va disminuyendo la altura sobre el nivel del mar (E1: 1832 msnm y E7: 1766 msnm) y pasamos de la parte alta poco intervenida a la parte baja donde el grado de intervención es mayor, siendo las estaciones 6 y 7 las de mayor temperatura (Figura 21). En la zona urbana la escorrentía proveniente de las calles en épocas de lluvia cae a la quebrada aumentando la temperatura de esta ya que el asfalto absorbe calor y este es trasmitido al agua la cual hace que aumente la temperatura de la quebrada. Asi mismo la erosión aumenta los sólidos suspendidos los cuales absorben calor y aumentan la temperatura del agua. (Laidlaw, T 1995). Por otra parte la conservación de la vegetación riparia en las partes altas de la quebrada (E1 y E2) disminuye la penetración lumínica y asi mismo la absorción de calor por parte de la columna de agua. Aunque se ven diferencias entre las diferentes estaciones el tratamiento estadístico no revela diferencias significativas entre estas ($X^2_{(32,3)}= 5.74$; $p > 0.05$), lo que nos permite concluir que la contaminación y la alteración física de este ecosistema no a alterado drásticamente la temperatura del ecosistema.

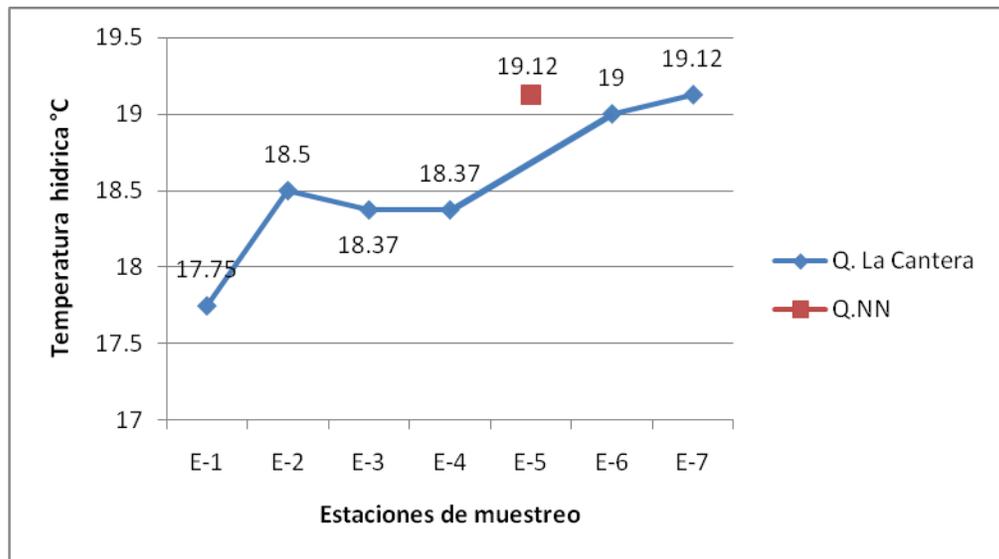


Figura 21. Valores de Temperatura hídrica promedio en las estaciones de muestreo.

Con respecto a los meses de muestreo la temperatura hídrica de la quebrada tiende a disminuir hacia el mes de Febrero cuando la precipitación es menor y aumenta cuando la precipitación se incrementa en el mes de marzo (Figura 22). Sin embargo de acuerdo a la prueba de Kruscall-Wallis las diferencias de temperatura registradas en los diferentes meses no son significativas ($X^2_{(32,3)}= 2.65$; $p > 0.05$).

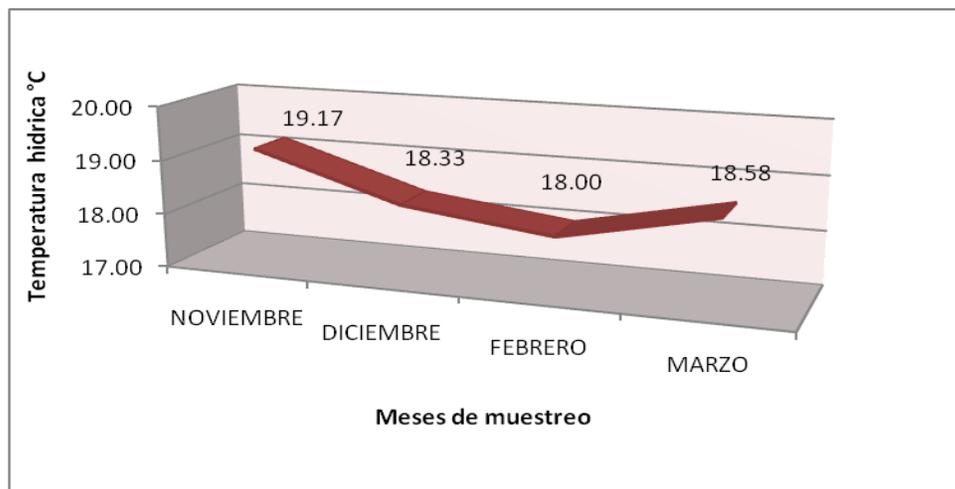


Figura 22. Valores de Temperatura promedio en los meses de muestreo.

Este rango de temperatura nos cualifica la quebrada como de aguas templadas lo que concuerda con la altura geografica de la zona según Holdridge 1982.

- **Oxigeno disuelto**

La quebrada La Cantera registra una concentración de Oxigeno Disuelto promedio de 8.20 mg/L y un porcentaje de saturación promedio del 86.67% lo que nos indica que la quebrada contiene una buena cantidad de oxigeno por encima del minimo óptimo lo que facilita el desarrollo de una comunidad animal estable.

La concentraciones de oxigeno disuelto en el agua registraron una tendencia a disminuir a medida que la quebrada se interna en la zona urbana (Figura 23). En las estaciones 1, 2, 3 se obtuvieron los mayores concentraciones (OD=8.71, OD= 8.81 y OD= 8.40), con porcentajes de saturacion por encima de 89%, (Cuadros 2, 3 y 4) lo cual es el resultado de la alta dinamica hídrica, poca profundidad, aguas templadas y la baja tasa de degradación de materia organica. Los menores valores se obtuvieron el las estaciones 4 y en la 6 (OD=7,45 y OD= 7,125) siendo la estacione 6 la que presento el mayor déficit de este gas (Cuadros 5 y 7), debido principalmente a la confluencia de la quebrada NN la cual trae consigo una gran cantidad de contaminantes y materia organica. Sin embargo la concentración de Oxigeno disuelto se incrementa en la ultima estación (OD=8.7), (figura 23) debido a la disminucion de la descargas de contaminantes orgánicos. La concentración de oxigeno en la quebrada NN fueron los mas bajos rejistrados dentro de este trabajo (Figura 23). Por otra parte las pruebas estadísticas no registraron diferencias entre estaciones ($X^2_{(32,3)}= 7.061$; $p > 0.05$) indicando que a pesar de la contaminación existente la dinamica hídrica de esta quebrada aporta constantemente oxigeno al agua y este no desiendo a niveles críticos que afecten enormemente la disponibilidad en el agua a través de toda la quebrada.

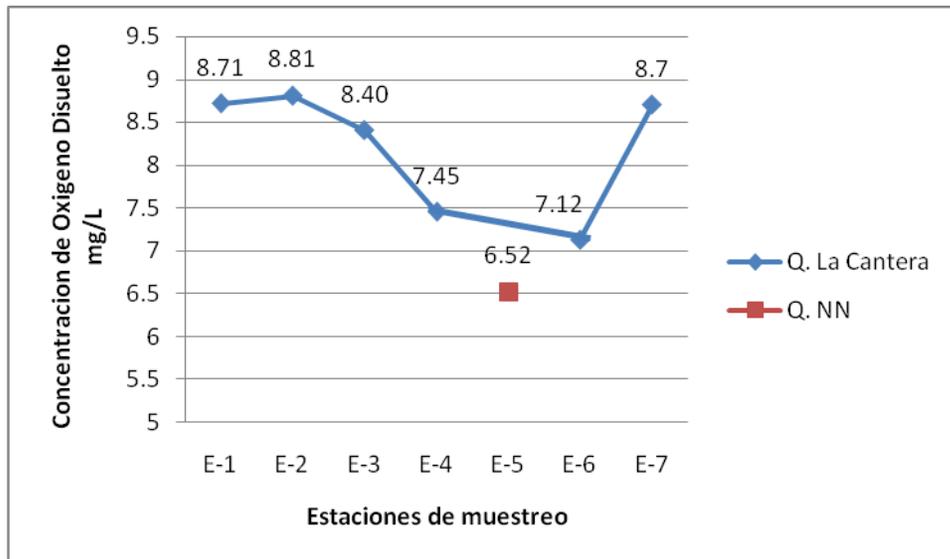


Figura 23. Valores promedio de la concentración Oxígeno disuelto en las diferentes estaciones.

Los mayores valores promedio de oxígeno se registraron en los meses de Febrero y Marzo (OD= 8,65 y OD= 8,97), con porcentajes de saturación mayores al 90%, mientras que en Noviembre y Diciembre los porcentajes de saturación estuvieron por debajo del 80% (OD= 6,73 y OD=7,49) indicando un déficit de este gas en el agua, (Figura 24). Sin embargo de acuerdo con la prueba de Kruscall-Wallis no hay diferencias significativas entre los diferentes meses ($X^2_{(32,3)}= 6.35$; $p > 0.05$), Concluyendo que el tiempo no afecto la concentración de este gas en el agua.

Aunque es evidente la contaminación por materia organica procedente de las aguas residuales de los vecindarios aledaños la descomposición de esta no produce una disminución critica de este gas debido a que la buena dinámica hídrica genera un aporte de oxígeno mayor que el gasto que se produce por la oxidación de la materia organica, por lo que la quebrada mantiene mas o menos constante la concentración de oxígeno dentro del sistema.

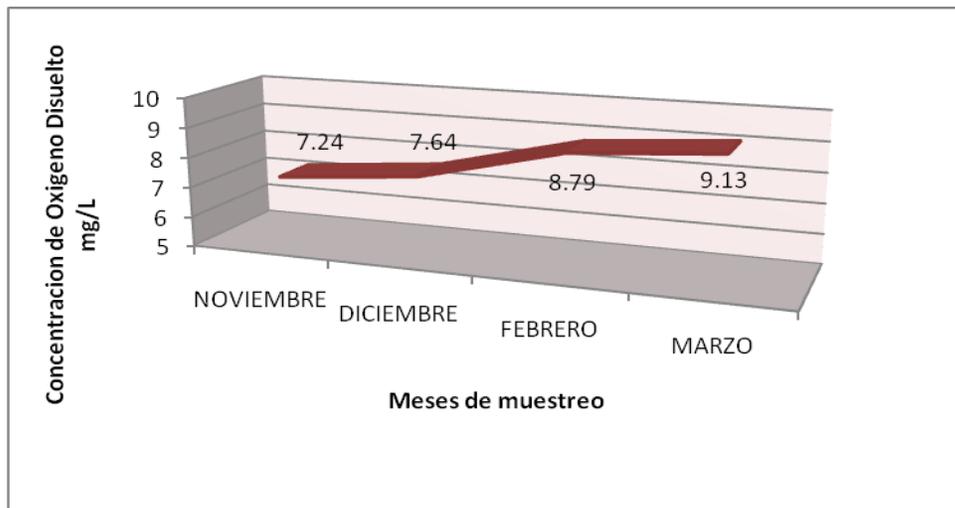


Figura 24. Valores promedio de la concentración Oxígeno disuelto en los meses de muestreo.

- **Dióxido de carbono**

La concentración de CO₂ es fundamental para la capacidad buffer o amortiguadora y como materia prima para la fotosíntesis. La quebrada la cantera presenta una concentración promedio de Dióxido de Carbono de 2.15 mg/L, valor que se encuentra muy por debajo del máximo que se considera limitante para la biota acuática (20 mg/L) (Vázquez 2001).

La variación a través de la quebrada La Cantera no presentó diferencias significativas ($X^2_{(32,3)} = 7.64$; $p > 0.05$), de acuerdo a la prueba estadística de Kruskal Wallis, sin embargo el menor valor se obtuvo en las estación 1 (E1= 1.5 mg/L), mientras que las demás presentaron valores superiores a 2.0 mg/L (E2= 2.1mg/L, E3= 2.65 mg/L, E4= 2.65 mg/L, E6= 2.05 mg/L y E7= 2 mg/L), (Figura 25, tablas 28 a 34). Este comportamiento nos indica que a pesar del deterioro evidente del ecosistema en la parte baja de la quebrada la contaminación doméstica no tiene una clara incidencia en la concentración de este gas y que la descomposición de la materia orgánica existente no es suficiente para alterar la calidad fisicoquímica del agua.

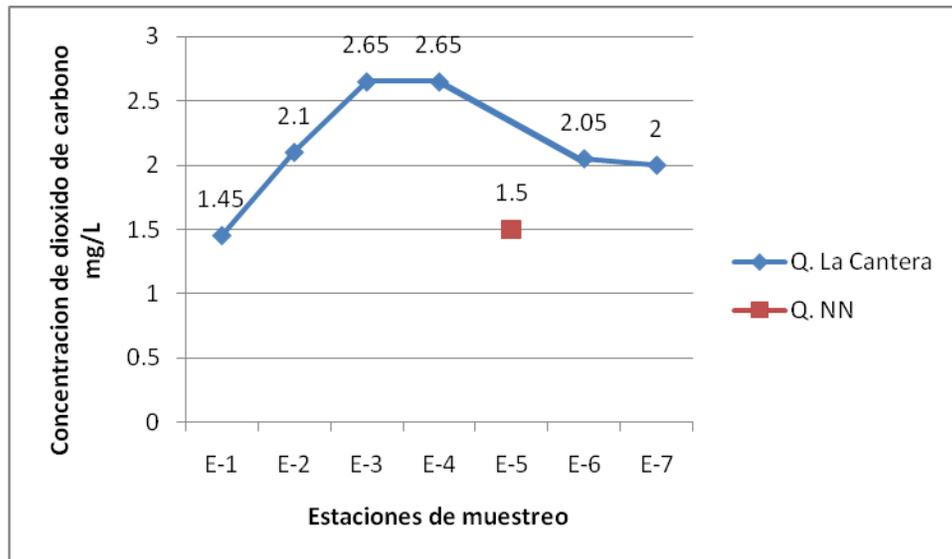


Figura 25. Valores promedio de Dióxido de Carbono en las estaciones de muestreo.

Los meses de Diciembre, Febrero y Marzo presentaron valores promedio de Dióxido de Carbono muy similares por encima de 2 mg/L (Dic= 2.25 mg/L, Feb= 2.6 mg/L y Marz= 2.6 mg/L), los últimos dos meses alcanzaron la máxima concentración dado la acumulación de la materia organica debido a las bajas precipitaciones registradas, mientras que el mes de Noviembre presento el valor promedio mas bajo ($\text{CO}_2 = 1.11 \text{ mg/L}$). (Figura 26). Las variaciones a través del tiempo no fueron significativas ($X^2_{(32,3)} = 2.53$; $p > 0.05$) de acuerdo al tratamiento estadístico realizado.

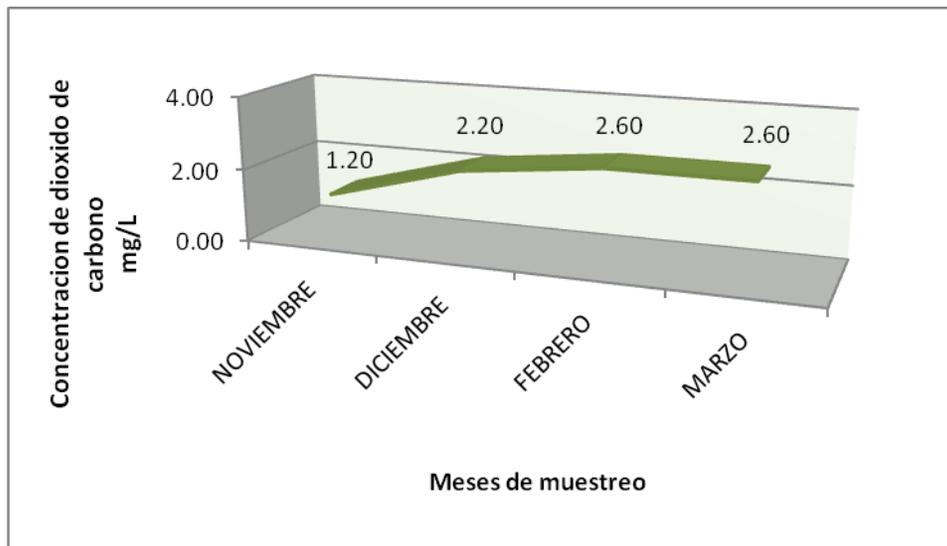


Figura 26. Valores promedio de Dióxido de Carbono en los meses de muestreo.

- **pH:**

Los valores de pH no presentan grandes diferencias entre estaciones, fluctuando entre un rango de 6.5 a 7, con un valor promedio para el área de estudio de 6.85.

Estos valores se encuentran entre el rango óptimo para el desarrollo de las comunidades bióticas, encontrándose entre los valores limitantes de 6.5 a 8.5 lo que nos crea una condición de pH adecuada para el desarrollo de la biota acuática (Vázquez 2001). De acuerdo a estos valores podemos decir que las aguas de esta quebrada tienden a ser acidas y según Vázquez (2001) los valores de pH cercanos a 7 están dados por el sistema Buffer (HCO_3).

Los cambios en los valores de pH a lo largo de la quebrada variaron significativamente ($X^2_{(32,3)} = 12.82$; $p < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis, esta diferencia está dada por las estaciones 1 y 2 cuyos valores fueron los más bajos (6.62) diferenciándose de las demás estaciones en las cuales los valores son cercanos a siete (Figura 27). La quebrada NN afluente de la quebrada La Cantera presentó valores de pH similares al resto de estaciones (6.87). (Figura 27).

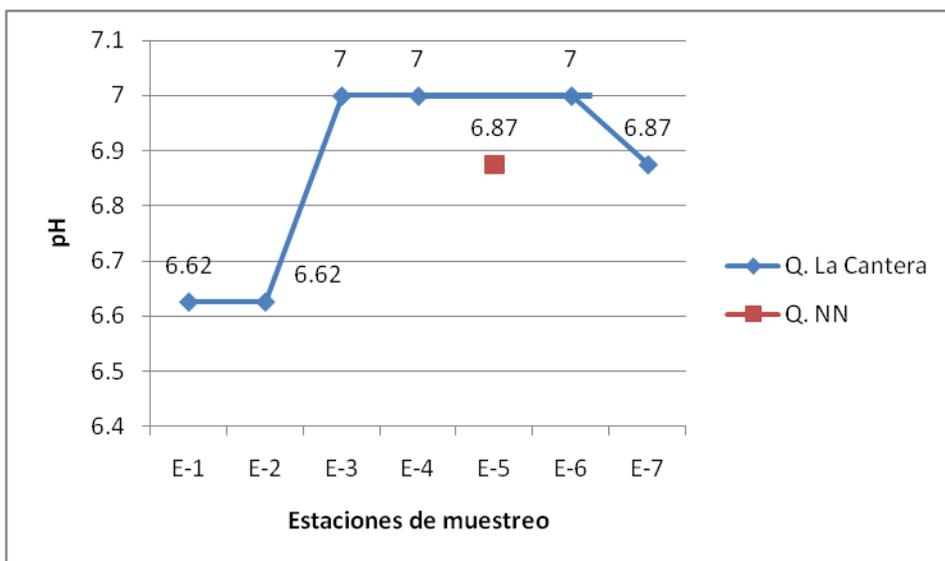


Figura 27. Valores promedio de pH en las estaciones de muestreo.

El promedio de pH para los diferentes meses de muestreo tiende a aumentar del mes de Noviembre a Marzo con un rango entre 6.7 y 6.93 (Figura 28). Sin embargo hay poca diferencia entre meses por lo cual la prueba de Kruskal Wallis nos dio no significativa ($X^2_{(32,3)} = 4.05$; $p > 0.05$).

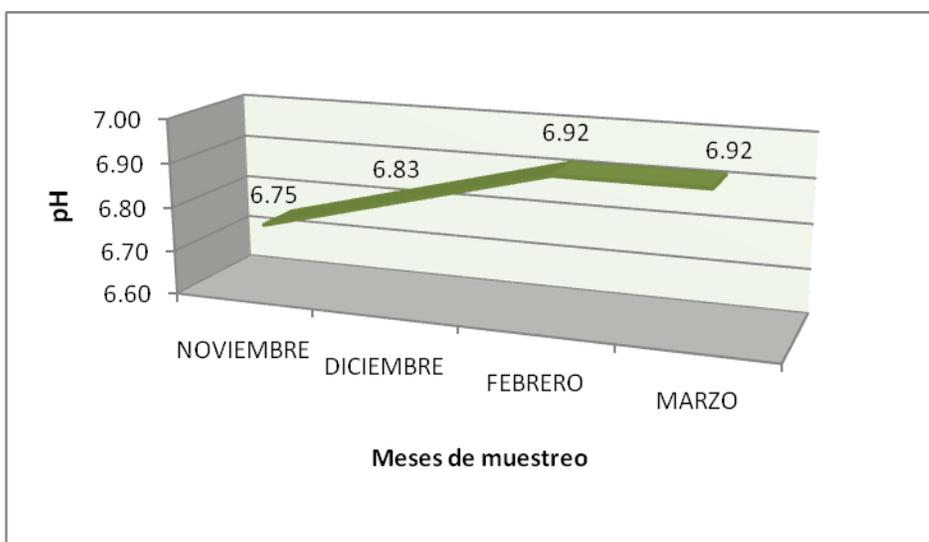


Figura 28. Valores promedio de pH en los meses de muestreo.

Los cambios grandes de pH afectan la estabilidad de las proteínas y enzimas disminuyendo así la actividad metabólica de los organismos (Sandoval 2007); sin embargo los pocos cambios entre estaciones y entre temporadas y los valores de

pH casi neutros nos determinan un buen desarrollo y supervivencia de los organismos presentes en el ecosistema.

- **Conductividad:**

Los valores de conductividad son importantes para determinar la concentración de minerales disueltos en el agua y esto es útil para conocer la productividad, estado trófico y metabolismo en un cuerpo de agua. (Roldan 1992).

El rango de conductividad para la quebrada esta entre 15 y 28.7 uMhos/cm, con un promedio de 22.71 uMhos/cm² esto nos indica una baja actividad iónica, lo que esta acorde con el tipo de suelos de esta región los cuales son geoquímicamente pobres. Sin embargo estos valores pueden deberse a la contaminación agrícola en la parte alta además de ser un terreno erosivo y en la parte baja por la contaminación por desechos orgánicos provenientes de las aguas negras y la descomposición de sustancias orgánicas naturales del sistema. Estos valores bajos nos muestran una baja descomposición de materia orgánica, lo que esta acorde con los bajos valores de CO₂ y pH casi neutro.

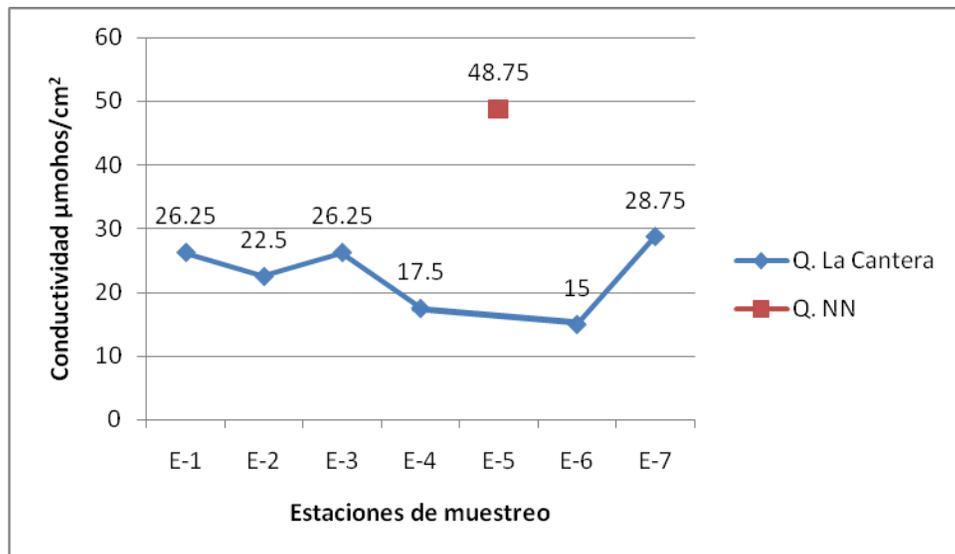


Figura 29. Valores promedio de conductividad en las estaciones de muestreo.

Al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis no se encontró diferencias entre estaciones para este parámetro ($X^2_{(32,3)} = 7.96$; $p > 0.05$) indicando que el vertimiento de materiales alóctonos a la quebrada no incrementa altamente el contenido iónico del agua, sin embargo la estación 5 (Quebrada NN) presenta los mayores valores

de conductividad ($48.75 \mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$) debido a la contaminación y baja corriente la cual aumenta las concentraciones de los sólidos disueltos, al arrastre de sedimentos (erosión) de las orillas y la adición de sustancias agrícolas al terreno, lo cual aumenta la actividad iónica del sistema. Por otra parte los valores para el resto de estaciones fueron menores que la E5 encenrándose entre un margen de $15 \mu\text{Mhos}/\text{cm}$ en la estación 6 y $28.75 \mu\text{Mhos}/\text{cm}^2$ en la estación 7. (Figura 29).

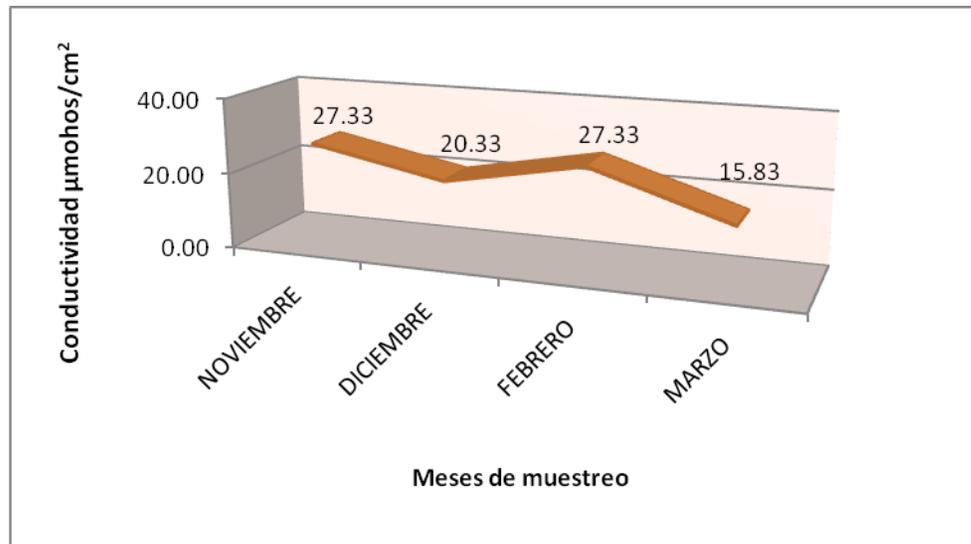


Figura 30. Valores promedio de conductividad en los meses de muestreo.

Aunque no hubo fuertes cambios en los valores de conductividad, en el mes de Noviembre y Febrero se registraron las mayores conductividades promedio ($27.33 \mu\text{Mhos}/\text{cm}$), mientras que en los meses de Diciembre y Marzo se registraron las menores (20.3 y $15.8 \mu\text{Mhos}/\text{cm}$) (Figura 30), lo que indica que la cantidad de lluvias no influyo fuertemente en los valores de conductividad por lo cual la prueba estadística aplicada nos dio no significativa ($X^2_{(32,3)} = 4.07$; $p > 0.05$).

Conforme a estos resultados la quebrada La Cantera se caracteriza por presentar aguas con bajas actividades iónicas ($20-60 \mu\text{Mhos}/\text{cm}$) y bajas productividades, con una concentración de sólidos disueltos entre $10-25 \text{ mg}/\text{l}$ (Vázquez 2001). La estación 7 también presento un elevado valor en el mes de marzo ($60 \mu\text{Mhos}/\text{cm}$), debido a los desagües presentes en los barrios de Yanaconas y Yambitara los cuales aportan materia orgánica, además la escorrentía de las calles puede incrementar esta actividad iónica. Sin embargo la estación 5 registro los mayores niveles de conductividad en el mes de Noviembre ($70 \mu\text{Mhos}/\text{cm}$), correspondiendo las aguas al nivel Trófico debido a la alteración que presenta ya

sea por la contaminación por desechos orgánicos así como por atravesar una zona agrícola rural la cual el sistema de acueducto lo proporciona la quebrada.

- **Acidez:**

La acidez en aguas naturales es debida principalmente por el CO₂ y el comportamiento de este en el sistema buffer, por los iones Hidrogeno libres y por la presencia de acidez mineral. (Roldan, 1992)

En términos generales en el área de estudio el valor promedio de acidez fue de 0.47 mg CaCO₃/L con un valor mínimo de 0.32 CaCO₃/L y un máximo de 0.52 CaCO₃/L. Estos valores de acidez no están fuera de los límites normales para aguas naturales, determinando así un desarrollo normal de los organismos en las aguas y una buena producción primaria (Vázquez 2001). Según el rango de pH para la zona de estudio (6.5 - 7) el origen de la acidez corresponde principalmente a acidez por CO₂.

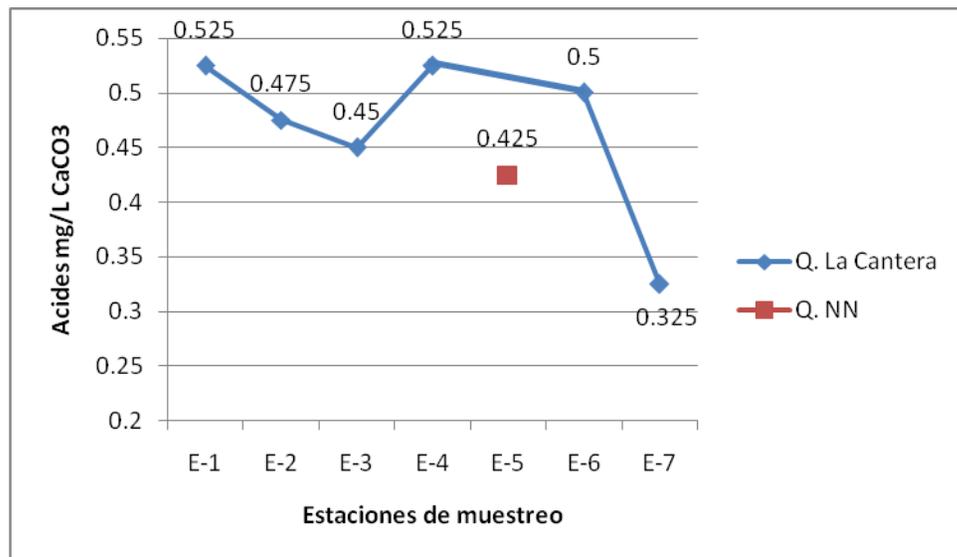


Figura 31. Valores promedio de acidez en las estaciones de muestreo.

Los valores de acidez registrados en las diferentes estaciones no cuentan con una diferencia estadísticamente significativa ($X^2_{(32,3)} = 2.71$; $p > 0.05$), sin embargo en la estación 7 se registro la acidez promedio menor (Cuadro 8, figura 32). Aunque los valore promedio no varian grandemente vemos una tendencia a disminuir los valores de acidez a lo largo de la quebrada. (Figura 31).

La prueba estadística realizada para los diferentes meses de muestro nos indica que hay diferencias significabas ($X^2_{(32,3)}= 9.82$; $p < 0.05$) entre los valores de acidez diferenciándose el mes de Marzo del resto ya que presento el máximo valor (0.61 mgCaCO₃/L) y el mínimo en el mes de Noviembre (0.35 mgCaCO₃/L), (Figura 32) sin embargo los meses de Noviembre, Diciembre y Febrero no variaron entre si con valores promedio muy similares.

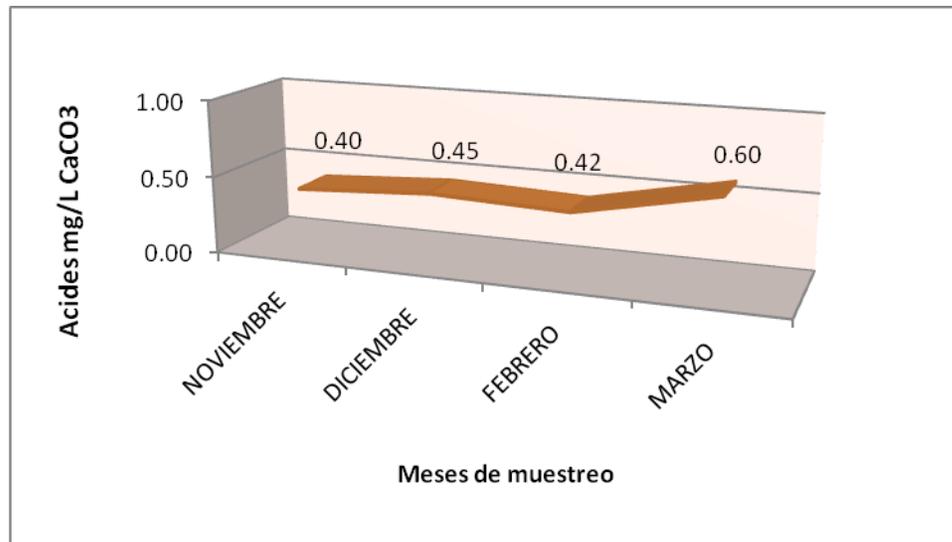


Figura 32. Valores promedio de Acidez en los meses de muestreo.

- **Alcalinidad:**

Los valores de Alcalinidad están asociados a las formas en las cuales se encuentre el gas Carbónico en el agua y es una manera para indicar la presencia de iones bicarbonato y carbonato. (Vázquez 2001).

El valor promedio de alcalinidad para la zona de estudio fue de 0.64 mgCaCO₃/L, lo cual es bajo, sin embargo dado los valores neutros de pH podemos decir que los valores de alcalinidad se debe al Ion carbonato el cual esta actuando como buffer en el agua.

Aunque se pueden ver diferencias en los valores de alcalinidad obtenidos en las diferentes estaciones (Figura 33), la prueba estadística aplicada nos indica que estas diferencias no son significativas ($X^2_{(32,3)}= 6.58$; $p > 0.05$), sin embargo en la figura 33 se ve que la mayor alcalinidad se registro en la estación 3 debido principalmente a la falta de cobertura vegetal en la zona de la cantera lo que facilita el arrastre de sedimentos al agua.

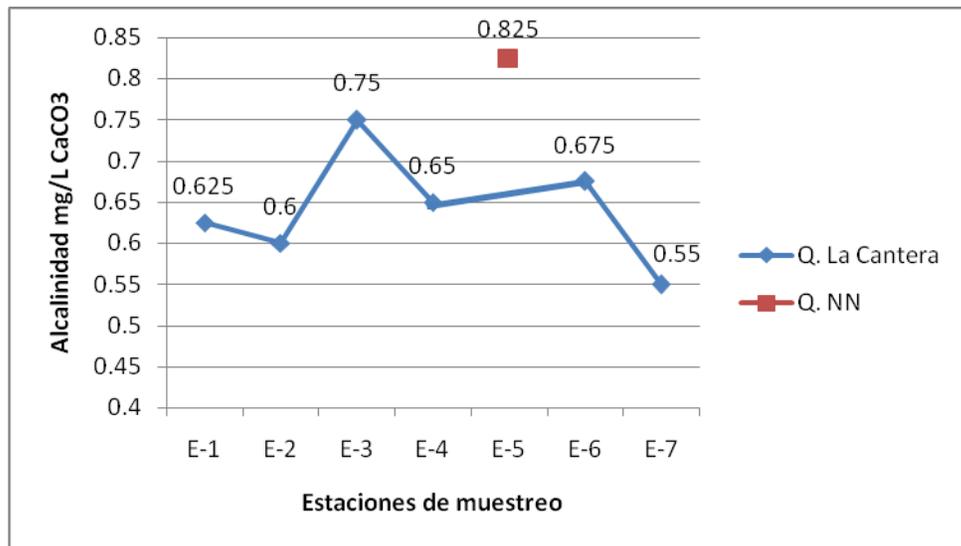


Figura 33. Valores promedio de alcalinidad en las estaciones de muestreo.

Los mayores valores promedio de alcalinidad según los meses de muestreo se registraron en Diciembre y Febrero (0.72 mg/L CaCO₃ y 0.73 mg/l CaCO₃ respectivamente), mientras que en los meses de Noviembre y marzo los valores fueron mas bajos (0.48 mg/L CaCO₃ y 0.63 mg/L CaCO₃) (Figura 34). Por otra parte la prueba de Kruscall-Wallis no mostró diferencias significativas ($X^2_{(32,3)}=2.83$; $p > 0.05$) entre los diferentes meses de muestreo.

De acuerdo al los datos obtenidos podemos decir que la quebrada presenta bajos valores de alcalinidad lo cual es normal para sistemas acuáticos naturales tropicales (< 70 mgCaCO₃/l) lo que es comprobado por estudios en el alto Cauca (Vázquez 2001), estos valores nos indican una influencia directa de los Bicarbonatos sobre el medio.

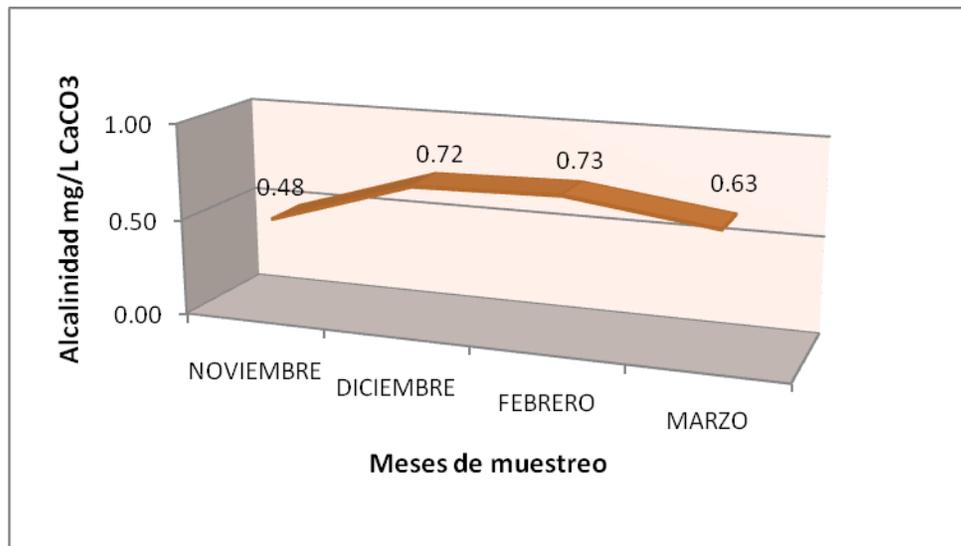


Figura 34. Valores promedio de Alcalinidad en los meses de muestreo.

Dado estos bajos valores de alcalinidad, el ecosistema es propenso a cambios bruscos de pH y por lo tanto no tiene una buena capacidad de mantener procesos biológicos y una buena productividad para el sostenimiento de las diferentes especies (Vázquez 2001), esto se ve resaltado en la pobre estructura comunitaria presente en las estaciones.

- **Dureza total:**

Este parámetro está asociado a la presencia de iones Calcio y Magnesio, los cuales se combinan principalmente con los carbonatos y bicarbonatos (dureza temporal) y con sulfatos y cloruros (Dureza permanente), la suma de estos dos corresponde a la dureza total. (Vázquez 2001).

No se registraron grandes cambios entre las diferentes estaciones, con un promedio para toda el área de estudio de 0.18 mgCaCO₃/L, clasificándolas de acuerdo a los valores de Dureza total como aguas blandas (Vásquez, 2001), ya sea para procesos de producción acuícola como para propósitos sanitarios; De acuerdo a la relación entre la Dureza total y los valores de Calcio según Ohole (1934) citado por Roldan (1992), las aguas se pueden categorizar como poco productivas.

De acuerdo a la figura 35 la Dureza total tiende a aumentar conforme aumenta la contaminación en el agua como en el caso de la estación 5 (quebrada NN) la cual presentó el mayor valor (0.22 mg/L CaCO₃). Sin embargo estos cambios a traves de la quebrada no son significativos ($X^2_{(32,3)} = 2.66$; $p > 0.05$) lo que muestra que la

contaminación debido a los procesos de urbanización no a alcanzado niveles críticos que produzcan cambios significativos en la calidad del agua a lo largo de la quebrada.

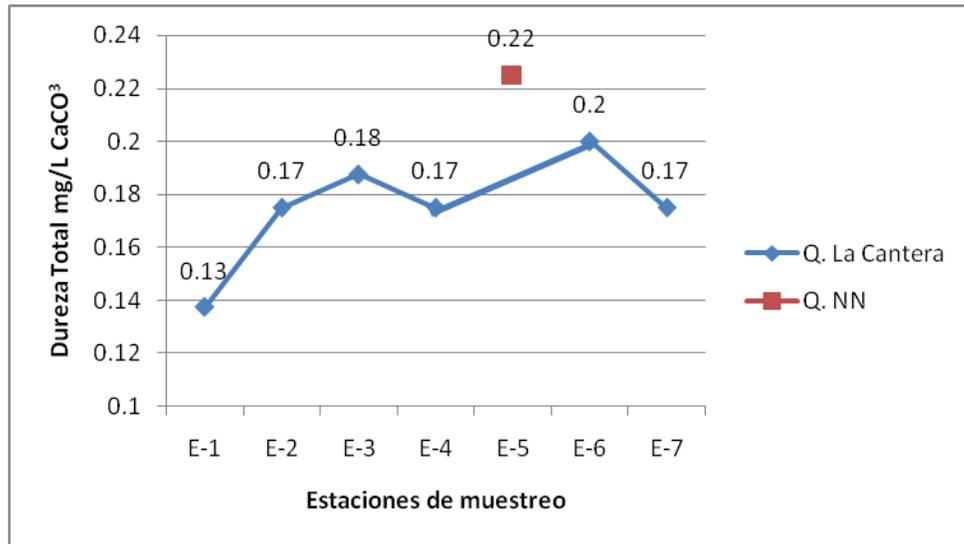


Figura 35. Valores promedio de dureza total en las estaciones de muestreo.

Dentro de toda la temporada de muestreo hay un solo mes que difiere significativamente del resto ($X^2_{(32,3)} = 16.24$; $p = 0.001$), siendo este el mes de Marzo (Figura 36), diferenciándose de los demás por registrar los valores mas altos dentro de la temporada de muestreo (0.31 mgCaCO₃/L), esto debido principalmente a un aguacero repentino que comenzó en la E3 hasta la E7 en el momento del muestreo en este mes aumentando el arrastre de minerales ya que la zona de estudio es principalmente erosiva. Los meses de Noviembre y Diciembre tuvieron valores promedio similares (0.15 mg/L CaCO₃) y el mes de febrero tuvo el menor valor (0.1 mg/L CaCO₃).

En general los valores de Dureza total para los diferentes meses fueron bajos catalogando las aguas como blandas y poco productivas durante toda la temporada en que se desarrollo el trabajo de campo.

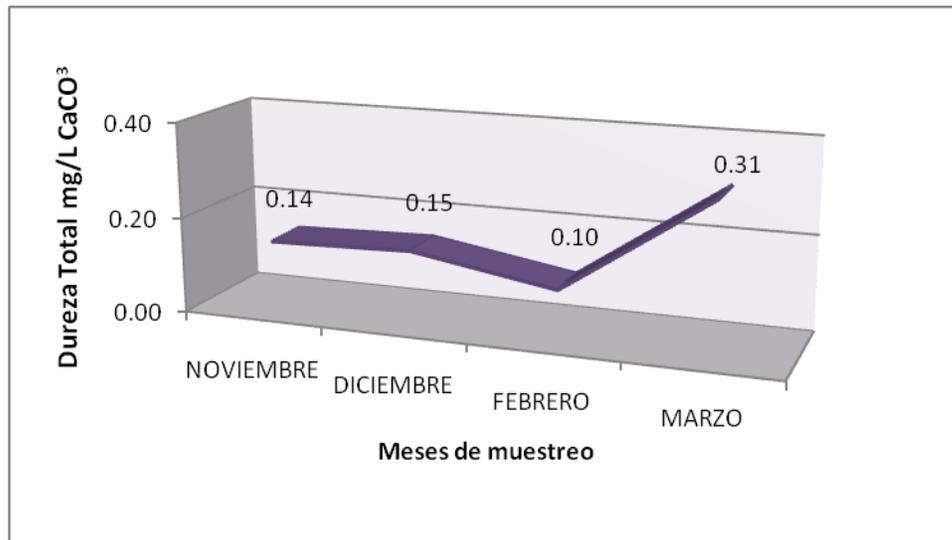


Figura 36. Valores promedio de dureza total en los meses de muestreo.

- **Dureza carbonacea:**

Se registro un valor promedio de Dureza Carbonacea para el área de estudio de 0.54 mg CaCO₃/L con un valor máximo de 0.65 mgCaCO₃/L y un mínimo de 0.42 mg CaCO₃/L. De acuerdo a la figura 38 se pueden diferenciar las estaciones 3 por tener los mayores valores de Dureza Carbonacea (0,65 mgCaCO₃/L) y la estación 4 por poseer el menor valor (0.42 mgCaCO₃/L). Sin embargo las diferencias entre las estaciones no son significativas ($X^2_{(32,3)}= 1.31$; $p > 0.05$).

Por otra parte vemos como la contaminación de las aguas como en la estación 5 produce un incremento en las durezas aumentando los iones Calcio, Carbonatos y Bicarbonatos. Por otra parte la tala de la vegetación riparia debido a la extracción de piedra en la zona de la Cantera deja expuesta la tierra, erosionándose con el paso del agua y arrastrando toda clase de iones en su mayoría Ca y Mg.

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes meses ($X^2_{(32,3)}= 19.17$; $p < 0.001$) diferenciándose los meses de Diciembre y Marzo con los de Noviembre y Febrero por los valores mas altos de Dureza Carbonacea (0.65 y 0.88 mgCaCO₃/L). (Figura 38).

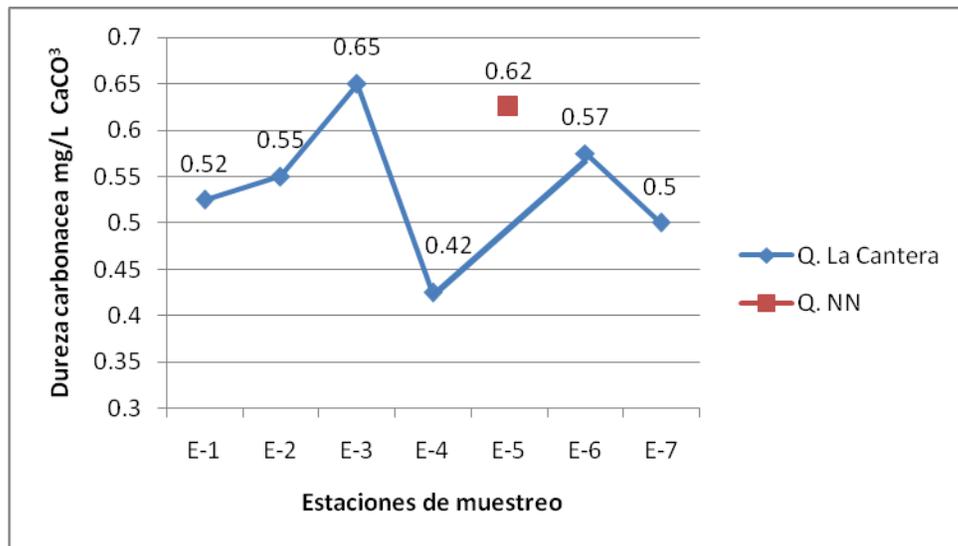


Figura 37. Valores promedio de Dureza carbonácea en las estaciones de muestreo.

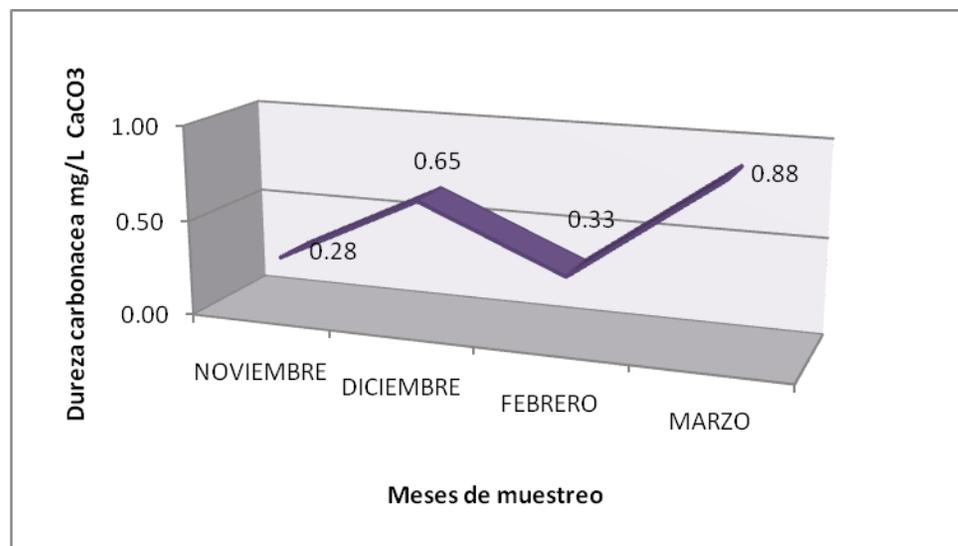


Figura 38. Valores promedio de Dureza Carbonácea en los meses de muestreo.

En términos generales podemos decir que los valores de Dureza Carbonácea (DC) fueron bajos lo que es debido a una baja concentración de Ca y Mg lo que va de acuerdo con las bajas conductividades registradas y bajos valores de dureza total (DT). Sin embargo el valor promedio DC fue mayor que la DT lo que nos indica que esta en su mayor parte esta influenciada por la dureza temporal y no por la permanente.

- **Nitratos:**

El nitrógeno en los ecosistemas acuáticos es liberado por la descomposición de los tejidos de plantas y por los animales en forma de urea y amoníaco y también por la descomposición de sus tejidos. (Roldan 1992).

Los nitratos y el amonio son las fuentes principales en que es asimilado el nitrógeno por las plantas y otros organismos, entonces es indispensable para la producción primaria y el desarrollo de las comunidades, en medios oligotróficos se encuentra en pocas cantidades, por el contrario en medios eutróficos se pueden encontrar varios mg/L. (Vásquez 2001).

En nuestro estudio el valor promedio de Nitratos para la quebrada fue de 63.5 mg/L, con un valor máximo de 68.7 mg/L NO_3 y mínimo de 56.2 mg/L NO_3 . Estos valores indican un alto metabolismo por parte de microorganismos los cuales transforman el amonio en nitratos para su utilización. Según Vásquez (2001) las concentraciones de Nitratos en aguas no intervenidas van de 0.3 a 0.5 mg/l, mientras que en la mayoría de los sistemas hídricos intervenidos los rangos van de 10 a 60 mg/l. los que nos indica una marcada alteración del cuerpo de agua.

No se registraron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo ($X^2_{(32,3)} = 1.17$; $p > 0.05$), sin embargo los valores de NO_3 dentro del agua muestran signos de contaminación tanto en la parte alta de la quebrada donde la contaminación no es evidente como en la parte baja donde la contaminación de distinto tipo se puede ver (Figura 39).

De acuerdo a la figura 40 el mes de Marzo difiere del resto por la elevada concentración de Nitratos (prom 104.1 mg/L NO_3), sin embargo no hay grandes diferencias entre los meses de Noviembre a Febrero los cuales tuvieron un promedio de 50 mg/L NO_3 , de acuerdo al tratamiento estadístico las diferencias entre los diferentes meses es significativa. ($X^2_{(32,3)} = 22.28$; $p < 0.001$); este incremento en la concentración de Nitratos puede ser debida al arrastre por parte de las lluvias durante el muestreo en este mes o debido a una falla en el equipo debido a la gran diferencia con los otros meses.

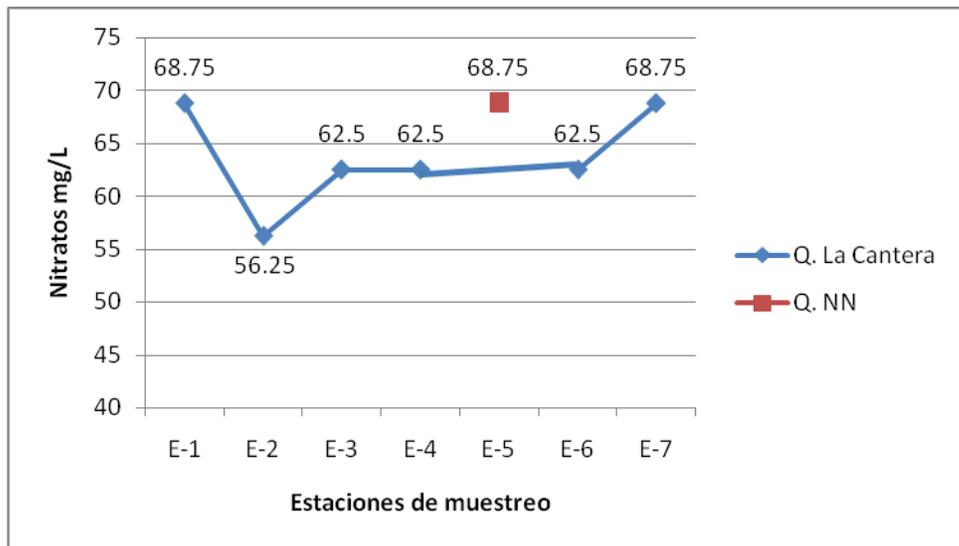


Figura 39. Valores promedio de Nitratos en las estaciones de muestreo.

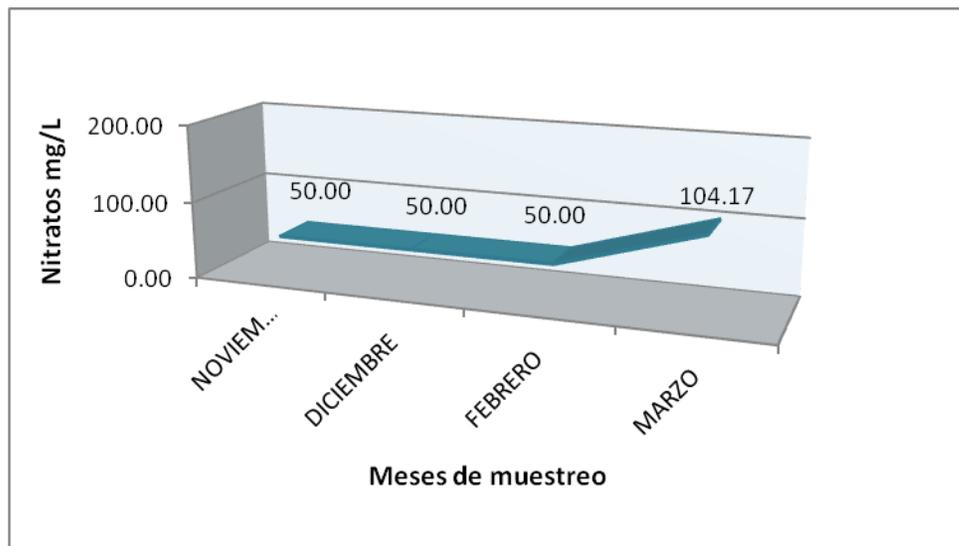


Figura 40. Valores promedio de Nitratos en los meses de muestreo.

Según estos valores encontramos que en esta quebrada hay un alto grado de contaminación orgánica proveniente de los procesos agrícolas (ganadería y cultivos) y sus lixiviados además de descargas de aguas servidas por parte de las comunidades que habitan en las cercanías, también de la descomposición natural de componentes orgánicos autóctonos. Por otra parte estos valores no son confiables ya que estos altos valores no son normales y pueden ser debidos al mal estado del equipo.

- **Amonio:**

De acuerdo a estudios realizados por el grupo de RHEC de la universidad del Cauca (Vásquez 2001) han comprobado que valores por encima de 0.5 mg/l se le considera limitante para el normal desarrollo de los macroinvertebrados acuáticos y de la fauna Ictica y a la vez indicadores de alteraciones drásticas en el agua por degradación de residuos orgánicos.

Conforme a lo anterior la quebrada no se encuentra sujeta a alteraciones en cuanto a la calidad de sus aguas con respecto al amonio, lo cual es vital para el desarrollo de las comunidades que viven en la quebrada. Aunque el paquete estadístico no encontró diferencias significativas entre las ($X^2_{(32,3)}= 12.44$; $p> 0.05$) de acuerdo a las graficas podemos ver que la quebrada NN registra valores por encima de cero (0.37 mg/L NH_4). a diferencia de las demás estaciones en donde la concentración de Amonio estuvo en 0 mg/L NH_4 . (Figura 41).

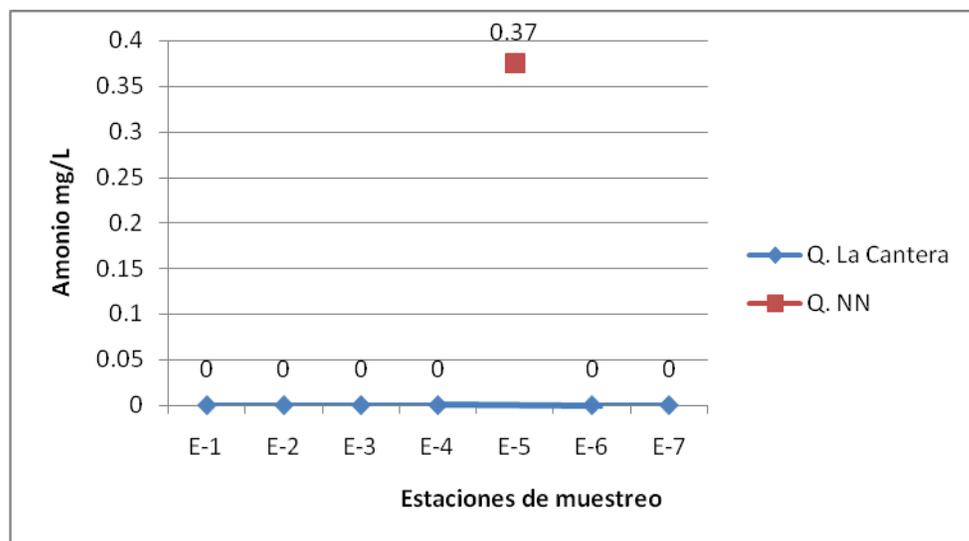


Figura 41. Valores promedio de Amonio en las estaciones de muestreo.

Dentro de los diferentes meses se registraron cambios en los valores de amonio registrando el mes de Febrero valores por encima de 0 (Figura 42). Sin embargo estos valores no difieren entre si significativamente ($X^2_{(32,3)}= 2.07$; $p> 0.05$).

De acuerdo a los resultados podríamos decir que la quebrada NN (E5) se encuentra sujeta a una gran alteración lo que se pueda asumir debido a que se le a perturbado la vegetación riparia la que ayudaría a disminuir las concentraciones de este parámetro por la incorporación a sus tejidos, además pasa por una zona

de potreros lo que con las lluvias aumentaría la concentración de amonio por la lixiviación de eses, además algunas casas y fincas aledañas utilizan la quebrada como un sistema de alcantarillado.

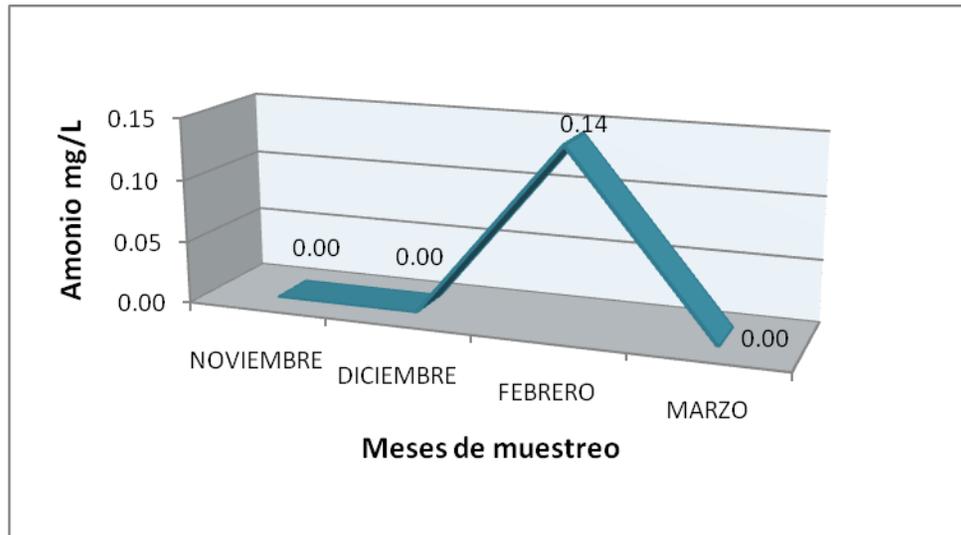


Figura 42. Valores promedio de Amonio en los meses de muestreo.

La buena tasa de oxigenación que presenta la quebrada ayuda a transformar rápidamente el amonio en nitratos sin bajas drásticas de oxígeno (Roldan, 1992), lo que puede justificar un poco las altas concentraciones de nitratos y bajos valores de amonio.

7.2 RESULTADOS MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.

Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis por medio del paquete estadístico SPSS versión 11.5 para Windows para determinar si hay diferencias entre las estaciones para cada variable. Posteriormente se determinó entre que estaciones es la diferencia con la prueba complementaria de Mann-Whitney.

7.2.1. Análisis de resultados para MAE. La tabla 3 muestra los taxa de macroinvertebrados dulceacuícolas colectados durante el tiempo de muestreo. Se recolectaron en la quebrada La Cantera un total de 1465 individuos, pertenecientes a 3 Phyla, 5 clases, 14 Órdenes, 27 Familias y 36 Géneros. (Tabla 3).

Del total de individuos colectados el 85.6% (1254 individuos) correspondió a la clase Insecta; la siguieron en orden decreciente las Clases Hirudinea 8 % (116 individuos), Oligochaeta 4.24 % (62 individuos), Gastrópoda 2.18 % (32 individuos) y la clase Crustácea con el 0.07% (1 individuo).

Los Ordenes más representativos dentro de la Clase Insecta fueron los Dípteros con 38 % (556 individuos) de los individuos colectados en el área de estudio, dentro de este orden el género *Chironomus* obtuvo la mayor abundancia en las estaciones con mayores síntomas de contaminación (E-4 a E-7); ya que estos organismos son altamente resistentes a la contaminación y a las bajas de oxígeno resultado de ella (Margalef 1983); son organismos eurioicos y se encuentran en casi todas las altitudes y zonas de vida del Departamento del Cauca (Zamora 1991).

Seguido por los Trichópteros con el 35.77 % (524 individuos), cuya mayor abundancia se registró en las estaciones que presentaron los menores signos de contaminación y cuyas características físicas se conservan poco alteradas (E-1 a E-3). Esta abundancia se debe a que los Trichópteros se desarrollan en mayor abundancia en los ecosistemas lóticos fríos, en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas bajo piedras, troncos y hojas (Roldán 1992). Al igual que los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, megaloptera y Decapoda los cuales habitan principalmente en aguas limpias o poco contaminadas.

Los Ordenes Odonata y Glossiphoniiformes representan el 8.31 % (122 individuos) y 6.82 % (100 individuos) de la comunidad respectivamente; estos órdenes representan el 89% del total de los organismos colectados. El Orden Haplótaxida,

Basomatophora, Plecóptera, Hirudiniformes, Ephemeroptera, Lepidóptera, Megalóptera y Decapada corresponden al 11% del total de la muestra.

Dentro de las 27 Familias encontradas se destacan por su mayor abundancia la Familia Hydropsichyidae (35.7%) con los generos *Leptonema* y *Smicridea* siendo esta familia una de las mas dominantes en aguas corrientes tanto por su número como por su diversidad (H, Fernández y E, Dominguez. 2001); La familia Chironomidae (35.01%), Calopterygidae (5.05 %), Glossiphoniidae (6.82%), la Familia Muscidae (2.39%), Aelosomatidae (2.26%), Physidae (2.18%), Libellulidae (2.04%), las cuales representan el 91.4% del total de la muestra. las familias Gomphidae, Perlidae, Tubifisidae, Cylicobdellidae solo representan el 8.6 % del total de los organismos.

La mayoría de las familias registradas en este estudio concuerdan con las registradas en altitudes de 1000-2000 en la zona de vida bosque húmedo premontano y bosque muy húmedo pre montano (bh-PM y bmh-PM) dentro del departamento del cauca (Zamora 1996).

- **Indices**

En general en el área de muestreo se registro una equidad promedio que se encuentra en la mitad del rango (J' 0.57) que va de 0 para comunidades en las cuales no hay diferencias en las proporciones de las abundancias para las poblaciones y 1 para poblaciones con abundancias muy disímiles, los mayores valores de equidad la tuvieron las estaciones cuatro y siete, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre estaciones ($X^2_{(35,6)}=9.15;p> 0.05$).

Tabla 4. Índices ecológicos calculados para las diferentes estaciones con base en la abundancia de los organismos en todo el estudio.

<i>Index</i>	<i>Riqueza S</i>	<i>Shannon H'</i>	<i>Pielou J'</i>	<i>Simpsons (D)</i>
<i>E-1</i>	15	1.33	0.48	0.38
<i>E-2</i>	12	1.07	0.45	0.47
<i>E-3</i>	17	1.56	0.55	0.33
<i>E-4</i>	14	2.07	0.79	0.18
<i>E-5*</i>	14	1.24	0.471	0.467
<i>E-6</i>	9	1.38	0.63	0.39
<i>E-7</i>	13	1.76	0.69	0.28
<i>Prom</i>	13	1.53	0.60	0.34

*No se tuvo en cuenta para el promedio general por ser un afluente de la quebrada La Cantera

Tabla 5. Lista general de los taxa y las abundancias para todo el estudio en la quebrada La Cantera.

Phylum -Clase	Orden Familia	Genero	E-1	E-2	E-3	E4	E-5	E6	E-7	Tot	Bioindicacion
Arthropoda											
Insecta	Trichoptera										
	Hidropsychidae	<i>Leptonema</i>	114	124	94	9				341	oligo-eutróficas
		<i>Smicridea</i>	73	54	52	3				182	oligo-eutróficas
	Hidrobiosidae	<i>Atopsyche</i>			1					1	oligotróficas
	Odonata										
	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	2	3	6	3		3		17	oligotróficas
		<i>Macrothemis sp1</i>	1		1					2	oligo-mesotróficas
		<i>Macrothemis sp2</i>	1	3	3	2		1	1	11	oligo-mesotróficas
	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	3	4	9	29	7	9	13	74	oligo-mesotróficas
	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>	1		2	5		1	1	10	oligo-mesotróficas
		<i>Progomphus sp2</i>	1	1	1	2	1		2	8	oligo-mesotróficas
	Plecoptera										
	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	12	2	5					19	oligotróficas
	Ephemeroptera										
	Baetidae	<i>Baetodes</i>		2						2	oligotróficas
		<i>Camilobaetis</i>			1					1	oligo-mesotróficas
	Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>		1						1	oligo-mesotróficas
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	1		3					4	oligo-mesotróficas
	Hemiptera										
	Vellidae	<i>Rhagovelia</i>	2	1	3					6	oligotróficas
		<i>Strudivelia</i>				1				1	oligotróficas
	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	1							1	
	Coleoptera										
	Ptilodactylidae	<i>Anchitarsus</i>	6	2						8	oligo-mesotróficas
	Dryopidae	<i>Pelonomus</i>			3					3	oligo-mesotróficas
	Elmidae	<i>Cylloepus</i>			1				1	2	oligo-mesotróficas

Tabla 5 Continuación Lista general de los taxa y las abundancias para todo el estudio en la quebrada La Cantera.

Phylum -Clase	Orden Familia	Genero	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	Tot	Bioindicacion
Arthropoda Insecta	Diptera										
	Chironomidae	<i>Chironomus</i>				1	394	51	50	496	oligo-eutróficas
		<i>Ablabesymya</i>					17			17	oligo-eutróficas
	Simuliidae	<i>Simulium</i>					2			2	oligotróficas
	Muscidae	<i>Limnophora sp1</i>					33		2	35	oligo-mesotróficas
	Tipullidae	<i>Tipula</i>			1	2	2			5	meso-eutróficas
		<i>Exatoma</i>	1							1	meso-eutróficas
	Lepidoptera										
	Pyralidae	<i>NN</i>			1					1	oligotróficas
	Noctuide	<i>Archanava oblonga</i>					2			2	xxxxxxxxxxxxxxxx
	Megaloptera										
	Corydalidae	<i>Corydalis</i>				1				1	Oligo-Mesotrófico
Crustacea	Decapoda										
	Pseudothelphusidae	<i>Hypolobocera</i>	1							1	Oligo-Mesotrófico
Mollusca											
Gastropoda	Basommatophora										
	Physidae	<i>Physa</i>					17	9	6	32	meso-eutróficas
Annelida											
Oligochaeta	Haplotaxida										
	Aelosomatidae	<i>Aelosoma</i>	1			2	4	3	7	17	meso-eutróficas
		<i>Hystricosoma</i>				7	2	2	5	16	meso-eutróficas
	Tubificidae	<i>Tubifex</i>				14	7		8	29	eutrófico
Hirudinea	Glossiphoniiformes										
	Glossifoniidae	<i>Hellobdella</i>					92	5	3	100	meso-eutróficas
	Hirudiniformes										
	Cylicobdellidae	<i>Cylicobdella</i>					15		1	16	meso-eutróficas
		N	221	197	187	81	595	84	100	1465	71% oligo-oligomeso 20% meso-eutrofico

	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	Tot
Phyla	2	1	1	2	3	3	3	3
Clase	3	1	1	2	4	4	4	5
Orden	9	6	8	6	7	5	7	14
Familia	11	10	13	10	12	7	11	27
Genero	15	12	17	14	14	9	13	36

Podemos decir que las estaciones tienden a tener una comunidad con poblaciones muy uniformes y equitativas, con Dominancias bajas (D. 0.34), esto se debe a que en las estaciones hay pocas poblaciones dominantes pero que no hay mucha diferencia entre sus abundancias y las del resto de individuos, sin embargo en la estación dos se registro la mayor dominancia. (Tabla 4), siendo el Orden Trichoptera el responsable de estos valores de Dominancia. De acuerdo al tratamiento estadístico hay diferencias significativas ($X^2_{(35,6)}=12.52$; $p= 0.05$) en los valores de dominancia, presentando la estación 4 los mas bajos valores y difiriendo estadísticamente de las demás ($U_{(35,6)}$; $p<0.05$).

A pesar de las bajas Dominancias y valores de Equidad medios, el índice de diversidad promedio de Shannon fue bajo ($H' = 1.53$), (Tabla 4) lo que nos indica que en la quebrada La Cantera hay una baja diversidad y un deterioro del ecosistema, sin embargo en la estación 7 y 4 el índice de Shannon nos arrojo valores mas altos los que nos cualifica estas estaciones como de diversidad media con una mediana contaminación, estos valores mas altos se deben a que no existen grandes diferencias en las abundancias de los diferentes generos encontrados en estas estaciones; ademas los bajos valores de diversidad de Shannon se deben a la baja riqueza de géneros registrada en las estaciones. No se obtuvieron diferencias significativas entre las estaciones para la variable de diversidad de Shannon ($X^2_{(35,6)}=7.43$; $p>0.05$).

- **BMWP**

El índice de calidad de aguas BMWP nos revela problemas de contaminación desde la parte alta hasta la baja, sin embargo hay un comportamiento decreciente de este valor a medida que la quebrada se interna en la zona urbana y van aumentando los niveles de contaminación por vertimientos de aguas servidas, basuras, cambio de la cobertura vegetal y del sustrato. (Tabla 6 y Figura 44).

Tabla 6. Puntajes BMWP calculados para las diferentes estaciones en la quebrada La Cantera.

Estaciones	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7
Puntaje	87	80	103	54	47	33	47
Clase	3	3	2	4	4	5	4
Calidad	Aceptable	Aceptable	Buena	Dudosa	Dudosa	Critica	Dudosa

Las estaciones 1, 2 y 3 presentaron los mayores valores debido a que se encuentran en una zona rural donde no hay contaminaciones puntuales como vertimientos de aguas negras, sin embargo hay una contaminación difusa por la potrerización y la tala de los árboles de las riberas, además de los cultivos en las zonas aledañas; estas estaciones las podemos definir como de calidad aceptables a buena, con características de aguas medianamente contaminadas a limpias. A partir de la estación 4 el índice disminuye hasta alcanzar un valor mínimo de 33 (aguas muy contaminadas de calidad crítica) en la E6, sin embargo en la estación 7 vemos una recuperación de este puntaje subiendo a 47 (aguas contaminada de calidad dudosa). (Tabla 6).

De acuerdo al tratamiento estadístico hay diferencias significativas ($X^2_{(35,6)}=13.07$; $p < 0.05$) entre estaciones diferenciándose la estación 3 de las estaciones 4, 5, 6 y 7 por su mayor valor en el BMWP ($U_{(35,6)}$; $p < 0.05$), debido a la mayor riqueza de generos característicos de aguas limpias colectados en esta zona, clasificando las aguas en este punto como de buena calidad, en contraste la estación 6 tiene las aguas mas alteradas clasificándolas como aguas de calidad crítica (Tabla 6).

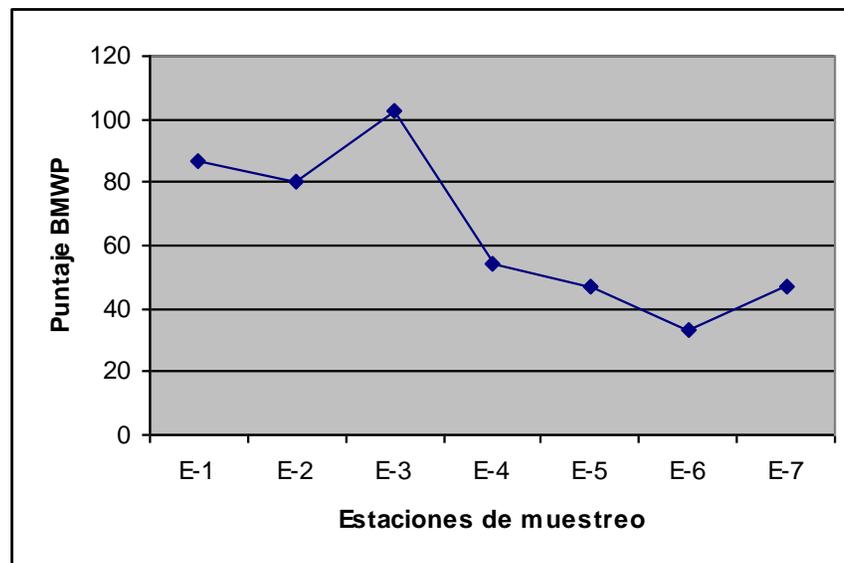


Figura 43. Variación del índice BMWP modificado para Colombia en la quebrada La Cantera.

El índice BMWP concuerda con el tipo de comunidades encontradas en las estaciones como por ejemplo en las E1 a E3 donde hallamos poblaciones que son típicas de aguas corrientes, limpias, y bien oxigenadas como lo son los Tricópteros, Plecópteros, Efemerópteros y Odonatos los cuales tienen un alto puntaje dentro de la tabla BMWP (Tabla 1). La estación 4 se puede catalogar como una zona de transición ya que empiezan a desaparecer los organismos menos tolerantes a la contaminación como los Plecópteros y Efemerópteros y quedan solo algunos organismos indicadores de aguas limpias como los Tricópteros y Odonatos de los cuales el género *Hetaerina* tuvo las mayores abundancias (29 individuos) (Tabla 5); además empiezan a aparecer los individuos tolerantes e indicadores de aguas contaminadas como los Oligochaetos del género *Tubifex* e *Hystricosoma*.

A partir de la estación 4 desaparecen los organismos indicadores de aguas limpias y son remplazados por organismos altamente resistentes a la contaminación como los son los Dipteros del género *Chironomus* y *Ablabesymia*, los Hirudíneos de géneros *Hellobdella* y *Cylicobdella*, además de los caracoles del género *Physa*, los cuales se desarrollan en aguas lentas con bastante carga orgánica y bajas en oxígeno. A medida que pasamos de la estación 4 a la 6 y 7 disminuye la diversidad y el número de individuos colectados pero siguen dominando la Familia Chironomidae, Physidae, la Clase Hirudínea. Y Oligochaeta los cuales son resistentes a la contaminación.

El mayor número de organismos resistentes a la contaminación se recolectaron en la estación 5 (quebrada NN) lo que nos indica la alta carga orgánica que presenta debido a la contaminación a la que esta sujeta esta quebrada convirtiéndose en un foco de contaminación para la quebrada La Cantera.

La desaparición de los organismos menos tolerantes a la contaminación y la aparición de organismos tolerantes debido a factores humanos como los desechos sólidos y de aguas residuales dentro del cuerpo de agua se exponen en trabajos realizados dentro del río Molino por N Sanz y H Zamora (1990).

ESTACIÓN 1: Q. LOS LINDEROS

Tabla 7 Listado de taxa encontrados en la estación 1 en los diferentes meses de muestreo.

Phylum -Clase	Orden	Familia	genero	Sep	Nov	Dic	Feb	mar	Tot	Bioindicacion		
Athropoda												
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	10	17	17	46	24	114	oligo-eutróficas		
			<i>Smicridea</i>	6	9	8	16	34	73	oligo-eutróficas		
	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	1	5	3	3		12	oligotróficas		
	Odonata	Calopterigidae	<i>Hetaerina</i>		1	1		1		3	oligo-mesotróficas	
			<i>Macrothemis sp2</i>		1					1	oligo-mesotróficas	
				<i>Macrothemis sp1</i>				1		1	oligo-mesotróficas	
				<i>Brechmorhoga</i>				2		2	oligotróficas	
			Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>				1			1	oligo-mesotróficas
		<i>Progomphus sp2</i>						1		1	oligo-mesotróficas	
	Ephemeroptera	leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	1						1	oligo-mesotróficas	
	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>		4		2			6	oligo-mesotróficas	
	Hemiptera	Veliidae	<i>Raghovelia</i>		2					2	oligotróficas	
	Diptera	tipulidae	<i>Hexatoma</i>			1				1	meso-eutróficas	
	Crustacea	Decapoda	Pseudothelpusidae	<i>Hypolobocera</i>				1		1		
	Annelida											
Oligochaeta	Haplotaxida	Aelosomatidae	<i>Aelosoma</i>					1	1	meso-eutróficas		
N*				18	39	30	72	61	220	66.6% Oligo-Meso		

* N= Numero total de organismos colectados en cada mes.

En esta estación se colectaron un total de 220 individuos distribuidos en 2 Phyla, 3 Clases; 9 Ordenes; 11 Familias y 15 Géneros. La Clase mas abundante fue la Insecta con el 99.0% (218 individuos), le siguieron en orden decreciente la Clase Crustacea con el 0,45% (1 individuo) y la clase Oligochaeta con el 0,45% (1 individuo) perteneciente al Phylum Annelida. (Tabla 7).

Dentro de la clase Insecta el Orden Trichoptera presento el mayor numero de individuos (187) constituyendo así el 85.0% total de la muestra, los cuales 51.8 % (114 individuos) pertenece al genero *Leptonema* colectándose el mayor numero de individuos en el mes de febrero (46 individuos); el otro 33.1% (73 individuos) pertenece al genero *Smicridea*; colectando el mayor numero de individuos en el mes de Marzo (34). Seguida por Plecóptera con el genero *Anacroneuria* con el

5.4% (12 individuos), Odonata que representa el 4.0% (9 individuos) este orden presento el mayor numero de géneros (6), Coleoptera con 2.7 % (6 individuos), siguiendo el orden decreciente de acuerdo a los porcentajes de abundancias tenemos los ordenes Hemiptera (0,9%), Ephemeroptera, Decapoda y Haplotaxia todos tres con el 0.45% del total de la comunidad de macroinvertebrados.

Los géneros encontrados en esta estación son pertenecientes a aguas limpias, bien oxigenadas, pero resistentes bajos grados de contaminación siendo el 13 % pertenecientes a aguas que van desde oligo hasta eutróficas, como el Orden Trichóptera, siendo este el orden con mayor dominancia dentro de esta estacion, el otro 66.6% pertenecen a aguas oligo-mesotróficas como los Odonatos, Ephemeropteros y Coleopteros y el 13% a aguas meso-eutróficas los cuales toleran aguas altamente contaminadas. (Tabla 7).

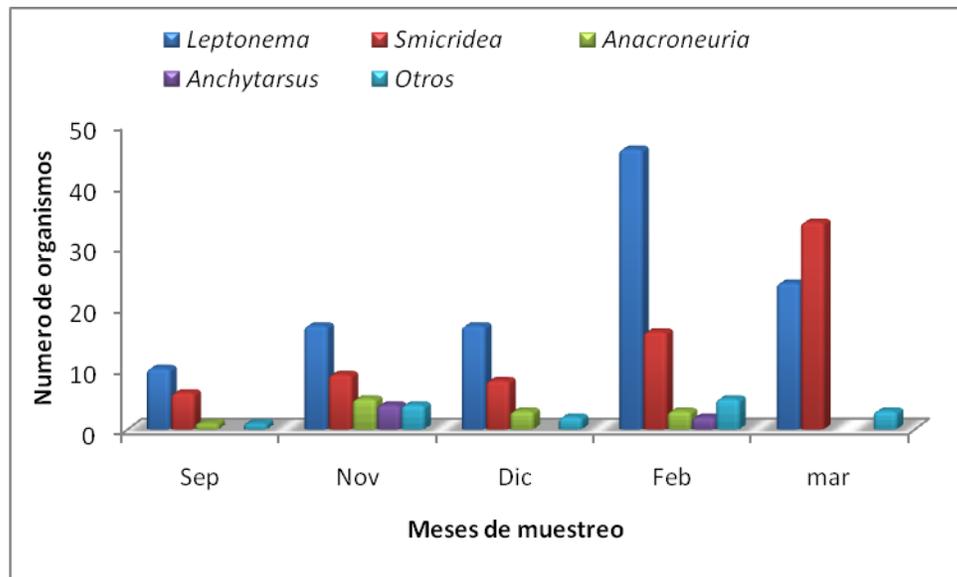


Figura 44. Composición de géneros y sus abundancias en la estación 1.

INDICES:

Tabla 8. Índices ecológicos calculados en la estación 1 durante los meses de muestreo.

Index	Riqueza S	Shannon H'	Pielou J'	Simpson (D)
Septiembre	4	1,014	0,731	0,392
Noviembre	7	1,537	0,79	0,255
Diciembre	5	1,131	0,703	0,384
Febrero	8	1,13	0,543	0,454
Marzo	5	0,895	0,556	0,457
Prom	5,8	1,1414	0,6646	0,3884

Esta estación registra una Dominancia baja (D 0.38), donde la menor se registra en el mes de Noviembre y la de los meses de Febrero y Marzo fue la mayor con una (Tabla 8), estos valores son debidos a la alta abundancia de individuos de los géneros *Leptonema* y *Smicridea* colectados en este mes. La estación prento una equidad media ($J' = 0.66$) debido a que el numero total de individuos esta en su mayoría representado por pocas poblaciones dominantes la mayoría perteneciente al Orden Trichoptera. Se registro la mayor Equidad en los meses de septiembre, noviembre y diciembre (Tabla 8).

El valor promedio de diversidad para la estación Los Linderos es bajo ($H' = 1.14$) estando la mayoría de los meses los valores por debajo del mínimo rango establecido lo que nos califica la estación como de baja diversidad; el mes de Noviembre presento el mayor valor y el mes de Marzo el menor con respecto a los demás meses. (Tabla 8).

Aunque en esta estación no se encuentra tan intervenida dado que la zona de estudio no esta tan habitad y se conserva aun las características naturales del ecosistema, la presencia de potreros y cultivos en los alrededores ejerce cierta presión lo que se ve reflejado en una baja diversidad, además que la estación presenta una alta homogeneidad en el sustrato y ofrece pocos microhabitats para la colonización de otros grupos de organismos, por otra parte al ser un terreno erosionable el sustrato y el hábitat de los individuos está en constante cambio por la adición de sedimentos al sistema, además la vegetación en las orillas no tiene contacto directo con el agua, lo que limita aun mas la disponibilidad de hábitats

BMWP

Tabla 9. Familias encontradas en la estación 1 y su puntaje BMWP.

Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	mar	Total	clase	Calidad	Característica
Trichoptera	Hydropsychidae	8	8	8	8	8	8			
Plecoptera	Perlidae	10	10	10	10		10			
Odonata	Calopterygidae		8	8		8	8			
	Libellulidae		6				6			
	Gomphidae				9		9	III	ACEPTABLE	AGUAS
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	9					9			MEDIANAMENTE
Coleoptera	Ptilodactylidae		10		10		10			CONTAMINADAS
Hemiptera	Veliidae		8	8			8			
Diptera	Tipulidae			4			4			
Decapoda	Pseudothelphusidae				8		8			
Haplotaxida	Aelosomatidae					2	2			
BMWP		27	50	38	45	18	82			

El índice BMWP indica que esta estación pertenece a una clase III cuya calidad es aceptable y la cual posee una característica de aguas medianamente contaminadas. En los diferentes meses de muestreo se observan cambios en los valores BMWP y de acuerdo a su puntuación, los meses de Septiembre y Marzo tuvieron los menores puntajes. (Tabla 9), clasificándose las aguas de estos meses como de Clase V lo que corresponde a aguas de calidad crítica muy contaminada. En los meses de Noviembre, Diciembre y Febrero los puntajes fueron mayores y la aguas se clasificaron en la clase IV que son aguas contaminadas de calidad dudosa. Aunque la calificación da la calidad del agua en los diferentes meses sea mala los individuos encontrados pertenecen en su mayoría a ecosistemas poco alterados y son poco resistentes a contaminación por lo cual son indicadoras de aguas limpias.

ESTACIÓN 2: COMIENZOS Q. LA CANTERA

Tabla 10. Lista de taxa encontrados en la estación 2 en los diferentes meses de muestreo.

Phylum -Clase	Orden	Familia	Genero	Sep	Nov	Dic	Feb	mar	tot	bioindicacion
Athropoda										
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	10	13	12	49	40	124	oligo-eutróficas
			<i>Smicridea</i>	6	5	4	24	15	54	oligo-eutróficas
	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>		1			1	2	oligotróficas
	Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>		3		1		4	oligo-mesotróficas
		Libellulidae	<i>Macrothemis sp2</i>				3		3	oligo-mesotróficas
			<i>Brechmorhoga</i>		1			2	3	oligotróficas
		Gomphidae	<i>Progomphus sp2</i>			1			1	oligo-mesotróficas
	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>				1	1	2	oligo-mesotróficas
	Hemiptera	Veliidae	<i>Raghovelia</i>					1	1	oligotróficas
		Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	1					1	oligo-eutróficas
	Ephemeroptera	Baetide	<i>Baetodes</i>		2				2	oligotróficas
		Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>				1		1	oligo-mesotróficas
			N	17	25	17	79	60	198	75% Oligo-Mesotrófica

* N= Numero total de organismos colectados en cada mes.

En este sector se registraron un total de 198 individuos pertenecientes a 1 Phylum; 1 clase; distribuidos en 6 ordenes; 10 familias Y 12 géneros. (Tabla 10).

El Orden mas dominante fue el Trichóptera con un 89.8% (178 individuos), seguidos por el Orden Odonata con un 5.5% (11 individuos); Ephemeroptera 1.5% (3 individuos) y los Ordenes Plecóptera, Coleóptera y Hemiptera cada uno con un 1.0% (2individuos).

Los géneros *Leptonema* y *Smicridea* pertenecientes al orden Trichoptera fueron los mas abundantes con el 62% (124 individuos) y 27.2% (54 individuos) respectivamente. El Orden Odonata registro el mayor numero de generos (4) representando un 33.3% de la muestra, siendo el genero *Hetarina* el de mayor abundancia dentro de este Orden 2.0% (4 individuos), seguido por los géneros *Macrothemis sp₂* y *Brechmorhoga* cada uno con un total de 1.5% (3 individuos). Las familias Tricorythidae, Belostomatidae, Veliidae y Gomphidae representan cada uno dentro de la muestra el 0.5% (1 individuo) del total (Figura 45).

En esta estación el 75% de los individuos pertenece a aguas que van desde Oligo hasta Mesotróficas indicando una buena calidad como es el caso de los Odonatos, Coleopteros, algunos Hemipteros y Ephemeropteros, el 25% restantes pertenecen a aguas Oligo–Eutróficas cuyos organismos resisten cierto grado de contaminación, entre los cuales los de mayor abundancia son los Trichopteros, los cuales habitan aguas limpias y bien oxigenadas. (Tabla 10).

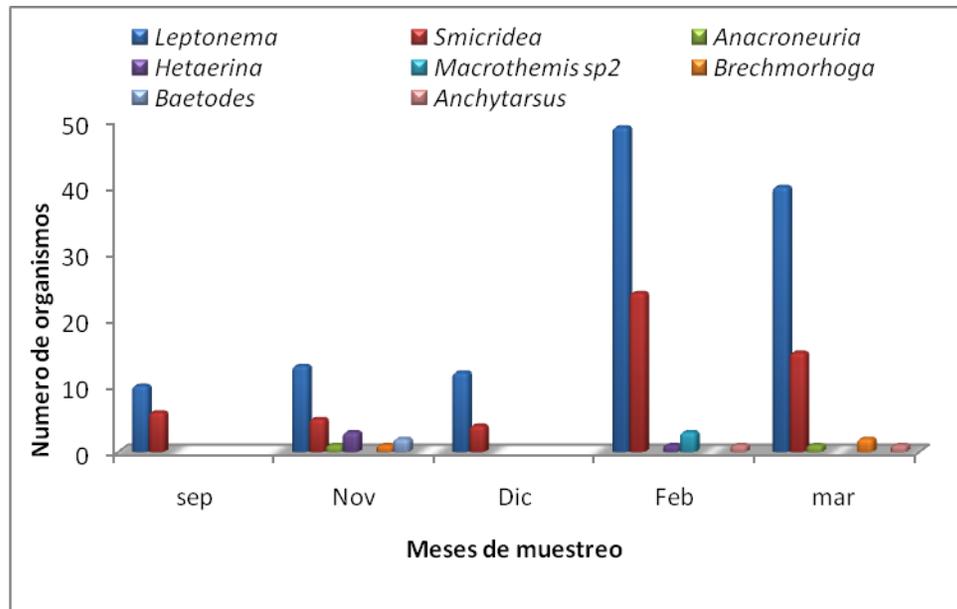


Figura 45. Composición de géneros y sus abundancias en la estación 2

INDICES:

Tabla 11. Índices ecológicos calculados en la estación 2 durante los meses de muestreo.

Index	Riqueza S	Shannon H'	Pielou J'	Simpsons (D)
Septiembre	3	0,846	0,77	0,441
Noviembre	6	1,376	0,768	0,307
Diciembre	3	0,753	0,685	0,529
Febrero	6	0,948	0,529	0,472
Marzo	6	0,935	0,522	0,501
Prom	4,8	0,9716	0,6548	0,45

El índice de diversidad promedio registrado para esta estación fue de ($H' 0.9716$) indicando una baja diversidad dentro de la comunidad debido a la alteración de su entorno, sin embargo el índice de Pielou nos indica que la abundancia de los generos en esta comunidad suele ser equitativa ($J' 0.65$), con un valor de dominancia medio ($D 0.45$), (Tabla 11), la cual es determinada por (2) géneros el *Leptonema* y *Smicridea* pertenecientes al Orden Trichóptera.

Estas bajas diversidades se deben a las condiciones del terreno siendo este muy erosionable presentando zonas de rivera con pendientes de 90° y sin vegetación, además de que el sustrato es muy homogéneo siendo este arenoso y con grava el cual hace que sea poco diverso.

BMWP

El índice BMWP para este sector fue de 80 indicándonos que sus aguas son de clase III con una calidad aceptable cuyas características son medianamente contaminadas (Tabla 12), debido a la ganadería extensiva que se desarrolla en esta zonal, donde el ganado tiene fácil acceso al cause de la quebrada y al cual no se le ha dado un manejo especial. El 40% de las familias (4 familias) tienen un puntaje de 8, el otro 40% (4) familias tienen puntajes de (10 y 6) y el 20% restante distribuido en 2 familias tienen puntajes de (7) y 9 respectivamente. (Tabla 12).

Tabla 12. Familias encontradas en la estación 2 y su puntaje BMWP

Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	Mar	Tot	Clase	Calidad	Característica
Trichoptera	Hydropsychidae	8	8	8	8	8	8			
Plecoptera	Perlidae		10			10	10			
Odonata	Calopterygidae		8		8		8			
	Libellulidae		6		6	6	6			
	Gomphidae			9			9	III	ACEPTABLE	AGUAS
Coleoptera	Ptilodactylidae				10	10	10			MEDIANAMENTE
Hemiptera	Veliidae					8	8			CONTAMINAD AS
	Belostomatidae	6					6			
Ephemeroptera	Baetide		8				8			
	Tricorythidae				7		7			
BMWP		14	40	17	39	42	80			

ESTACIÓN 3: ZONA LA CANTERA

Tabla 13. Lista de taxa encontrados en la estación 3 en los diferentes meses de muestreo.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	mar	Tot	Bioindicacion	
Athropoda											
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	23	3	22	31	15	94	oligo-eutróficas	
			<i>Smicridea</i>	14	4	3	13	18	52	oligo-eutróficas	
		Hydrobioside	<i>Apsyche</i>		1				1		
	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>				4	1	5	oligotróficas	
	Odonata	Calopterigidae	<i>Hetaerina</i>			3	2	4	9	oligo-mesotróficas	
			<i>Macrothemis sp2</i>	1	2				3	oligo-mesotróficas	
				<i>Macrothemis sp1</i>		1				1	oligo-mesotróficas
				<i>Brechmorhoga</i>			1	5		6	oligotróficas
			Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>		1	1			2	oligo-mesotróficas
			<i>Progomphus sp2</i>					1	1	oligo-mesotróficas	
	Coleoptera	Dryopidae	<i>Pelonomus</i>			2	1		3		
		Elmidae	<i>Cylloepus</i>		1					1	oligo-mesotróficas
	Hemiptera	Veliidae	<i>Raghovelia</i>		2	1			3	oligotróficas	
	Ephemeroptera	Baetide	<i>Dactylobaetis</i>					1		1	oligo-mesotróficas
		Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>		3					3	oligo-mesotróficas
Diptera	Tipulidae	<i>tipula</i>			1			1	meso-eutróficas		
Lepidoptera	Pyralidae	<i>nn</i>					1		1		
N				42	14	34	58	39	187	76.4% Oligo-Mesotrófica	

* N= Numero total de organismos colectados en cada mes.

En esta estación encontramos un total de 17 Géneros pertenecientes a 13 familias, 8 Ordenes, todos pertenecientes a la clase Insecta, para un total de 187 individuos colectados. (Tabla 13).

El Orden con el mayor numero de géneros fue el Odonata con 6 géneros lo que corresponde al 11.73 % del total de los individuos colectados, sin embargo el orden Trichoptera presento el mayor porcentaje de abundancia 78.5 % representados en solo dos géneros *Leptonema* y *Smicridea*. (Tabla 13). Los Ordenes Plecoptera, Coleoptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Diptera, Lepidoptera conforman solo el 9.59 % del total de organismos colectados.

La comunidad de MAE colectada en esta estación esta dominada por unos pocos géneros, entre los mas importantes dado su porcentaje de abundancia tenemos el

genero *Leptonema* con el 50.26% del total de individuos, seguido por el genero *Smicridea* con el 27.8% de los individuos, lo siguen en orden descendiente el genero *Hetaerina* con el 4.8%, el genero *Brechmorhoga* con 3.2%, el 2.67% le corresponde al genero *Anacroneuria* (Figura 46).

La mayoría de los individuos colectados (76.4%) corresponden a aguas oligo-Mesotróficas, indicándores de una buena calidad del agua siendo la mayoría de los organismos encontrados sensibles a la contaminación, como es el caso de los Trichopteros, Plecopteros, Ephemeropteros, Coleópteros y Hemipteros. (Tabla 13).

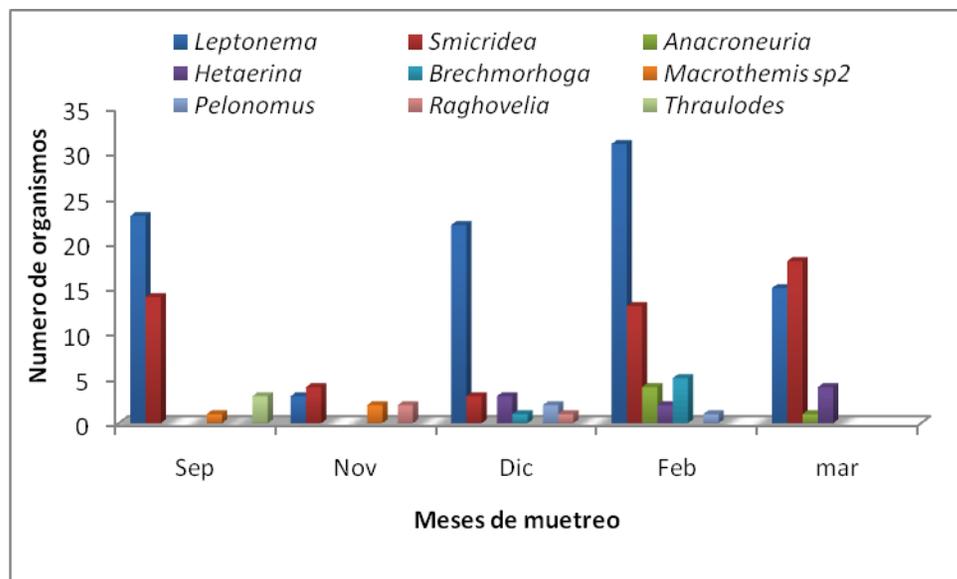


Figura 46. Composición y abundancia de géneros de la estación 3.

INDICES

Esta estructura comunitaria nos arrojo un índice de diversidad promedio bajo (H' 1.34) indicándonos baja diversidad y un cierto grado de alteración debido principalmente al deterioro del ecosistema por la extracción de piedras que se llevaba a cabo en esta estación. (Tabla 14). Sin embargo el índice de Pielou nos muestra que las distribución de las abundancias en esta comunidad son muy equitativas (J' 0.71), en un rango que va de 0-1 siendo 1 una comunidad con el mismo numero de individuos por especie. Por otra parte el índice de dominancia de Simpson nos muestra una baja dominancia (D 0.32) que en su mayoría es determinada por los géneros *Leptonema* y *Smicridea* mencionados anteriormente.

En el mes de Noviembre se presentó la menor dominancia (D 0.12) y la mayor equidad (J' 0.93) obteniendo el mayor índice de diversidad en esta estación (H' 1.81). (Cuadro 17).

Tabla 14. Índices ecológicos calculados en la estación 3 durante los meses de muestreo.

Index	Riqueza S	Shannon H'	Pielou J'	Simpsons (D)
Septiembre	5	1,062	0,66	0,403
Noviembre	7	1,81	0,93	0,121
Diciembre	8	1,292	0,621	0,424
Febrero	8	1,392	0,669	0,339
Marzo	5	1,146	0,712	0,356
Prom	6,6	1,3404	0,7184	0,3286

Generalmente siendo una comunidad equitativa con una dominancia de pocos géneros el bajo valor del índice de Shannon se puede deber a una baja riqueza debido a la homogeneidad del sustrato en esta parte de la quebrada la cual en su mayor parte está conformada por rocas grandes fijadas fuertemente al sustrato y la presencia de grava y arena.

BMWP

De acuerdo al índice de la calidad de agua BMWP la estación se clasifica en la clase II, presentando una calidad buena, con características de aguas limpias determinadas por la presencia de organismos indicadores de estas aguas (Tabla 15). Se colectaron individuos con puntajes altos en la escala teniendo el 46.15% de las familias colectadas un puntaje de 8 y el 30.76% de 9, el puntaje más bajo en este punto lo tuvo la familia Tipullidae con un puntaje de 4.

Por otra parte los resultados obtenidos en cada mes para esta estación nos indica una elevada alteración del medio ya que los puntajes obtenidos fueron bajos clasificando las aguas en la clase V (Aguas muy contaminadas de calidad crítica) en los meses de septiembre y Marzo y IV (Aguas contaminadas de calidad dudosa) en los meses de Noviembre, Diciembre y febrero. Esto se debe a la poca diversidad de especies encontradas en cada mes. Podemos inferir que esta baja diversidad no es debida a una fuerte contaminación sino más bien a la baja disposición de microhabitats en la quebrada debido a la alteración de la vegetación

riparia y al proceso de extracción de piedra que se llevaba a cabo en este lugar, además de un sustrato inadecuado para la colonización de organismos.

Tabla 15. Familias encontradas en la estación 3 y su puntaje BMWP

Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	marz	Total	Clase	Calidad	Característica			
Trichoptera	Hydropsychidae	8	8	8	8	8	8	II	BUENA	LIMPIAS			
	Hidrobiosidae		9				9						
Plecoptera	Perlidae				10	10	10						
Odonata	Calopterygidae		8	8	8	8	8						
	Libellulidae	6	6	6	6		6						
	Gomphidae		9	9		9	9						
Coleoptera	Dryopidae			8	8		8						
	Elmidae	7					7						
Hemiptera	Veliidae		8	8			8						
Ephemeroptera	Baetide				8		8						
	Leptophlebiidae	9					9						
Diptera	Tipulidae			4			4						
Lepidoptera	Pyralidae				9		9						
BMWP		30	48	51	57	35	103						

ESTACIÓN 4: Q. LA CANTERA, BARRIO AIDALUCIA ANTES DE EL TRIBUTARIO NN

En este tramo se registraron 2 Phylum, 2 Clases, 6 Ordenes, 10 Familias y 14 Géneros colectándose un total de 81 individuos. La Clase Insecta posee el mayor número de géneros (11) representado el 78% del total de individuos colectados, el otro 22% pertenecen a la clase Oligochaeta con 3 géneros encontrados. (Tabla 16).

Dentro de la clase Insecta el Orden Odonata posee el mayor numero de individuos (41) distribuidos en 5 géneros representando el 50% del total de la muestra, donde el genero *Hetarina* presento la mayor abundancia (29 individuos); siguiendo en importancia el Orden Haplotalaxia con 3 géneros y un total de 23 individuos (28.3%) siendo el mas abundante dentro de este orden el genero *tubifex*, Seguidos por los Ordenes Trichóptera con 12 individuos y Diptera con 3 individuos colectados en la estación, estos dos Ordenes equivalen al 17.2% del total de individuos y por ultimo el Orden Hemiptera y Megaloptera cada uno con 1 individuo.

Tabla 16 Listado de taxa encontrados en la estación 4 en los diferentes meses de muestreo.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	mar	Tot	Bioindicacion	
Athropoda											
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	3	3	1		2	9	oligo-eutróficas	
			<i>Smicridea</i>	1		1	1		3	oligo-eutróficas	
	Odonata	Calopterigidae	<i>Hetaerina</i>		8	3	12	6	29	oligo-mesotróficas	
			<i>Macrothemis sp2</i>					2	2	oligo-mesotróficas	
		Gomphidae	<i>Brechmorhoga</i>			1	2		3	oligotróficas	
			<i>Phyllogomphoides</i>			1	1	3	5	oligo-mesotróficas	
		Diptera	Chironomidae	<i>Progomphus sp2</i>		1			1	2	oligo-mesotróficas
				<i>Chironomus</i>				1		1	oligo-eutróficas
		Tipullidae	<i>Tipula</i>	2					2	meso-eutróficas	
		Hemiptera	Veliidae	<i>Strudivelia</i>	1					1	oligo-mesotróficas
	Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	1					1	oligo-mesotróficas	
Annelida											
oligochaeta	Haplotaxida	Aelosomatidae	<i>hystricosoma</i>		1	1	3	2	7	meso-eutróficas	
			<i>Aelosoma</i>					2	2	meso-eutróficas	
		Tubificidae	<i>tubifex</i>		5	2	5	2	14	eutrófico	
N				8	18	10	25	20	81	50% Oligo-Mesotrofica 28.5% Oligo-Eutrofica 21.4% Meso-Eutrofica	

* N= Numero total de organismos colectados en cada mes.

El 50% de los individuos son característicos de aguas Oligo – Mesotróficas los cuales en su mayoría pertenecen al Orden Odonata, El 28.57% de los organismos pertenecen a aguas Oligo – Eutróficas; y el otro 21.42% a aguas Meso – Eutróficas siendo característicos los Annelidos y algunos Dipteros (Tabla 16).

Los individuos en esta estación presentan una alta resistencia a las alteraciones en la calidad del agua, sin embargo se encontraron individuos pertenecientes a aguas limpias y bien oxigenadas como los organismos del Orden Trichoptera y también se encontraron organismos pertenecientes a aguas contaminadas y poco oxigenadas como los individuos del Phylum Annelida los que nos indica que esta estación es una zona de transición entre las aguas limpias de la parte alta y las aguas contaminadas de las estaciones siguientes por el proceso de urbanización que se lleva a cabo en estos sitios.

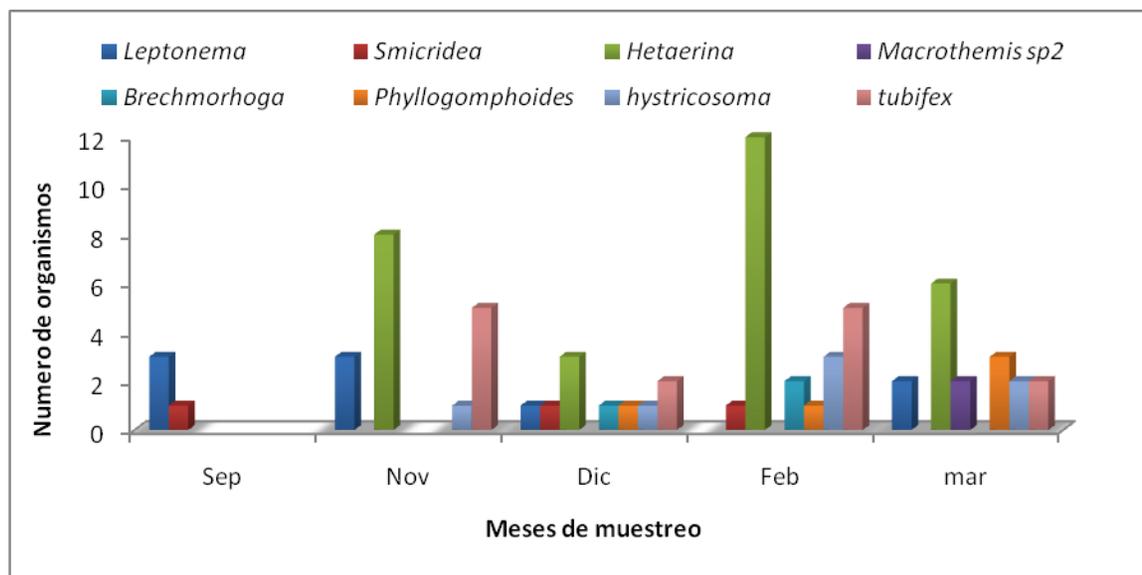


Figura 47. Composición y abundancia de géneros en la estación 4.

INDICES

Tabla 17. Índices ecológicos calculados en la estación 4 durante los meses de muestreo.

Index	Riqueza S	Shannon H'	Pielou J'	Simpsons (D)
Septiembre	5	1,494	0,928	0,143
Noviembre	5	1,336	0,83	0,268
Diciembre	7	1,834	0,943	0,089
Febrero	7	1,517	0,78	0,267
Marzo	8	1,947	0,936	0,121
Prom	6,4	1,6256	0,8834	0,1776

El índice de diversidad de Shannon promedio para esta estación fue ($H'1.62$), indicándonos una diversidad media y una contaminación moderada; el mínimo valor se obtuvo en el mes de Noviembre y el máximo en el mes de Marzo (Tabla 17). El índice Pielou no registro grandes diferencias entre los diferentes meses debido a una distribución uniforme de las abundancia de los individuos registrando las mas altas los meses de Septiembre, Diciembre y Marzo, con una equidad promedio de ($J'0.888$). El promedio del índice de dominancia de Simpson para esta estación es de ($D 0.1776$) donde el mayor valor registrado fue para el mes de Noviembre y el menor en el mes de Diciembre (Tabla 17).

BMWP

Tabla 18. Familias encontradas en la estación 4 y su puntaje BMWP.

Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	Mar	Total	Clase	calidad	Característica
Trichoptera	Hydropsychidae	8	8	8		8	8			
Odonata	Calopterygidae		8	8	8	8	8			
	Libellulidae		6	6	6	6	6			
	Gomphidae		9	9	9	9	9	IV	DUDOSA	AGUAS
Diptera	Chironomidae	2			2		2			CONTAMINADAS
	Tipullidae	4					4			
Hemiptera	Veliidae	8					8			
Megaloptera	Corydalidae	6					6			
Haplotaaxida	Aelosomatidae		2	2	2	2	2			
	Tubificidae		1	1	1	1	1			
BMWP		28	34	34	28	34	54			

Las aguas para este tramo según el índice BMWP se clasifican en clase IV, de calidad dudosa y con características de aguas contaminadas debido a las basuras que a diario arrojan los habitantes aledaños, haciendo que esta estación se vea alterada. No se observan cambios significativos en los valores BMWP a través de los meses muestreados. Como lo dijimos anteriormente se encontraron organismos indicadores de aguas limpias y organismos indicadores de aguas contaminadas o alteradas. El 60% de las familias son sensibles a la contaminación con puntajes altos (6-9) como lo son los Ordenes Trichoptera, Odonata Y Hemíptera, y el otro 40% pertenecen organismos tolerantes con puntajes bajos (4-1) como lo son las familias Tubificidae, Aelosomatidae, Chironomidae. (Tabla 18).

ESTACION 5: QUEBRADA NN, AFLUENTE DE LA CANTERA

Tabla 19. Listado de taxa colectados en la estación 5 en los diferentes meses de muestreo.

Phylum – Clase	Orden	Familia	Genero	Sep	Nov	Dic	Feb	mar	Tot	Bioindicacion
Athropoda										
Insecta	Odonata	Calopterigidae	<i>Hetaerina</i>	2		1	2	2	7	oligo-mesotróficas
		Gomphidae	<i>progomphus</i>	1					1	meso-eutróficas
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	179	79	6	17	113	394	oligo-eutróficas
			<i>Ablabesymya</i>		6	2	4	5	17	oligo-eutróficas
			<i>Limnophora sp1</i>	7			19	7	33	oligo-mesotróficas
		Tipulidae	<i>Tipula</i>				1	1	2	meso-eutróficas
		similiidae	<i>simulium</i>				1	1	2	oligotróficas
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Archanara</i>					2	2		
Annelida										
Oligochaeta	Haplotaxida	Aelosomatidae	<i>hystricosoma</i>	1	1				2	meso-eutróficas
			<i>Aelosoma</i>	2		1		1	4	meso-eutróficas
Hirudinea		Tubifisidae	<i>Tubifex</i>		2	2	3		7	eutrófico
	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	<i>Hellobdella</i>		6	12	53	21	92	meso-eutróficas
	Hirudiniformes	Cylicobdellidae	<i>Cylicobdella</i>	4	1		6	4	15	meso-eutróficas
Mollusca										
Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>	12			3	2	17	meso-eutróficas
N				208	95	24	109	159	595	50% Meso-Eutrófica

* N= Numero total de organismos colectados en cada mes.

En esta estación se registraron un total de 596 individuos representados por 14 géneros pertenecientes a 12 Familias, 7 Órdenes, 4 Clases y 3 Phylas. El 76.92 % de los organismos colectados pertenecen a la clase Insecta, seguida por la clase Hirudinea con 26.75 %, Gastropoda con 2.85 % y Oligochaeta con 2.17 %. (Tabla 19).

Dentro de la clase Insecta, el Orden Díptera tubo el mayor porcentaje de abundancia con el 75.26 % del total de individuos colectados además presento el mayor numero de géneros (5) donde el genero *Chironomus* tubo el 66.21 % del total de organismos colectados, el genero *Limnophora sp1* cuenta con el 5.54 % y el genero *Ablabesymya* cuenta con el 2.85 %.

Dentro de la clase Hirudinea el genero *Hellobdella* tubo el 15.46 % del total de organismos colectados, el genero *Cylicobdella* tubo el 2.52 %, dentro de la clase

Gastropoda el genero *physa* tubo el 2.85% y la clase Oligochaeta registro el 2.18 % del total de individuos, siendo estos géneros los dominantes dentro de la comunidad llevándose el 95.42 % del total de organismos colectados. En general el predominio de estos géneros nos indica una contaminación por materia orgánica en descomposición (Figura 48).

La mayor parte de los organismos colectados (50 %) corresponden a un ecosistema con características meso-eutróficas, caracterizados por organismos resistentes a la contaminación orgánica y bajas de oxígeno; se encontró además un genero de ecosistemas oligotróficos (*simulium*), un genero de aguas eutróficas (*Tubifex*) y dos géneros pertenecientes a aguas Oligo-mesotróficas (Hetaerina y *Limnophora sp1*). (Tabla 19).

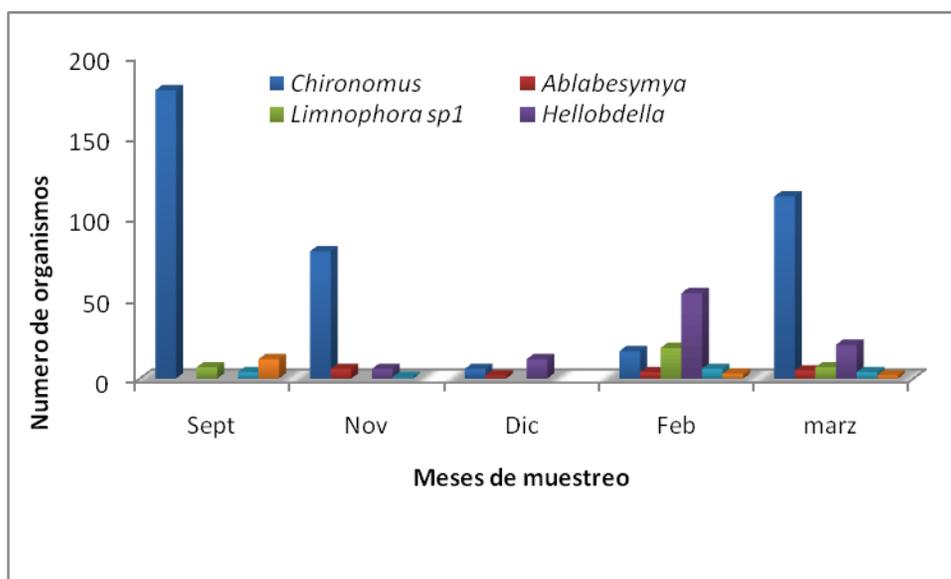


Figura 48. Composición y abundancia de géneros en la estación 5.

INDICES:

Los valores del índice de diversidad de Shannon en general fueron bajos con el menor valor obtenido en el mes de Septiembre ($H'0.62$) y el máximo registrado en el mes de Febrero ($H'1.58$) con un valor promedio para la estación de $H'1.07$ lo que nos califica la quebrada como de poca diversidad y alta contaminación. El índice de equidad de Pielou nos muestra que en la comunidad hay cierto grado de igualdad en la abundancia de los organismos, registrando la equidad mas alta en los meses de Diciembre y Febrero ($J'0.76$ y $J'0.68$) respectivamente, con una

equidad promedio de $J'0.51$. Sin embargo en la comunidad hay géneros que dominan sobre los otros como es el caso del género *Chironomus*, *Hellobdella*, *Limnophora sp1*, *Abalbesymya*, *Cylicbdella* y *Physa*. De acuerdo al índice de dominancia de Simpson el promedio para la estación es de $D 0.51$; los mayores valores de dominancia se registraron en los meses de Septiembre y Noviembre. (Tabla 20).

Tabla 20 índices ecológicos calculados para la estación 5 en los diferentes meses de muestreo.

INDEX	Riqueza S	Shannon H'	Pielou J'	Simpsons (D)
Septiembre	8	0,625	0,3	0,744
Noviembre	6	0,679	0,379	0,697
Diciembre	6	1,372	0,766	0,301
Febrero	10	1,583	0,687	0,291
Marzo	11	1,11	0,463	0,524
Prom	8,2	1,0738	0,519	0,5114

BMWP

Las familias encontrados en esta estación corresponden en su mayoría a aguas contaminadas por lo tanto tienen un valor bajo en la escala. El 33.33 % tienen un puntaje de 3 en la escala, el 16.66% tienen un puntaje de 2, también se encontraron organismos con un puntaje alto como el caso de la familia Calopterygidae y Gomphidae (8 y 9) pertenecientes al orden Odonata.

Esta estación se califica en la clase IV con aguas contaminadas de calidad dudosa. Sin embargo en los meses de Septiembre, Noviembre y Diciembre la estación estuvo en la clase V calificándolas como aguas fuertemente contaminadas de calidad muy crítica. (Tabla 21). Estos bajos valores se deben a la baja diversidad de organismos en esta estación, además por ser una quebrada de bajo orden con un alto grado de intervención debido a la alteración de sus márgenes y a la contaminación doméstica y agrícola los organismos que colonizan este ecosistema son altamente resistentes y dado la poca disponibilidad de microhabitats la fuerte competencia hace que los sitios sean colonizados rápidamente por pocas poblaciones.

Tabla 21. Familias colectadas en la estación 5 y su puntaje BMWP.

Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	Mar	Total	Clase	Calidad	Característica
Odonata	Calopterygidae	8		8	8	8	8			
	Gomphidae	9					9			
Diptera	Chironomidae	2	2	2	2	2	2			
	Muscidae	3			3	3	3			
	Tipulidae				4	4	4			
	simuliidae				9	9	9	IV	DUDOSA	AGUAS
Lepidoptera	Noctuidae					X				CONTAMINADAS
Haplotaaxida	Aelosomatidae	2	2	2		2	2			
	Tubifisidae		1	1	1		1			
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae		3	3	3	3	3			
Hirudiniformes	Cylicobdellidae	3	3		3	3	3			
Basommatophora	Physidae	3			3	3	3			
BMWP		30	11	16	36	37	47			

ESTACION 6: DESPUES DE LA UNION DE LA QUEBRADA NN CON LA QUEBRADA LA CANTERA.

Se colectaron un total de 84 individuos distribuidos en 9 géneros pertenecientes a 3 Phylum, 4 Clases, 5 Órdenes y 7 Familias. (Tabla 22).

El genero *Chironomus* perteneciente al Orden Diptera representa el mayor numero de individuos (51) con un porcentaje de abundancia del 60.7%; seguidos por *Hetaerina* y *Physa* cada uno con 9 individuos para un 21.4%; Los generos *Aelosoma* y *Brechmorhoga* tienen un porcentaje dentro de la muestra del 7,1 % cada uno; El genero *Hystricosoma* equivale a 2.3%; y por ultimo los géneros *Macrothemis sp2* y *Phyllogomphoides* donde solo se encontró un individuo durante toda la temporada de muestreo dándole un porcentaje del 2.3%.

En el mes de Diciembre no se colectaron individuos debido a la mayor frecuencia de lluvias, lo que hizo que fuera más caudaloso y los individuos fueran arrastrados por las corrientes; mientras que el mes de Septiembre se colectaron el 85% del total de los individuos teniendo la mayor abundancia el género *Chironomus* (Figura 49).

Tabla 22. Listado de taxa colectados en la estación 6 en los diferentes meses de muestreo.

Phylum – Clase	Orden	Familia	Genero	Sep	Nov	Dic	Feb	mar	Tot	Bioindicacion
Athropoda										
Insecta	Odonata	Calopterigidae	Hetaerina	1	3		3	2	9	oligo-mesotróficas
		Libellulidae	Macrothemis sp2				1		1	oligo-mesotróficas
			Brechmorhoga				2	1	3	oligotróficas
		Gomphidae	Phyllogomphoides					1	1	oligo-mesotróficas
	Diptera	Chironomidae	Chironomus	40	10		1		51	oligo-eutróficas
Annelida										
Oligochaeta	Haplotaxida	Aelosomatidae	hystricosoma					2	2	meso-eutróficas
			Aelosoma	1			1	1	3	meso-eutróficas
Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	Hellobdella				4	1	5	meso-eutróficas
Mollusca										
Gastropoda	Bassomatophora	Physidae	Physa	5	4				9	meso-eutróficas
N				47	17		12	8	84	55.5% Oligo-Mesotrófica 45.5% Meso-Eutrófica

* N= Numero total de organismos colectados en cada mes.

En esta estación se encontró una comunidad con un 55.5% de organismos indicadores de contaminación pertenecientes a aguas Oligo – Mesotróficas y el 45.5% pertenecen a aguas Meso – Eutróficas, tolerantes a un alto grado de contaminación, donde el genero mas representativo para esta estación fue el *Chironomus*. (Tabla 22).

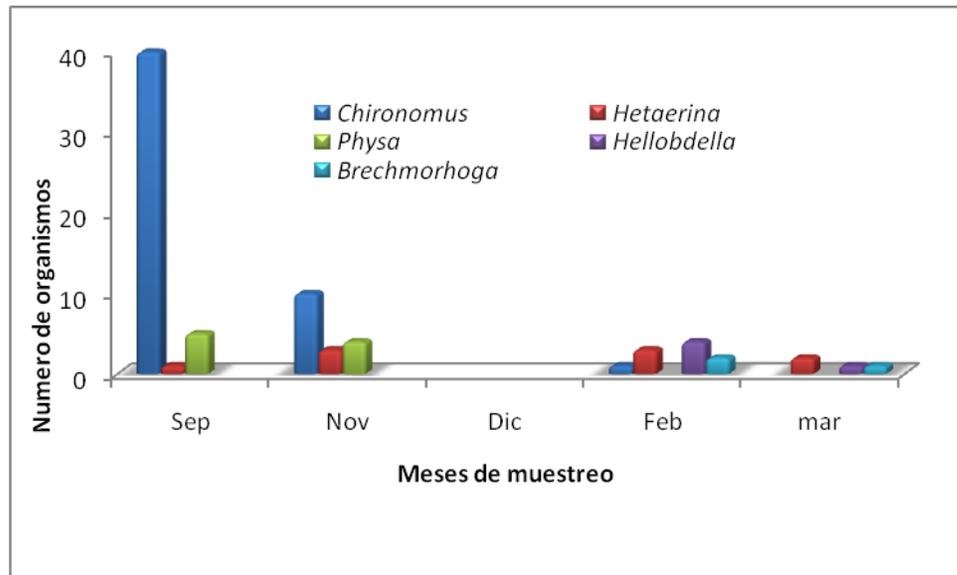


Figura 49. Composición y abundancia de géneros en la estación 6.

INDICES

Tabla 23. Índices ecológicos calculados para la estación 6 en los diferentes meses de muestreo

Index	Riqueza S	Shannon H'	Pielou J'	Simpsons (D)
Septiembre	4	0,539	0,389	0,731
Noviembre	3	0,959	0,873	0,397
Diciembre	-	-	-	-
Febrero	6	1,633	0,911	0,152
Marzo	6	1,733	0,967	0,071
Prom	3,8	1,216	0,785	0,33775

La Dominancia para esta estación fue relativamente baja (D 0.337), alcanzándose la mayor Dominancia en el mes de Septiembre debido a la alta abundancia del género *chironomus* y la menor Dominancia en el mes de Marzo, ya que este mes se presenta el menor diferencia entre el número de individuos de cada género. Los registros más altos para Equidad se presentan en los meses de Febrero y Marzo y el mes de Septiembre registra la menor con un promedio de $J'0.78$. (Tabla 23).

Los valores de diversidad de Shannon son bajos con un valor promedio de $H'1.21$ indicando una baja diversidad y un agua muy contaminada; el mes de Septiembre tubo el menor valor ya que existe mayor dominancia y poca equitabilidad. Sin embargo en los siguientes meses de Noviembre, Febrero y Marzo incremento la diversidad, (Tabla 23) existiendo pocas especies dominantes; La mayor diversidad se registra en el mes de Marzo donde la dominancia fue menor y la equidad mayor.

BMWP

Debido a la alteración del hábitat en esta estación, como a la acción antrópica que ha deteriorado el recurso hídrico natural, encontramos familias con un bajo puntaje BMWP. Además esta estación se ve afectada por las aguas de la quebrada NN la cual lleva consigo alta carga orgánica producto de la agricultura y lixiviados de la ganadería. Existen 3 familias todas del Orden Odonata que tienen puntajes altos (9, 8 y 6) las cuales representan el 42.85% y 2 familias cada una con el 24.24% con un puntaje de 2 y 3.

Tabla 24 Familias colectadas en la estación 6 y su puntaje BMWP.

Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	Mar	Total	Clase	Calidad	Característica
Odonata	Calopterygidae	8	8		8	8	8	V	CRITICA	AGUAS MUY CONTAMINADAS
	Libellulidae				6	6	6			
	Gomphidae					9	9			
Diptera	Chironomidae	2	2		2		2			
Haplotaaxida	Aelosomatidae	2	2		2	2	2			
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae				3	3	3			
Bassomatophora	Physidae	3	3				3			
BMWP		15	15		21	28	33			

El índice BMWP nos indica que esta agua son de clase V, cuya calidad es critica con características de aguas muy contaminadas, además no se registraron diferencias en la calidad del agua en los diferentes meses clasificándose siempre en la clase V. (Tabla 24). Esta estación presenta las aguas de peor calidad según el índice debiéndose principalmente a la poca riqueza encontrada dada las características físicas de la quebrada en esta estación.

ESTACION 7: BARRIO VILLA DOCENTE

Se colectaron un total de 100 individuos pertenecientes a 13 géneros incluidos dentro de 11 familias, 7 Órdenes, 4 Clases y 3 Phylums. (Tabla 16). La clase dominante dentro de la comunidad fue la clase Insecta con un porcentaje de abundancia del 70%, la clase Oligochaeta contiene el 20% de los individuos colectados, seguida por la clase Gastropoda con el 6% y en menor proporción la clase Hirudinea.

Dentro de la clase Insecta el Orden Diptera presento la mayor abundancia con el 52%, dentro de los cuales el 50% pertenece al genero *chironomus*, colectándose el mayor numero de individuos en el mes de septiembre (38%) (Tabla 25). El Orden Haplotaaxida tubo el 20% del total de individuos en la muestra, El Orden Odonata presento el 17% de los individuos colectados y presento el mayor numero de géneros (4), siendo el genero *Hetaerina* el de mayor abundancia dentro de este Orden (13%) y el tercero en importancia dentro de la muestra. En orden decreciente de acuerdo a los porcentajes de abundancias tenemos los Ordenes Bassomatophora con 6%, Glossiphoniiformes con 3 y los Ordenes Coleoptera e Hirudiniformes ambos con el 1% del total de la comunidad.

Dentro de esta estación se encontró una comunidad con organismos resistentes a algún grado de contaminación siendo el 46% pertenecientes a aguas que van desde oligo hasta mesotróficas como es el caso de los Ordenes Coleoptera y Odonata y el 38% pertenecen a aguas meso-eutróficas, los cuales son tolerantes a contaminaciones altas como el caso de los Ordenes Diptera, Haplotaaxida, Bassomatophora y la Clase Hirudinea, el 7.7% pertenece a organismos que habitan en aguas desde oligotróficas hasta eutróficas y el otro 7.7% son organismos de aguas eutróficas. (Tabla 25).

El mes de Marzo no se colectaron individuos debido a una lluvia repentina que comenzo en la estación 3 e incremento el caudal del rio haciendo imposible la Colecta (Figura 50).

Tabla 25 Listado de taxa colectados en la estación 7 en los diferentes meses de muestreo

Phylum -Clase	Orden	Familia	Genero	Sep	Nov	Dic	Feb	mar	Tot	Bioindicacion	
Athropoda											
Insecta	Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	1					1	oligo-mesotróficas	
		Odonata	Calopterigidae	Hetaerina		4	2	7		13	oligo-mesotróficas
			Libellulidae	Macrothemis sp2				1		1	oligo-mesotróficas
			Gomphidae	Progomphus sp2		1		1		2	oligo-mesotróficas
				phylogomphoides				1		1	oligo-mesotróficas
	Diptera	Chironomidae	Chironomus	38	5		7		50	oligo-eutróficas	
		Muscidae	Limnophora sp2				2		2	oligo-mesotróficas	
Annelida											
Oligochaeta	Haplotaxida	Aelosomatidae	hystricosoma	2	1	1	1		5	meso-eutróficas	
			Aelosoma	3		1	3		7	meso-eutróficas	
		Tubifisidae	Tubifex		1		7		8	eutrófico	
Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	Hellobdella			1	2		3	meso-eutróficas	
	Hirudiniformes	Cylicobdellidae	Cylicobdella				1		1	meso-eutróficas	
Mollusca											
Gastropoda	Bassomatophora	Physidae	Physa	1	3		2		6	meso-eutróficas	
N				45	15	6	34		100	46% Oligo-Mesotróficas 38% Meso-Eutróficas	

* N= Numero total de organismos colectados en cada mes.

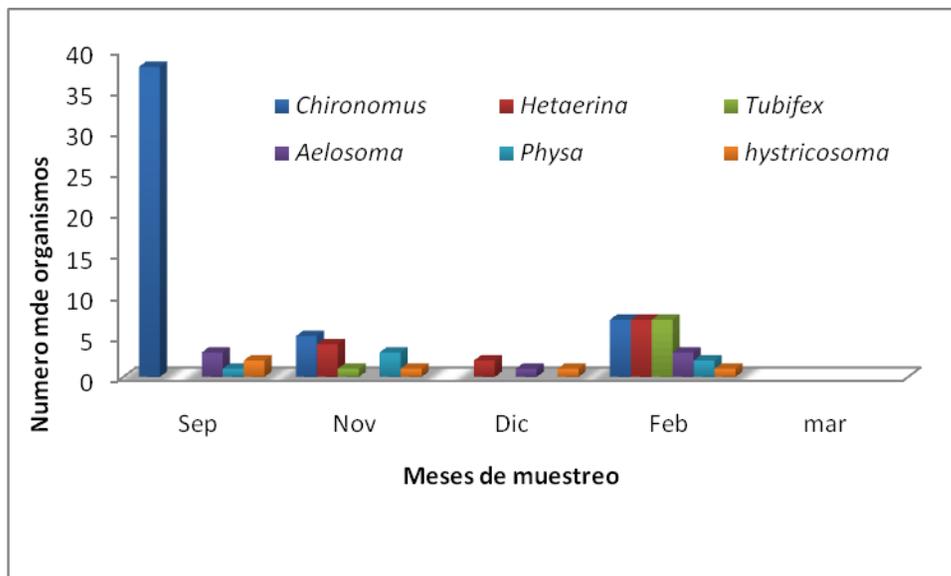


Figura 50. Composición y abundancia de géneros en la estación 7.

INDICES.

La estación registro una dominancia promedio baja (D 0.27), la menor dominancia se presento en el mes de Diciembre y la mayor fue en el mes de febrero debido ala alta abundancia de Chironomidos colectados en este mes. En general se registro una equidad promedio alta (J´ 0.78) alcanzando los mayores valores en el mes de Diciembre y el mes de Noviembre la menor equidad (Tabla 26).

El índice de Shannon nos indica una baja diversidad (H´1.46) con aguas muy contaminadas. Sin embargo los meses de Noviembre a Febrero las aguas se clasificaron como contaminadas con una diversidad media y una mediana alteración dado que los valores del indice están por encima de 1.5, (Tabla 26).

Tabla 26. Indices ecológicos calculados para la estación 7 en los diferentes meses de muestreo

Index	S	Shannon H'	Pielou J'	Simpsons D
Septiembre	5	0,631	0,392	0,714
Noviembre	6	1,582	0,883	0,181
Diciembre	5	1,561	0,97	0,067
Febrero	11	2,105	0,878	0,123
Marzo	0			
Prom	5,4	1,46975	0,78075	0,27125

BMWP

Se encontraron familias con un bajo puntaje en la escala BMWP debido a la mala calidad de microhabitas dentro de esta estación ya que se encuentra dentro de la zona urbana y el sitio era utilizado para arrojar basuras y escombros de construcción. Sin embargo se encontraron también organismos de un puntaje alto que viven especialmente en aguas limpias. (Tabla 27).

El 36.36% de las familias colectadas les correspondió un puntaje de 3, el 18.8% un puntaje de 2 y hubo 4 familias con puntajes de 1, 6, 7,9 a los cuales le corresponden un porcentaje de 9.09 % a cada uno.

Tabla 27 Familias colectadas en la estación 7 y su puntaje BMWP.

Orden	Familia	Sep	Nov	Dic	Feb	Mar	Total	clase	Calidad	Características
Coleoptera	Elmidae	7					7			
Odonata	Calopterygidae		8	8	8		8			
	Libellulidae				6		6			
	Gomphidae		9	9	9		9			
Diptera	Chironomidae	2	2		2		2			
	Muscidae				3		3	IV	DUDOSA	AGUAS
	Tubifisidae		1		1		1			CONTAMINADAS
Haplotaaxida	Aelosomatidae	2	2	2	2		2			
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae			3	3		3			
Hirudiniformes	Cylicobdellidae				3		3			
Bassomatophora	Physidae	3	3		3		3			
BMWP		14	25	22	40		47			

Según el índice de calidad BMWP las aguas de esta estación son de clase IV de calidad dudosa y aguas contaminadas, sin embargo en los diferentes meses de muestreos se registraron cambios en esta clasificación pasando desde un puntaje de 14 (clase V, calidad crítica, aguas muy contaminadas) en el mes de Septiembre a un puntaje de 40 (clase IV, calidad dudosa, aguas contaminadas) estos cambios en la clasificación están ligadas con el número de individuos colectados, encontrando en Febrero el mayor número de familias (10), mientras en Septiembre se encontraron solo cuatro familias. De acuerdo a los datos observados hay una tendencia a un incremento del puntaje de la estación a medida que pasa el tiempo. (Tabla 27).

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los macroinvertebrados acuáticos colectados en la quebrada La Cantera podemos sectorizarla de la siguiente manera: Las estaciones 1, 2 Y 3 (Los Linderos, inicio quebrada La Cantera, zona de la Cantera), conservan características de un ecosistema acuático natural, presentando aguas limpias poco intervenidas con una buena dinámica hídrica en su recorrido lo cual se ve reflejado en la composición de los macroinvertebrados acuáticos los cuales son en su mayoría indicadores de aguas limpias como los Trichópteros, Plecópteros, Ephemeropteros, algunos Coleópteros y Odonatos.
- A partir de la estación 4 comienza la intervención antrópica más acentuada y se empiezan a dar cambios en la composición de los MAE disminuyendo en número los indicadores de aguas limpias y apareciendo indicadores de aguas contaminadas como Chironómidos y Anélidos del Orden Haplotaxida, debido al incremento de la contaminación domestica y la presencia de basuras y perdida de la vegetación riparia, comportándose este sitio como una zona de transición entre las aguas poco intervenidas de aguas limpias de la parte alta y las aguas contaminadas de la parte baja.
- En las estaciones 6 y 7 (puente Aida Lucia y Barrio Villa Docente) predominan poblaciones pertenecientes a aguas contaminadas como los Chironómidos, Anélidos, Gasterópodos e Hirudineos, pero en menor abundancia y diversidad que en las dos estaciones anteriores debido a la contaminación por aguas domesticas, Basuras y sus lixiviados, cambio de la vegetación riparia además de la escorrentía provenientes de las carreteras cuando llueve lo que ayuda en la disminución de la riqueza de macroinvertebrados acuáticos.
- La quebrada NN es el sitio con mayores problemas de contaminación Orgánica procedente de las casas en la parte rural y los desechos agrícolas procedentes de sus cultivos, además de un importante deterioro de la vegetación convirtiéndose en una zona de potrero y rastrojo, además de los problemas de basuras, actuando este afluente como un foco de contaminación para la Q La Cantera. Esto a determinado que se desarrolle una abundante comunidad de organismos indicadores de aguas muy contaminadas como es el caso de los Diteros de los géneros *Chironomidae*

y *Limnophora sp*, además de Anélidos como los *Tubifex*, Hirudineos y Gastrópodos del genero *Physa*, individuos característicos de aguas fuertemente intervenidas.

- El índice de Calidad de aguas BMWP muestra que el agua de la quebrada La Cantera empieza a alterarse drásticamente a partir de la estación 4 y a medida que se interna en la zona urbana la alteración incrementa disminuyendo los valores BMWP y así su calidad, debido a las aguas residuales y basuras provenientes de los barrios aledaños.
- Antes de ingresar al barrio Aida Lucia, en las primeras tres estaciones presentan la mejor calidad en sus aguas clasificándose como aguas de calidad aceptable a buena con características de aguas medianamente contaminada a limpias; a partir de la estación 4 la calidad disminuye clasificándose como aguas contaminadas de calidad dudosa hasta aguas muy contaminadas de calidad critica en la estación 6. Los macroinvertebrados colectados en la quebrada NN (E-5) nos indican que la calidad de sus aguas es dudosa y se clasifican como aguas contaminadas.
- El índice de diversidad de Shannon Weaver nos muestra una comunidad con cierto grado de alteración, con Valores promedio por debajo de 1.6, lo que indica una baja diversidad, debido a la Homogeneidad del sustrato la que no permite que diferentes poblaciones aprovechen la disponibilidad de alimento desarrollándose altas dominancias por parte de pocos géneros.
- De acuerdo a la composición de macroinvertebrados acuáticos colectada en la quebrada La Cantera y sus afluentes y al carácter bioindicador de estos; la parte alta la quebrada tiene características de aguas oligo-mesotróficas (E1, E2 y E3), mientras que en la parte baja las aguas son meso-eutróficas (E6 y E7). La estación cuatro por ser una zona transicional presenta individuos característicos de aguas tanto Oligo-Meso como Meso-Eutróficas.
- Aunque no hubo diferencias significativas entre la mayoría de los parámetros físico-químicos se pueden ver comportamientos que se relacionan con los problemas de alteración sufridos a lo largo de esta. A medida que la contaminación aumenta la temperatura hídrica también lo hizo debido al incremento de la penetración lumínica por la tala de la

vegetación riparia, los desechos domésticos y la escorrentía de las carreteras.

- El Oxígeno disuelto disminuye a medida que aumenta la contaminación por los procesos de oxidación-reducción que se generan por la descomposición de la materia orgánica y demás procesos físico-químicos como es de esperarse; sin embargo la concentración no alcanza los niveles críticos (5ppm) para el desarrollo de la fauna benthica, manteniendo un promedio de más de 8 mg/L y una saturación del 86%.
- La quebrada presenta valores de pH neutros con tendencia a ácido con bajos valores de CO_2 el cual contribuye a los valores de acidez del agua. Dado el pH casi neutro, los valores de Alcalinidad y acidez indican que el sistema tiene una buena actividad buffer.
- La baja actividad iónica en el sistema produjo valores de conductividad y durezas bajas, clasificando las aguas de la quebrada La Cantera como aguas blandas poco productivas, con un valor de sólidos disueltos entre 10-25 mg/L.
- De acuerdo a los resultados de los nitratos la quebrada La Cantera presenta signos de contaminación en todo su recorrido reflejando el impacto que causa la actividad ganadera en los alrededores y los problemas que causan los lixiviados de las heces, además del incremento en los nutrientes del agua por causas de la contaminación orgánica producto de los desechos humanos.
- Aunque los valores de nitratos a lo largo de la quebrada son altos (> 60mg/L) no alcanzan a alterar drásticamente las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y si bien se encuentran dentro del rango para aguas intervenidas (Vásquez 2001) no sobrepasan el límite de tolerancia para el desarrollo normal de los MAE.
- La físico-química permite concluir que a pesar de los signos de contaminación evidente, la buena dinámica hídrica del sistema, con corrientes rápidas ayudan a oxigenar y a diluir los contaminantes. Además la quebrada atraviesa un corto recorrido de la zona urbana antes de

desembocar en el río molino disminuyendo el tiempo de efecto de los contaminantes en la calidad físico-química.

- Otra explicación a este comportamiento es que las descargas de aguas residuales dentro de la quebrada La Cantera no son constantes sino intermitentes y depende del comportamiento de las personas y por este motivo la quebrada se alcanza a autodepurar con facilidad, evitando que los parámetros físicos y Químicos adquieran valores críticos típicos de un ecosistema altamente contaminado.
- La caracterización de los macroinvertebrados acuáticos permitieron comparar las estaciones de muestreo y determinar que el agua de la quebrada La Cantera se esta viendo afectada por la contaminación domestica, ganadera, agricultura, escombros de construcción y basuras a partir del barrio Aida Lucia (cuarta estación), deteriorando así la calidad del agua.

9. RECOMENDACIONES

- Es recomendable adelantar jornadas de educación para sensibilizar a los habitantes de los barrios aledaños a la quebrada acerca de la problemática que se presenta debido a las aguas grises domesticas, al igual que las basuras arrojadas al río y motivarlos a participar en la recuperación.
- Desarrollar talleres de educación que contribuya a darles un sentido de pertenencia hacia los recursos acuáticos con los que cuentan para que su huso sea lo más adecuado.
- Comprometer al los estudiantes universitarios en la recuperación de las fuentes de agua cercanas a sus viviendas para que sean parte activa en la búsqueda de una solución en los problemas de contaminación de las quebradas urbanas.
- Además de las pruebas físico-químicas utilizadas en este trabajo se recomienda analizar otras variables como las microbiológicas para detectar posibles peligros para la salud humana, también se recomienda tener en cuenta la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.
- Tener en cuenta que entre mas gente se informe sobre los factores que afectan la calidad del agua mayor será el éxito en mejorarla.
- Una de las mejores formas de iniciar la recuperación de un cuerpo de agua es dedicando un tiempo a recoger basuras en las márgenes y dentro del río, se puede realizar un festival del agua invitando a los lideres comunitarios al igual que a las escuelas cercanas para que participen de estas jornadas de limpieza y contarles sobre sus esfuerzos de monitoreo.
- Llevar la información y su entendimiento a la comunidad. Enseñarles sobre los organismos que habitan en el agua, como los afecta la contaminación y que se puede hacer para ayudarlas.

BIBLIOGRAFIA

ALONSO A. 2006/2. Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas*.

ARIAS, A y CALVACHE, M. 2002. .Caracterización ambiental del rio Molino en la zona urbana del municipio de Popayán. Trabajo de grada de Biología. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán,

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC). 2004. Plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas. Popayán. Cauca. 370pp

CAMARGO, A. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles, *Ecosistemas*. 14 (3): 87-99.

GRIMALDO, W. 1998. Determinación de la integridad ecológica de un ecosistema acuático con base en monitoreos biológicos. *GEALCER MAGAZINE*. 1998. Vol.2; 25 – 33, Liceo de Cervantes El Retiro..

H, FERNÁNDEZ Y E, DOMÍNGUEZ. 2001. Guía para la determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Secretaria de ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de ciencias Naturales e instituto M Lillo. San Miguel de Tucumán.

HOLDRIDGE, I. 1982. Ecología basada en las zonas de vida. HCA. Costa Rica.

LAIDLAW, T. 1995. Manual de adopte una quebrada. estación biológica La Selva. San José de Costa Rica. 21pp.

MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 583pp.

MARTINEZ, P. 2003. Efecto de los vertimientos de aguas residuales domesticas en la calidad biológica de la quebrada Quitacalzòn. Trabajo de grado de biología. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán, 77 pp.

MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T-Manuales y Tesis SEA, vol 1. Zaragoza, 84pp.

NAUNDORF, G & ZAMORA. 1990. Efecto excluyente de la contaminación domestica sobre los macrionvertebrados acuáticos del rio molino (Popayán) durante una década. Ponencia en XXV Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. Popayán. pp.20

PINILLA, G. 2000. Indicadores Biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Fundación universitaria Jorge Toledo Lozano. Centro de investigaciones científicas. Santafé de Bogotá. Colombia. Marzo. 67pp.

ROLDÁN, GA. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín (Antioquia): Universidad de Antioquia.

ROLDÁN, GA. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN, Colciencias, Universidad de Antioquia. Colombia.

ROLDÁN GA. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Medellín (Antioquia): Universidad de Antioquia.

SANDOVAL, J. 2007. Fundamentos de Piscicultura continental y calidad de aguas naturales. Fundación eco Ambiental. Popayán.

VÁSQUEZ, G. 2001. Evaluación de la calidad de las aguas naturales. Popayán (Cauca): Universidad del Cauca.

ZAMORA-MUÑOZ, C., C.E. SÁINZ, A. SÁNCHEZORTEGA & J. ALBATERCEDOR. 1995. Are biological indices BMWP and ASPT and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variations. *Wat. Res.* 29: 285-290 pp.

ZAMORA, H, NAUNDORF. 1981. Niveles de contaminación del río Molino con base en sus características fisicoquímicas y biológicas. Universidad del Cauca. Departamento de biología. Popayán.

ZAMORA, H. 1991. Macroinvertebrados Dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales del Departamento del Cauca. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Popayán. pp.59.

ZAMORA, H. 1996. Aspectos Bioecológicos de las comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas en el Depto del Cauca. Unicauca Ciencia, universo de la Ciencia, la cátedra y la Investigación. Universidad del Cauca. Vol 1.

ZAMORA H. 1998. Evaluación de la calidad ambiental en ecosistemas lóticos mediante el análisis de sus macroinvertebrados. *Revista de la Asociación Colombiana de ciencias biológicas ACCB.*

ZAMORA H. 2007. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas – ACCB Número 19.* ISSN 0120-4173

ANEXOS

A1. FOTOS MAE COLECTADOS EN LA QUEBRADA LA CANTERA

Figura 51. Familia Hydropsychidae



Orden: Trichoptera
Familia: Hydropsychidae
Generos: *Leptonema* (izq)
Smicridea (der)

Figura 52. Ephemeropteros E-3



Orden: Ephemeroptera
Familias: *Leptophlebiidae* (der)
Baetidae (izq)

Figura 53 *Anchitarsus*



Orden: Coleoptera
Familia: Ptilodactilidae
Genero: *Anchitarsus*

Figura 54. Genero *Anacroneuria*



Orden: Plecopter
Familia: Perlidae
Genero *Anacroneur*

Figura 55. Odonatos E-3



Orden: Odonata
Familias: Libellulidae (izq y cent)
Gomphidae (der)

Figura 56. *Hetaeryna*



Orden: Odonata
Familia: Calopterygidae

Figura 57. Dryopidae



Orden: Coleoptera
Familia: Dryopidae

Figura 58. *Ragovelia*



Orden: Hemiptera
Familia: Veliidae

Figura 59. Pyralidae



Orden: Lepidoptera
Familia: Pyralida

Figura 60. *Tubifex*



Orden: Haplotaxida
Familia: Tubificidae

Figura 61. *Hystricosoma*



Orden Haplotaxida
Familia: Aelosomatidae

Figura 62. *Aelosoma*



Orden: Haplotaxida
Familia: Aelosomatidae

Figura 63. *Hellobdella*



Orden: glossifoniformes
Familia: Helobdellidae

Figura 64. *Cylicobdella*



Orden: Hirudiniformes
Familia: Cylicobdellidae

Figura 65. *Limnophora sp1*



Orden: Diptera
Familia: Muscidae

Figura 66. *Chironomidos*



Orden: Díptera
Familia: Chironomidae

Figura 67 .Tipula



Orden: Diptera
Familias: Libellulidae (iz)
Familia: Tipuliidae

Figura 68. *Archana*



Orden: Lepidoptera
Familia: Noctuide

Figura 69. *Physa*.



Orden: Basomatophora
Familia: Physidae

A2. TABLAS DE LOS DATOS CRUDOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN LA DIFERENTES ESTACIONES.

ESTACIÓN 1: Q LOS LINDEROS

Tabla 28. Datos fisicoquímicos en la estación 1 durante la temporada de muestreo.

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo	Promedio
<i>Temperatura H₂O °C</i>	18	17	17	19°	17,33
Oxígeno disuelto mg/l	9,25	6,37	10,5	8,75	8,71
% saturacion OD	100	62	105	93	90
CO ₂ mg/L	0,4	0,2	2,6	2,6	1,45
pH	6,5	6,5	6,5	7	6,62
Conductividad μmhos/cm ²	40	30	30	5	26,25
Salinidad	1	0	0	0	0,25
Acidez mg/LCaCO ₃	0,5	0,5	0,3	0,8	0,52
Alcalinidad mg/LCaCO ₃	0,4	0,7	0,6	0,8	0,62
Dureza total mg/LCaCO ₃	0,1	0,1	0,1	0,25	0,13
Dureza carbonacea mg/LCaCO ₃	0,2	0,6	0,5	0,8	0,52
Nitratos mg/L	50	50	50	125	68,75
Amonio mg/L	0	0	0	0	0

ESTACIÓN 2: COMIENZOS Q LA CANTERA

Tabla 29. Datos fisicoquímicos en la estación 2 durante la temporada de muestreo.

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo	Promedio
<i>Temperatura H₂O °C</i>	20	18	17,5	18,5	18,5
Oxígeno disuelto mg/l	7,62	9,25	8	10,37	8,81
% saturacion OD	84	98	85	105	93
CO ₂ mg/L	0,6	2,6	2,6	2,6	2,1
pH	6,5	6,5	7	6,5	6,62
Conductividad μmhos/cm ²	19	22	39	10	22,5
Salinidad	0	0	0	0	0
Acidez mg/LCaCO ₃	0,4	0,5	0,4	0,6	0,47
Alcalinidad mg/LCaCO ₃	0,4	0,6	0,8	0,6	0,6
Dureza total mg/LCaCO ₃	0,15	0,3	0,1	0,15	0,17
Dureza carbonacea mg/LCaCO ₃	0,5	0,6	0,2	0,9	0,55
Nitratos mg/L	25	50	50	100	56,25
Amonio	0	0	0	0	0

ESTACION 3: ZONA LA CANTERA

Tabla 30. Datos fisicoquímicos en la estación 3 durante la temporada de muestreo.

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo	Promedio
Temperatura H ₂ O °C	19	18	17,5	19	18,37
Oxígeno disuelto mg/l	9,25	6,87	9,12	8,37	8,40
% saturacion OD	100	72	95	90	89,25
CO ₂ mg/L	2,8	2,6	2,6	2,6	2,65
pH	7	7	7	7	7
Conductividad μmohos/cm ²	40	30	30	5	26,25
Salinidad	0	0	0	0	0
Acidez mg/LCaCO ₃	0,3	0,5	0,4	0,6	0,45
Alcalinidad mg/LCaCO ₃	1	0,8	0,8	0,4	0,75
Dureza total mg/LCaCO ₃	0,2	0,2	0,1	0,25	0,18
Dureza carbonacea mg/LCaCO ₃	0,3	0,6	0,2	1,5	0,65
Nitratos mg/L	50	50	50	100	62,5
Amonio mg/L	0	0	0	0	0

ESTACION 4 BARRIO AIDA LUCIA

Tabla 31. Datos fisicoquímicos en la estación 4 durante la temporada de muestreo.

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo	Promedio
Temperatura H ₂ O °C	19	19	17	18,5	18,37
Oxígeno disuelto mg/l	5,2	6,37	8,43	9,8	7,45
% saturacion OD	55	68	89	102	78,5
CO ₂ mg/L	2,8	2,6	2,6	2,6	2,65
pH	7	7	7	7	7
Conductividad μmohos/cm ²	40	5	20	5	17,5
Salinidad	1	0	0	0	0,25
Acidez mg/LCaCO ₃	0,5	0,5	0,4	0,7	0,52
Alcalinidad mg/LCaCO ₃	0,5	0,7	0,7	0,7	0,65
Dureza total mg/LCaCO ₃	0,2	0,1	0,1	0,3	0,17
Dureza carbonacea mg/LCaCO ₃	0,2	0,6	0,2	0,7	0,42
Nitratos mg/L	50	50	50	100	62,5
Amonio mg/L	0	0	0	0	0

ESTACION 5 QUEBRADA NN

Tabla 32. Datos fisicoquímicos en la estación 5 durante la temporada de muestreo.

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo	Promedio
<i>Temperatura H₂O °C</i>	18,5	20	20	18	19,12
Oxígeno disuelto mg/l	3,72	6,57	7,81	8	6,52
% saturacion OD	40	72	89	90	72,75
CO2 mg/L	0,6	2,6	2,6	0,2	1,5
pH	6,5	7	7	7	6,87
Conductividad μmohos/cm ²	70	25	50	50	48,75
Salinidad	1	0	0,5	0	0,37
Acidez mg/LCaCO ₃	0,1	0,4	0,5	0,7	0,42
Alcalinidad mg/LCaCO ₃	0,9	0,7	0,8	0,9	0,82
Dureza total mg/LCaCO ₃	0,2	0,2	0,1	0,4	0,22
Dureza carbonacea mg/LCaCO ₃	0,6	0,6	0,5	0,8	0,62
Nitratos mg/L	50	50	50	125	68,75
Amonio mg/L	0,5	0	1	0	0,37

ESTACION 6 PUENTE AIDA LUCIA

Tabla 33. Datos fisicoquímicos en la estación 6 durante la temporada de muestreo.

Parametro	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo	Promedio
<i>Temperatura H₂O °C</i>	20	18	20	18	19
Oxígeno disuelto mg/l	4,2	7,7	8	8,6	7,12
% saturacion OD	45	82	90	92	77,25
CO2 mg/L	0,4	2,6	2,6	2,6	2,05
pH	7	7	7	7	7
Conductividad μmohos/cm ²	15	20	15	10	15
Salinidad	0	0	0	0	0
Acidez mg/LCaCO ₃	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5
Alcalinidad mg/LCaCO ₃	0,5	0,7	0,7	0,8	0,67
Dureza total mg/LCaCO ₃	0,1	0,1	0,1	0,5	0,2
Dureza carbonacea mg/LCaCO ₃	0,4	0,6	0,4	0,9	0,57
Nitratos mg/L	50	50	50	100	62,5
Amonio mg/L	0	0	0	0	0

ESTACION 7 BARRIO VILLA DOCENTE

Tabla 34. Datos fisicoquímicos en la estación 7 durante la temporada de muestreo.

Parámetro	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo	Promedio
Temperatura H ₂ O °C	19	20	19	18,5	19,12
Oxígeno disuelto mg/l	7,9	9,3	8,7	8,9	8,7
% saturacion OD	83	100	90	95	92
CO ₂ mg/L	0,2	2,6	2,6	2,6	2
pH	6,5	7	7	7	6,87
Conductividad μmhos/cm ²	10	15	30	60	28,75
Salinidad	0	0	0	0	0
Acidez mg/LCaCO ₃	0,2	0,1	0,5	0,5	0,32
Alcalinidad mg/LCaCO ₃	0,1	0,8	0,8	0,5	0,55
Dureza total mg/LCaCO ₃	0,1	0,1	0,1	0,4	0,17
Dureza carbonacea mg/LCaCO ₃	0,1	0,9	0,5	0,5	0,5
Nitratos mg/L	75	50	50	100	68,75
Amonio mg/L	0	0	0	0	0

A3. VARIACIONES DE LA FISICOQUIMICA HIDRICA EN LA QUEBRADA LA CANTERA DURANTE LOS DIFERENTES MESES Y ESTACIONES.

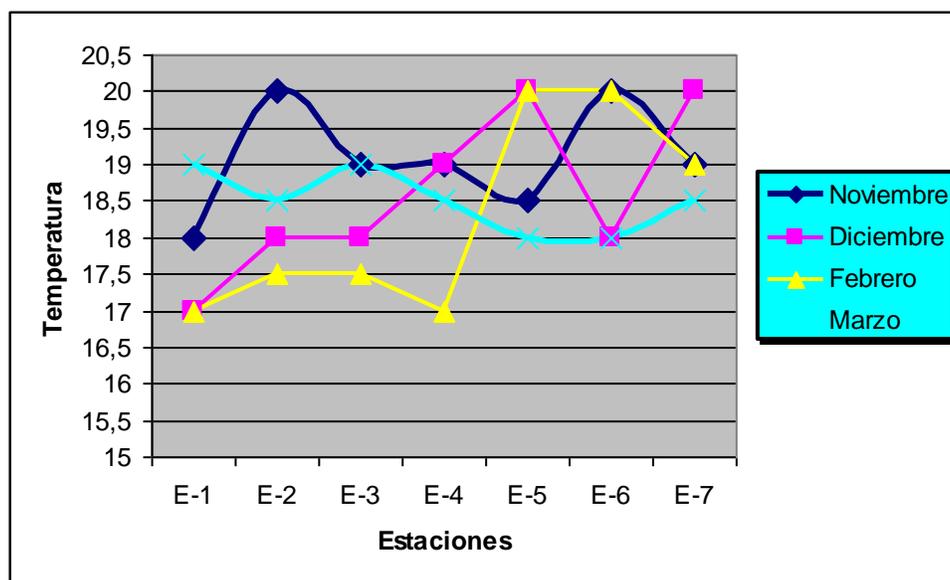


Figura 70. Variación de la temperatura entre los diferentes meses y estaciones

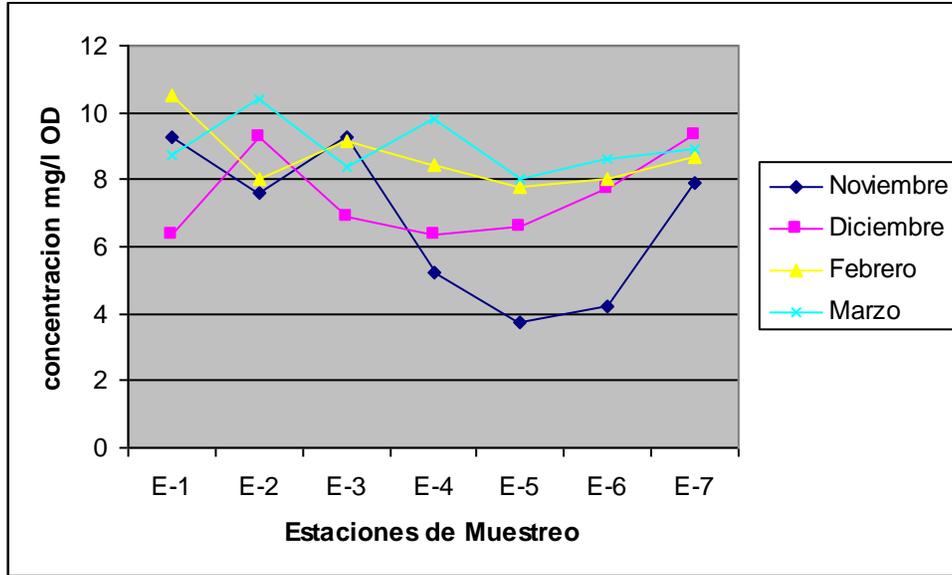


Figura 71. Variación del Oxígeno disuelto en los diferentes meses y estaciones.

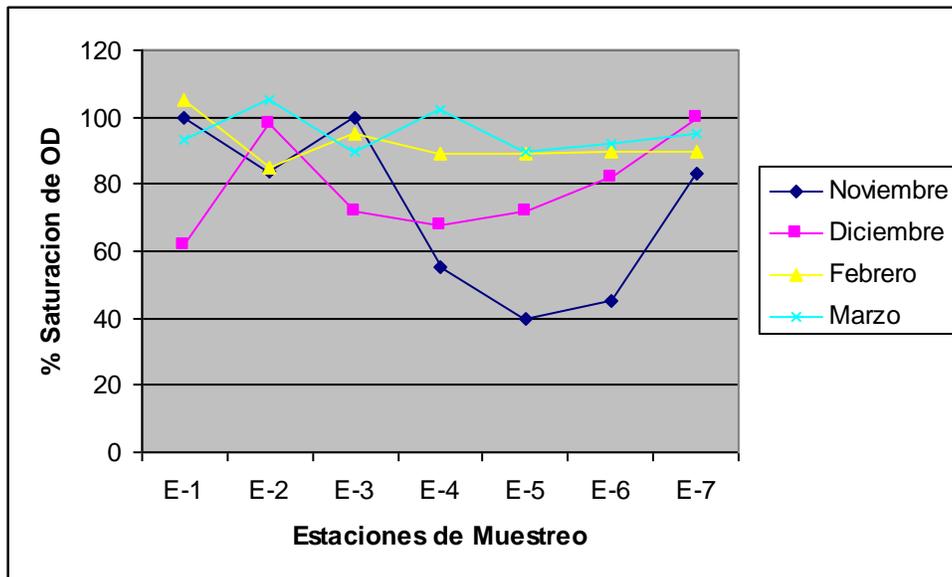


Figura 72. Variación de porcentaje de saturación de Oxígeno en los diferentes meses y estaciones.

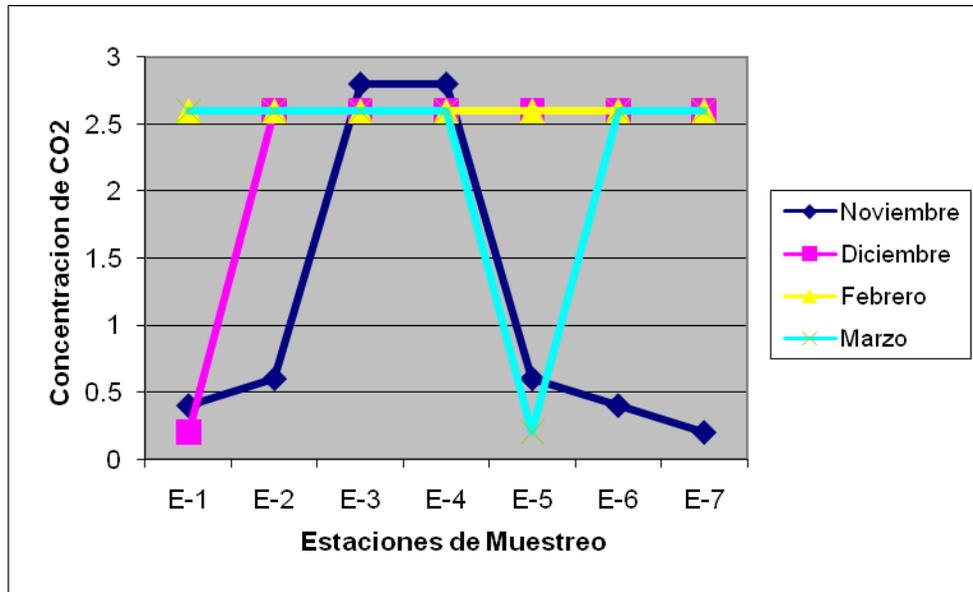


Figura 73. Variación del dióxido de carbono en los diferentes meses y estaciones

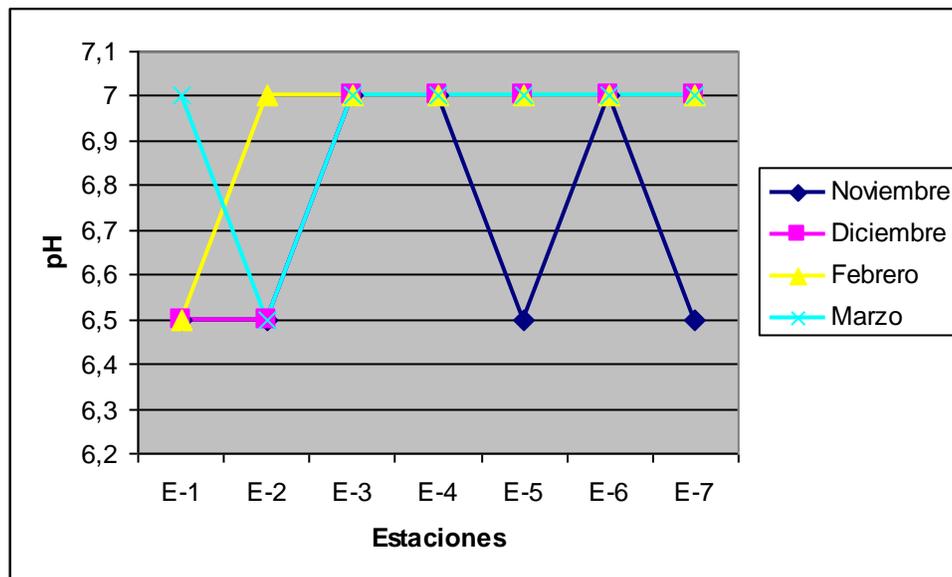


Figura 74. Variación del pH en los diferentes meses y estaciones.

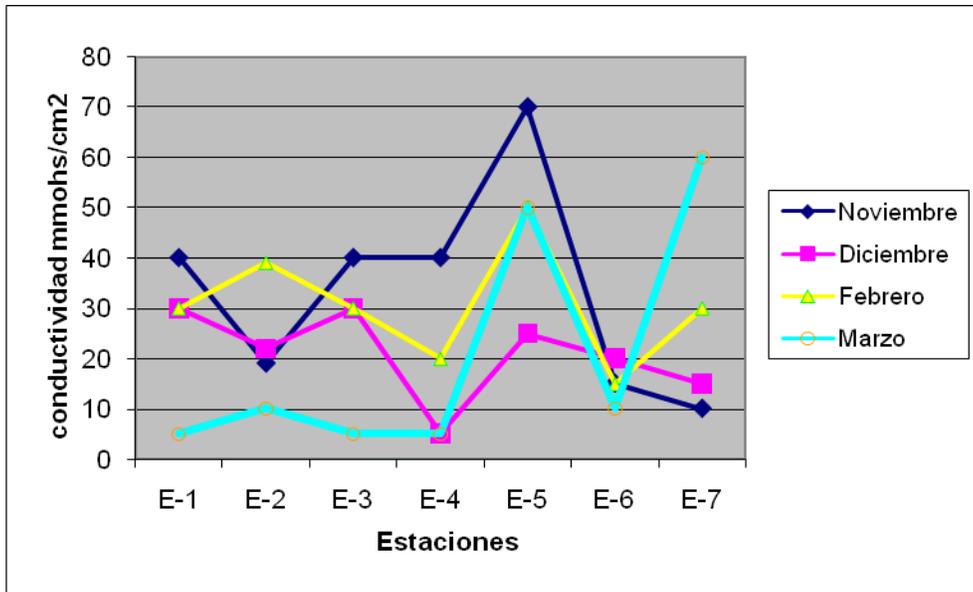


Figura 75. Variación de la conductividad en los diferentes meses y estaciones.

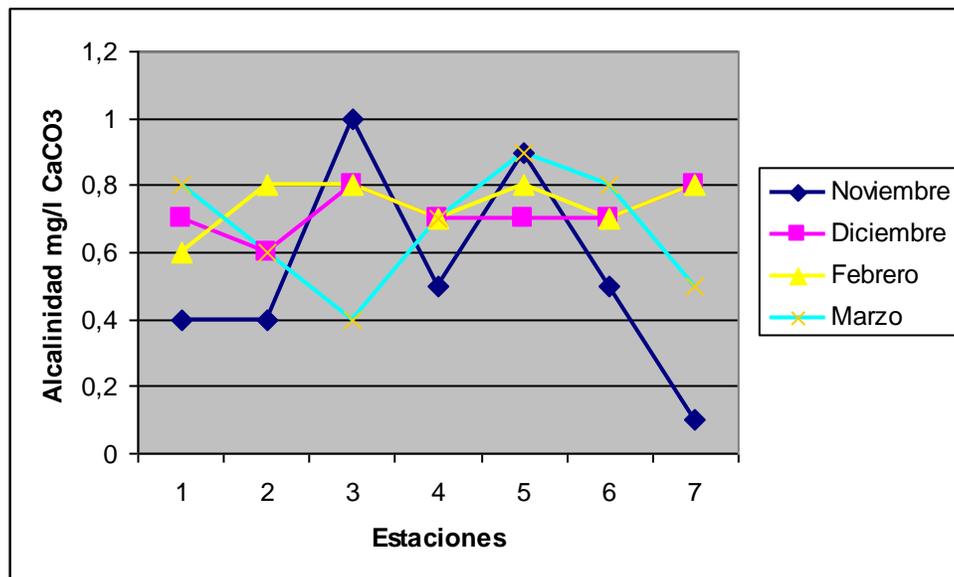


Figura 76. Variación de la alcalinidad en los diferentes meses y estaciones.

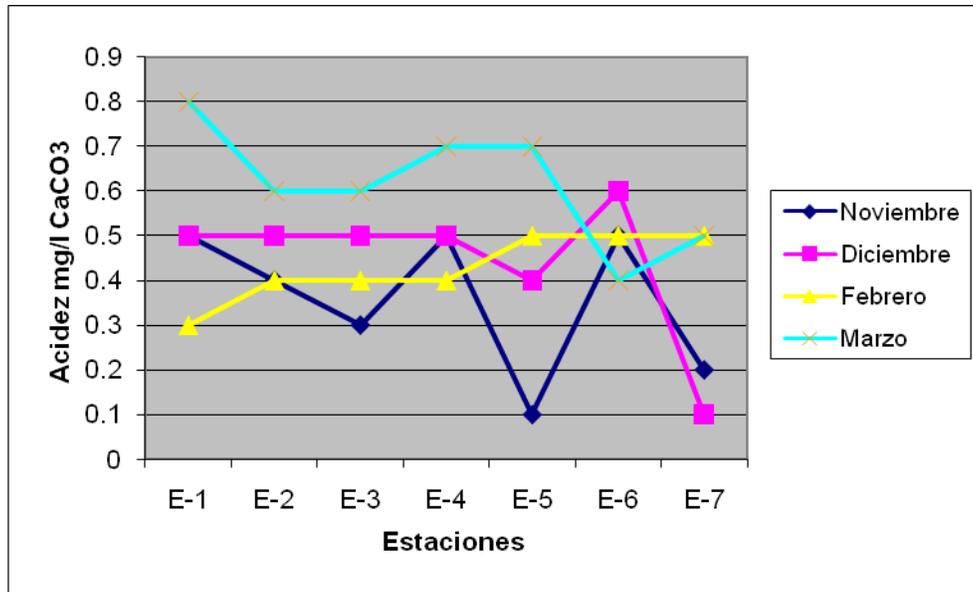


Figura 77. Variación de la Acidez en los diferentes meses y estaciones.

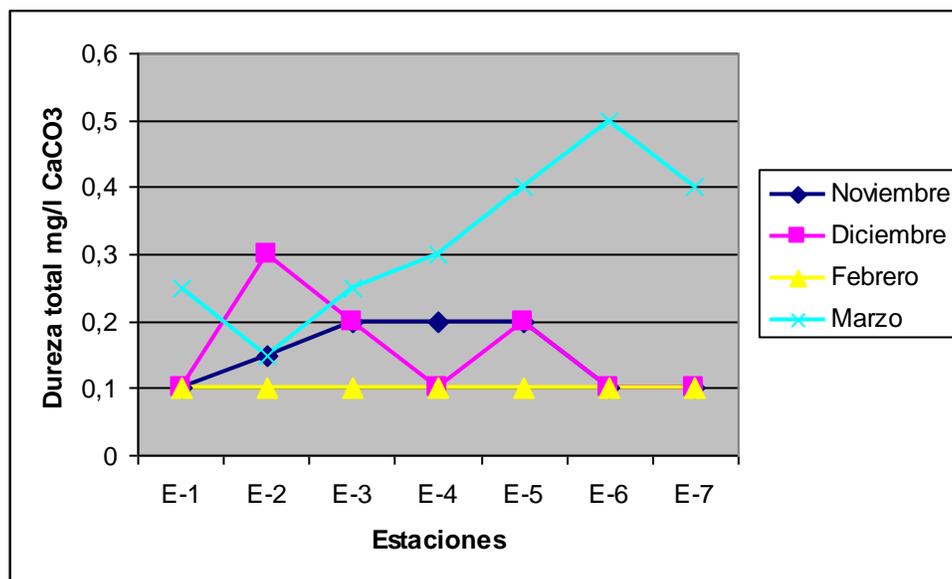


Figura 78. Variación de la Dureza total en los diferentes meses y estaciones

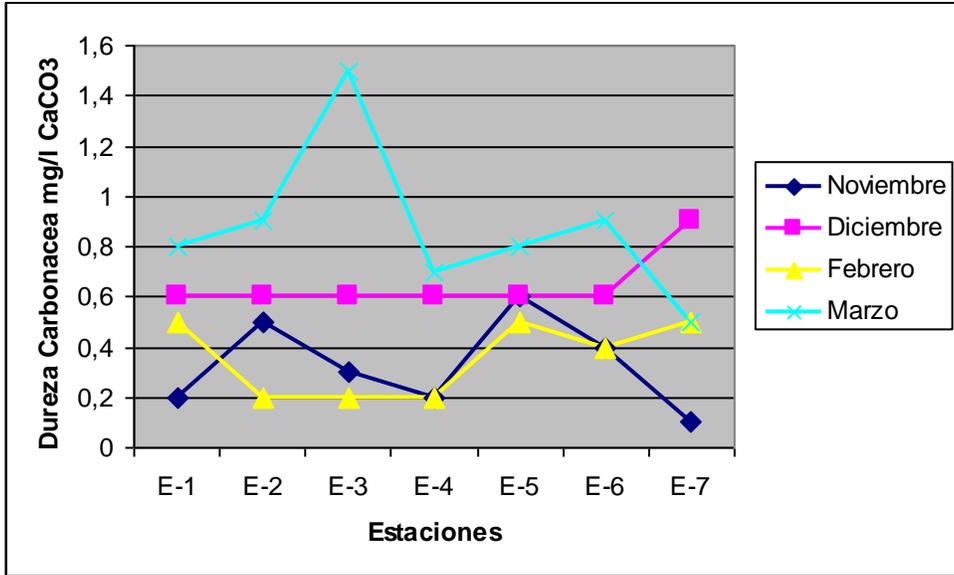


Figura 79 Variación de la Dureza carbonácea en los diferentes meses y estaciones.

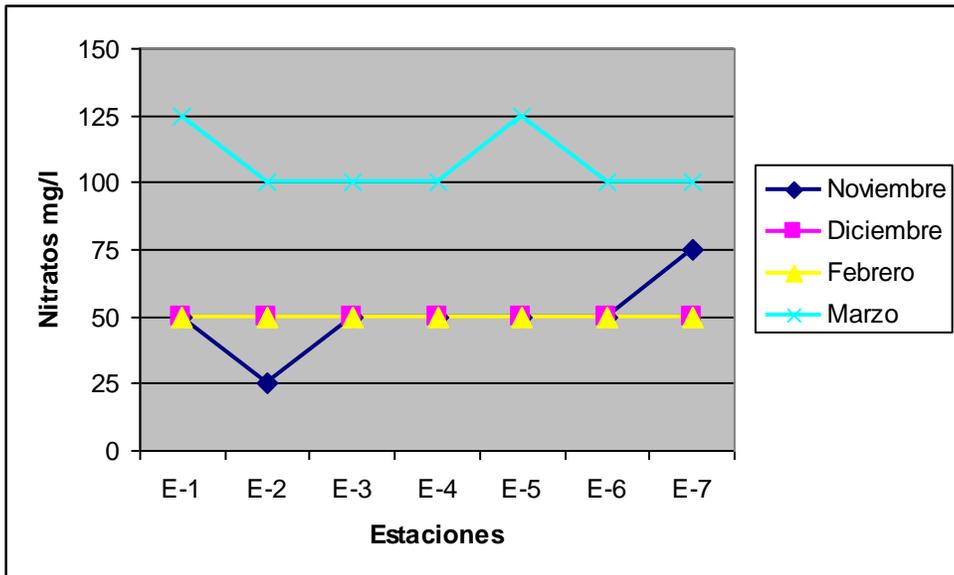


Figura 80. Variación de los Nitratos en los diferentes meses y estaciones.

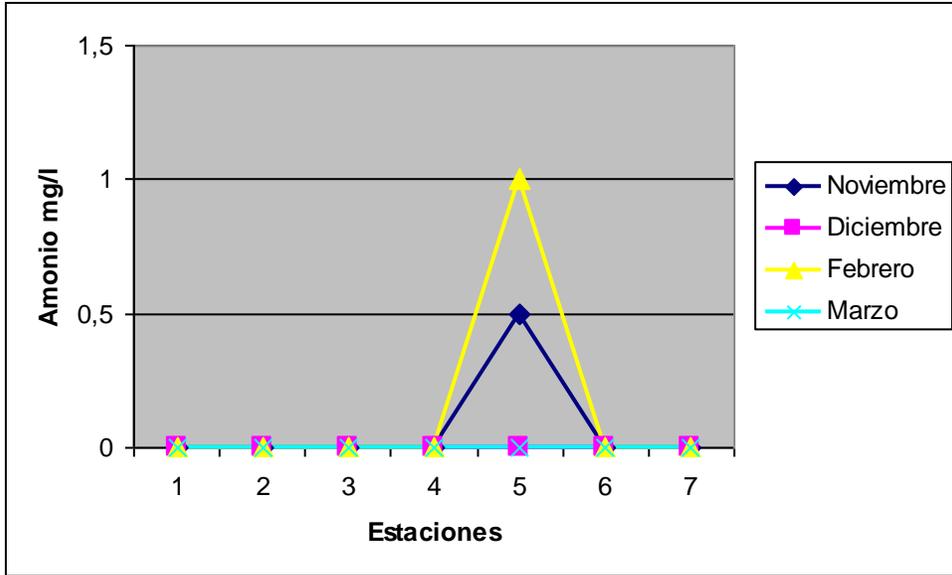


Figura 81. Variación del Amonio en los diferentes meses y estaciones.