

**EFFECTOS DE LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS EN LA CALIDAD BIOLOGICA Y FISICOQUIMICA DE
LA QUEBRADA LAVAPIES MUNICIPIO DE SIBUNDOY- PUTUMAYO**

LEIDY LORENA VILLARREAL ROBLES

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION
PROGRAMA DE BIOLOGIA
RECURSOS HIDROBIOLOGICOS
POPAYAN
2006**

**EFFECTOS DE LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS
EN LA CALIDAD BIOLOGICA Y FISICOQUIMICA DE LA QUEBRADA
LAVAPIES MUNICIPIO DE SIBUNDOY- PUTUMAYO**

LEIDY LORENA VILLARREAL ROBLES

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar por el Titulo de Bióloga

DIRECTOR

Mg. HILLDIER ZAMORA GONZALEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACION

PROGRAMA DE BIOLOGIA

RECURSOS HIDROBIOLOGICOS

POPAYAN

2006

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	11
2. JUSTIFICACION	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1 GENERAL	14
3.2 ESPECIFICOS	14
4. MARCO TEORICO	15
4.1 DECRETO 3100 DE OCTUBRE 30 DE 2003.....	15
4.2 LAS AGUAS RESIDUALES.....	16
4.3 BIOINDICADORES	16
4.4 MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS	17
4.5 INDICES PARA EL ANALISIS DE COMUNIDADES.....	17
4.5.1 INDICE DE DIVERSIDAD	17
4.5.2 ÍNDICE BMWP	18
4.6 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA	21
4.7 COLIFORMES.....	24
5. ANTECEDENTES	25
6. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	27
6.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA	27
6.2 CARACTERISTICAS BIOFISICAS	29
6.2.1 CLIMA.	29
6.3 MICROCUENCA LAVAPIES	32
6.4 SITIOS DE MUESTREO	35
7. METODOS Y METODOLOGIA.....	39
7.1 ANALISIS FISICOQUIMICO.....	41
7.2 ANALISIS MACROBIOLOGICO	42
7.3 ANALISIS MICROBIOLOGICO.....	43
8. RESULTADOS Y DISCUSION	44
8.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	44
8.2 CENSO DE VERTIMIENTOS	46
8.2.1 Análisis del Censo de Vertimientos.	47
8.3 ANALISIS FISICOQUIMICO HÍDRICO	49
8.3.2 Análisis de los resultados estadísticos de los parámetros fisicoquímicos.....	54
8.4 ANALISIS MACROBIOLOGICO	79

8.4.1 Resultados del Análisis Macrobiológico en los sitios de muestreo.	80
8.4.2 Resultados del Análisis Macrobiológico según la época de muestreo.....	91
8.4.3 Análisis de los Índices de Diversidad y BMWP.	94
8.5 ANALISIS MICROBIOLOGICO.....	99
9. CONCLUSIONES.....	103
10. RECOMENDACIONES.....	106
11. BIBLIOGRAFIA.....	108

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Agrupaciones de familias y su respectiva puntuación, de acuerdo con el carácter bioindicador, reportado en los trabajos realizados en Colombia.....	19
Tabla 2. Cantidad de detergentes vertidos a la quebrada Lavapies por los habitantes de las viviendas censadas.....	48
Tabla 3. Resultados de los parámetros fisicoquímicos hídricos, quebrada Lavapies del municipio de Sibundoy - Putumayo.....	49
Tabla 4. Resultados de la prueba ANOVA para los parámetros fisicoquímicos según los sitios de muestreo	51
Tabla 5. Prueba KRUSKAL WALLIS para parámetros a través de los sitios de muestreo.....	52
Tabla 6. Resultados de la prueba ANOVA para los parámetros fisicoquímicos según la época hidrológica de muestreo.....	52
Tabla 7. Prueba KRUSKAL WALLIS para los parámetros fisicoquímicos durante las épocas hidrológicas de muestreo.....	54
Tabla 8. Macroinvertebrados colectados a lo largo de la quebrada Lavapies y su afluente Carmelitas – Sibundoy Putumayo e índices de biodiversidad y calidad de aguas	80
Tabla 9. Macroinvertebrados colectados durante tres épocas pluviométricas en la quebrada Lavapies y su afluente Carmelitas – Sibundoy, Putumayo.....	91
Tabla 10 Índice de BMWP a través los sitios de muestreo.....	97
Tabla 11 Índice de BMWP a través las épocas de muestreo.....	98
Tabla 12 Datos microbiólogos de la quebrada Lavapies, municipio de Sibundoy – Putumayo.....	99
Tabla 13 Datos promedios del análisis microbiológico por sitios de muestreo.....	100
Tabla 14 Datos promedios del análisis microbiológico por épocas de muestreo.....	102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del área de estudio en el contexto nacional, departamental y regional.....	28
Figura 2. Comportamiento de la Precipitación, Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro Patascoy.....	29
Figura 3. Registros de Temperatura, Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro Patascoy.	30
Figura 4. Registros de brillo solar, Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro Patascoy.	31
Figura 5. Registros de humedad relativa, Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro Patascoy.....	31
Figura 6. Localización de la quebrada Lavapies en el municipio de Sibundoy (tomado de EOT).....	34
Figura 7. Quebrada Lavapies a los 2400 m.s.n.m.....	35
Figura 8. Quebrada Lavapies en zona urbana del municipio de Sibundoy	36
Figura 9. Afluente Carmelitas, 15 metros antes de unirse con la Quebrada Lavapies.....	36
Figura 10. Quebrada Lavapies – después de recibir el 100% de vertimientos de aguas residuales domésticas.....	37
Figura 11. Quinto sitio de muestreo, 20 metros antes de la desembocadura.....	38
Figura 12. Afluente Carmelitas, 15 metros antes de unirse con la Quebrada Lavapies.....	45
Figura 13. Unión de Quebrada Lavapies con la Quebrada “La Hidráulica.”.....	46
Figura 14. Cantidad de detergentes vertidos a la quebrada Lavapies por los habitantes de las viviendas censadas.....	48
Figura 15. Variación de la Temperatura en los sitios de muestreo.....	55
Figura 16. Variación de la Temperatura durante las épocas de muestreo.....	55
Figura 17. Variación de la Turbiedad en los sitios de muestreo.....	56

Figura 18. Variación de la Turbiedad durante las épocas de muestreo.....	57
Figura 19. Variación del oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación en los sitios de muestreo.....	58
Figura 20. Variación del oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación durante las épocas de muestreo.	59
Figura 21. Variación de DBO ₅ y la DQO en los sitios de muestreo.....	60
Figura 22. Variación de DBO ₅ y la DQO durante las épocas de muestreo.....	61
Figura 23. Variación de CO ₂ y pH en los sitios de muestreo.....	62
Figura 24. Variación de CO ₂ y pH durante las épocas de muestreo.....	63
Figura 25. Variación de pH, acidez total y alcalinidad total en los sitios de muestreo.....	65
Figura 26. Variación de pH, acidez total y alcalinidad total durante las épocas de muestreo.....	66
Figura 27. Variación de durezas y calcio en los sitios de muestreo.....	67
Figura. 28. Variación de durezas y calcio durante las épocas de muestreo.....	68
Figura 29. Variación de conductividad y SDT en los sitios de muestreo.....	69
Figura 30. Variación de conductividad y SDT durante las épocas de muestreo.....	70
Figura 31. Variación de NO ₃ y P en los sitios de muestreo.....	71
Figura 32. Variación de NH ₄ y NO ₂ en los sitios de muestreo.....	72
Figura 33. Variación de NO ₃ y P durante las épocas de muestreo.....	73
Figura 34. Variación de NH ₄ Y NH ₂ durante las épocas de muestreo.....	73
Figura. 35. Variación de Detergentes en los sitios de muestreo.....	76
Figura 36. Variación de los Detergentes durante las épocas de muestreo.....	76
Figura 37. Variación de Carga Orgánica en los sitios de muestreo.....	77
Figura 38. Variación de Carga Orgánica durante la época de muestreo.....	78
Figura 39. Estructura de la fauna colectada en el primer sitio de muestreo, (Sin vertimientos).....	81
Figura 40. <i>Astroblepus</i> sp.....	81
Figura 41. <i>Astroblepus</i> sp.....	81

Figura 42. <i>Leptonema</i> sp.....	82
Figura 43. <i>Smicridia</i> sp.....	82
Figura 44. <i>Cylloepus</i> sp.....	82
Figura 45. <i>Dineutes</i> sp.....	82
Figura 46. <i>Baetides</i> sp.....	83
Figura 47. <i>Aeshna</i> sp.....	83
Figura 48. <i>Anacroneuria</i> sp.....	84
Figura 49. Estructura de la fauna colectada en el segundo sitio de muestreo, (50% de vertimientos).....	84
Figura 50. <i>Chironomus</i> sp. (Larvas).....	85
Figura 51. <i>Chironomus</i> sp. (Larval avanzado).....	85
Figura 52. Estructura de la fauna colectada en el tercer sitio de muestreo, (afluente Carmelitas).....	85
Figura 53. <i>Chironomus</i> sp. (Estado Larval).....	86
Figura 54. <i>Chironomus</i> sp. (Estado Larval avanzado)	86
Figura 55. <i>Chironomus</i> sp. (Estado juvenil o subimago).....	86
Figura 56. Haplotáxidae.....	87
Figura 57. Estructura de la fauna colectada en el cuarto sitio de muestreo, (100% de vertimientos).....	87
Figura 58 <i>Chironomus</i> sp. (Estado larval).....	88
Figura 59 <i>Chironomus</i> sp. (Estado larval avanzado).....	88
Figura 60 <i>Chironomus</i> sp. (Estado juvenil o subimago).....	88
Figura 61. Haplotáxidae.....	88
Figura 62. <i>Physa</i> sp.....	89
Figura 63. Estructura de la fauna colectada en el quinto sitio de muestreo, (Desembocadura).....	90
Figura 64. Parte de la fauna colectada en el quinto sitio de muestreo.....	90
Figura 65. Estadios de reproducción de los Dípteros colectados en la época de baja Pluviosidad.....	92

Figura 66. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados colectados en la época de baja pluviosidad.....	92
Figura 67. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados colectados en la época de Transición.....	93
Figura 68. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados colectados en la época de Alta Pluviosidad	94
Figura 69. Variación del índice de diversidad de Shannon Wiener por época pluviométrica de muestreo.....	96
Figura 70. Variación promedio del análisis microbiológico por sitios de muestreo.....	101

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Registro de las viviendas censadas.	113
Anexo 2. Residuos orgánicos vertidos a la quebrada Lavapies por las familias censadas.	116
Anexo 3. Residuos inorgánicos vertidos a la quebrada Lavapies por las familias censadas.	118
Anexo 4. Análisis descriptivo de los datos fisicoquímicos según la época de muestreo. (Quebrada Lavapies – Sibundoy)	121
Anexo 5. Análisis descriptivo de los datos fisicoquímicos a través de los 5 sitios de muestreo. (Quebrada Lavapies – Sibundoy).	125

1. INTRODUCCION

El hombre en su afán por urbanizar y “mejorar” su calidad de vida, está olvidando la importancia de conservar los recursos indispensables para todo ser vivo, convirtiéndose en su principal contaminador y destructor, puesto que hace uso de ellos en forma desproporcionada hasta agotarlos significativamente hasta hacerlos inutilizables.

El primer estudio global sobre la problemática del agua que se publicó en 1998 certifica este fenómeno, pues reveló que del total de agua existente en la Tierra, el 90% es salobre, el 2 % está congelada en los polos, y sólo el 1 % es potencialmente utilizable para el consumo humano y la mayoría de este 1% se encuentra en forma impura debido al crecimiento de la población mundial, la expansión de la actividad económica, la urbanización y el agotamiento de las fuentes de suministro por sobreexplotación, contaminación, cambios climáticos o las decisiones erróneas que han provocado una dramática escasez de agua por lo que alrededor del 20 por ciento de la población mundial, no tienen acceso a fuentes seguras de agua potable (Alvares, 1995).

Otra de las causas importante de la contaminación del agua potable es el vertimiento de aguas residuales domésticas. En países en vía de desarrollo el principal problema de salud se produce por que el 95% de las aguas residuales se descargan sin ser tratadas en ríos cercanos, que a su vez suelen ser una fuente de agua potable y las personas que consumen esta agua son más propensas a contraer enfermedades infecciosas que se propagan a través de aguas contaminadas. Esta contaminación también extingue la población de peces de agua dulce, una importante fuente de alimentos, y favorece la proliferación de algas y microorganismos nocivos (Alvares, 1995).

Los cuerpos de aguas receptores de contaminantes se encuentran en diferentes niveles de alteración que se determina por medio de análisis fisicoquímico y biológico. En el primero

se tiene en cuenta parámetros como la temperatura hídrica, el oxígeno disuelto, el pH, la conductividad, entre otros, los cuales ayudan a explicar la dinámica del cuerpo de agua. (Vásquez, 1996). Para el análisis biológico se cuenta con los macroinvertebrados acuáticos utilizados como bioindicadores de calidad de aguas y con el estudio de los microorganismos, los cuales determinan la calidad sanitaria de los cuerpos de agua. Se distinguen dos grupos principales: los coliformes fecales y los totales. El análisis integrado de los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas permiten determinar el uso del agua, en actividades domésticas, industriales o de otro tipo.

Con base en lo anterior y ejecutando el proyecto propuesto, se realizó un estudio para determinar los efectos de los vertimientos de aguas residuales domésticas en la calidad biológica física y química hídrica de la quebrada Lavapies municipio de Sibundoy-Putumayo, a través del cual se verificó que el efecto de dichos vertimientos es altamente negativo, alterando las concentraciones de los parámetros físicos y químicos a lo largo del canal, por cuanto se incrementan significativamente los coliformes totales y fecales a medida que se desciende en el cauce de la quebrada. También se determinaron importantes cambios en la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados epicontinentales.

2. JUSTIFICACION

Se ha optado por realizar un estudio sobre los efectos de los vertimientos de aguas residuales domésticas en la calidad biológica y fisicoquímica de la quebrada Lavapies municipio de Sibundoy- Putumayo, por que contribuirá a conocer las características biológicas y fisicoquímicas de la quebrada, puesto que ésta no cuenta con ningún tipo de estudio con respecto a la calidad de sus aguas y por tanto no se tiene conocimiento de la magnitud del impacto que se esta generando en la zona por donde drena.

Además la evaluación de la calidad del agua de la quebrada a través del análisis fisicoquímico, de macroinvertebrados y de microorganismos, permite conocer los riesgos a los que están expuestos los habitantes aledaños a la quebrada, así como el ecosistema en general.

Lo anterior permite establecer los posibles usos de la fuente de agua y crear conciencia de un aprovechamiento controlado y sano para el ecosistema y sus habitantes. Finalmente, también permite implantar acciones por parte de las entidades interesadas en mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio de Sibundoy, pues al conocer las fuentes y los niveles de alteración de las aguas de la quebrada, podrán discutir y tomar decisiones sobre la mejor manera de disminuir el efecto negativo que causa ésta en el municipio, mejorando así el aspecto paisajístico y la relación hombre – ecosistema.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Realizar un análisis de las características físicoquímicas, macro y microbiológicas de la quebrada Lavapies, para determinar el impacto que causan los vertimientos de aguas residuales en la calidad de sus aguas.

3.2 ESPECIFICOS

- Determinar el efecto de los vertimientos de aguas residuales sobre la comunidad de macroinvertebrados utilizando estos como bioindicadores de la calidad biológica del agua.
- Determinar a través de un análisis físicoquímico hídrico, la dinámica del cuerpo de agua en estudio.
- Determinar las características microbiológicas de la quebrada con especial énfasis en los coliformes fecales y totales.
- Realizar un censo de vertimientos que permita establecer: ubicación y tipo de fuentes de contaminación que se vierten en la quebrada Lavapies.

4. MARCO TEORICO

4.1 DECRETO 3100 DE OCTUBRE 30 DE 2003 POR EL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.

Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

CAPITULO I

Objeto y contenido

Artículo 1°. Objeto. El presente decreto tiene por objeto reglamentar las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de vertimientos puntuales.

Artículo 2°. Contenido. El presente decreto contempla lo relacionado con el establecimiento de la tarifa mínima y su ajuste regional; define los sujetos pasivos de la tasa, los mecanismos de recaudo, fiscalización y control, y el procedimiento de reclamación.

Artículo 3°. Priorización de Cuencas. Las Autoridades Ambientales Competentes cobrarán la tasa retributiva por vertimientos puntuales en aquellas cuencas que se identifiquen como prioritarias por sus condiciones de calidad, de acuerdo con los Planes de Ordenamiento del Recurso establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o en aquellas normas que lo modifiquen o sustituyan.

Para el primer quinquenio de cobro, en ausencia de los Planes de Ordenamiento del Recurso, las Autoridades Ambientales Competentes podrán utilizar las evaluaciones de calidad del recurso disponibles, con base en las cuales realizarán dicha priorización.

4.2 LAS AGUAS RESIDUALES

Se denominan aguas residuales o servidas, a las aguas que han sido utilizadas en las viviendas, en la industria y en la agricultura. Las labores domésticas contaminan el agua, sobre todo, con residuos fecales y detergentes. Los trabajos agrícolas y ganaderos pueden producir una contaminación muy grave de las aguas de los ríos y los acuíferos, debida sobre todo a los vertidos de aguas cargadas de residuos orgánicos, procedentes de las labores de transformación de productos vegetales, o de los excrementos de los animales (purines principalmente).

Estas aguas residuales producidas en la vida diaria deben ser transportadas y tratadas adecuadamente. Se necesita una infraestructura compuesta de alcantarillas, colectores, y/o de unas instalaciones denominadas Estaciones de Regeneración de Aguas Residuales (ERAR) que, en un conjunto, posibiliten la devolución del agua al medio ambiente en condiciones compatibles con él. (http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_servidas).

4.3 BIOINDICADORES

Un bioindicador es toda entidad biológica (especie, población, comunidad etc.) que refleja fielmente el medio en el que crece y se desarrolla. De acuerdo con Pinilla (1998), los bioindicadores pueden ser utilizados para:

- Advertir señales tempranas de algún problema ambiental
- Identificar causa y efecto entre tensesores y respuestas biológicas
- Evaluar las respuestas integradas de los organismos al estrés ambiental, y
- Evaluar la efectividad de las acciones remediales sobre la salud del ecosistema.

4.4 MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS

El término macroinvertebrado acuático incluye a aquellos animales invertebrados que tiene un tamaño relativamente grande, superior a 0.5 mm de longitud. La gran mayoría de los mismos (alrededor del 80 %) corresponden a los artrópodos, dentro de estos los insectos, y en especial sus formas larvianas son los más abundantes; siguiendo en orden de importancia los moluscos y los anélidos (Zamora, 2001).

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados bentónicos han recibido una gran atención en los estudios de los ecosistemas de aguas corrientes, principalmente por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores (peces), por ser transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, etc.) principal entrada de energía a los sistemas fluviales, y también son destacados por su actual utilidad como indicadores biológicos (Zamora, 2001).

Lo anterior se debe a que ofrecen numerosas ventajas tales como: (1) encontrarse en todos los sistemas acuáticos, por lo que favorecen los estudios comparativos, (2) su naturaleza sedentaria, que permite un efectivo análisis espacial de los efectos de las perturbaciones, (3) presenta ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, los que pueden ser realizados con equipos simples y baratos; (4) la taxonomía de muchos grupos está bien estudiada y (5) existen numerosos métodos para el análisis de datos, incluyendo índices bióticos y de diversidad, los cuales han sido utilizados ampliamente en biomonitoreos a nivel comunitario y de respuestas individuales. (Zamora, 2001).

4.5 INDICES PARA EL ANALISIS DE COMUNIDADES

4.5.1 INDICE DE DIVERSIDAD

En el sentido ecológico más estricto, la diversidad es una medida de la heterogeneidad del sistema, es decir, de la cantidad y proporción de las diferentes especies que contiene.

Además del significado que en sí misma tiene la diversidad, es también un parámetro muy útil en el estudio, descripción y comparación de las comunidades ecológicas. Dado que la diversidad en una comunidad es una expresión del reparto de recursos y energía, su estudio es una de las aproximaciones más útiles en el análisis comparado de las comunidades, o incluso de regiones naturales (Ramírez, 1999).

- **Índice de Shannon-Wiener:** toma en cuenta dos aspectos de la diversidad, la riqueza de las especies y la uniformidad de la distribución del número de individuos de cada especie.

$$H' = -\sum_{i=1}^s n_i/N \text{ Log } (n_i/N) \text{ donde:}$$

n_i = # de individuos de la especie.

N = # total de individuos de todas las especies. (en Ramírez, 1999).

4.5.2 ÍNDICE BMWP

El BMWP ó Biological Monitoring Working Party Score System o Sistema para la Determinación del Índice de Monitoreo Biológico, interpretado por Armitage y colaborador en 1983, en Gran Bretaña al amparo del “National Water Council”, consiste en la ordenación de los macroinvertebrados acuáticos al nivel taxonómico de familia en diez grupos, según una escala de mayor a menor tolerancia a las alteraciones de las condiciones normales naturales de los cuerpos de agua, asignando valores entre uno y diez puntos respectivamente, correspondiendo el valor 1 a familias que viven en aguas muy contaminadas y el valor 10 a familias que no toleran la contaminación (Zamora, 2005). La suma de los valores obtenidos para cada familia en un punto de muestreo dará el grado de contaminación del mismo. Cuanto mayor sea la suma, menor es la contaminación del punto estudiado (Zamora, 2005).

Las clases son:

Clase	Rango	Calidad	Características	Color Cartográfico
I	≥121	Muy Buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
II	101 - 120	Buena	Aguas limpias	Azul claro
III	61 - 100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde
IV	36 - 60	Dudosa	Aguas Contaminadas	Amarillo
V	16 - 35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	≤ 15	Muy crítica	Aguas Fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Zamora (2005)

Tabla 1. Agrupaciones de familias y su respectiva puntuación, de acuerdo con el carácter bioindicador, reportado en los trabajos realizados en Colombia.

Ordenes	Familias	Puntaje
Plecoptera	Perlidae	10
Ephemeroptera	Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtarcyidae.	
Trichoptera	Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae.	
Coleoptera	Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae.	
Odonata	Polythoridae.	
Diptera	Blepharoceridae.	
Unionoida	Unionidae. (Cl: Bivalvia o Pelecypoda) Lymnessiidae. (Cl: Arachnoidae o Hidracarina).	
<i>Acari</i>		
Hidroida	Hidridae. (Cl: Hydrozoa)	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae, Efemeridae.	
Tricoptera	Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae.	
Coleoptera	Gyrinidae. Scirtidae.	
Odonata	Gomphidae, Megapodagrionidae, Coenagrionidae..	
Diptera	Simullidae.	

Continuación de la Tabla 1.

Ordenes	Familias	Puntaje
Gordioidae	Gordiidae, Chordodidae. (Cl: Nematomorpha)	
Lepidoptera	Pyralidae	
Mesogastropoda	Ampullariidae. (Cl: Gastrópoda).	9
Hirudiniformes	Hirudinae. (Cl: Hirudinea)	
Ephemeroptera	Baetidae, Caenidae,	
Trichoptera	Hidropsychidae, Leptoceridae, Helicopsychidae.	
Coleoptera	Dytiscidae, Dryopidae.	
Odonata	Lestidae, Calopterygidae.	8
Hemiptera	Pleidae. Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae	
Diptera	Dixidae.	
Decápoda	Palaemonidae, Pseudothelphusidae. (Cl Crustácea)	
Basommatophora	Chilinnidae. (Cl: Gastrópoda)	
Ephemeroptera	Tricorythidae, Leptohiphidae.	
Trichoptera	Polycentropodidae.	
Coleoptera	Elmidae, Staphylinidae	
Odonata	Aeshnidae.	
Hemiptera	Naucoridae, Notonectidae, Mesolveiidae, Corixidae.	7
Diptera	Psychodidae	
Basommatophora	Ancylidae, Planorbidae. (Cl: Gastrópoda)	
Mesogastropoda	Melaniidae, Hydrobiidae, (Cl: Gastrópoda)	
Archeogastrópoda	Neritidae. .. (Cl: Gastrópoda)+	
Coleoptera	Limnichidae, Lutrochidae.	
Odonata	Libellulidae,	
Hemiptera	Belostomatidae, Hydrometridae, Gelastocoridae, Nepidae,	
Diptera	Dolichopodidae.	
Megalóptera	Corydalidae, Sialidae..	6
Decapoda	Atyidae. . (Cl Crustácea)	
Anphipoda	Hyaellidae. . (Cl Crustácea)	
Tricladida	Planariidae, Dugesiidae..	
Coleóptera	Chrysomelidae, Haliplidae, Curculiónidae.	
Díptera	Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae.	5
Basommatophora	Thiaridae. (Cl: Gastrópoda)	
Coleóptera	Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae, Noteridae.	
Díptera	Tipulidae, Ceratopogonidae.	4
Basommatophora	Limnaeidae, Sphaeridae.. (Cl: Gastrópoda).	
Díptera	Culícidae, Muscidae, Sciomizidae.	
Basommatophora	Physidae. (Cl: Gastrópoda).	3
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Cyclicobdellidae	
Diptera	Chironomidae, Ephydriidae, Syrphidae.	2
Heplotaxida	Todas las familias (Excepto tubifex)	
Haplotaxida	Tubificidae (Tubifex)	1

Fuente: Zamora (2005).

4.6 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA

➤ **Temperatura:** Efecto que se deriva de la penetración lumínica y por consiguiente de la cantidad calórica que es absorbida por el cuerpo de aguas naturales (Vásquez, 2001). Sin embargo la temperatura hídrica también puede variar por vertimientos de actividades antrópicas.

La temperatura incide en características físicas como: densidad del agua, solubilidad de gases, reacciones químicas y procesos biológicos como: niveles trofodinámicos de la biota acuática, tasa metabólicas, conversiones alimenticias, procesos de maduración gonádica, distribución de las poblaciones, procesos de degradación de materia orgánica (Roldán, 1992).

➤ **Oxígeno Disuelto:** Se mide en mg/L, es uno de los gases mas importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos. Las fuentes principales de oxígeno en el medio acuático son: El intercambio con el medio atmosférico, y el proceso bioenergético de la fotosíntesis generado por el fitoplancton y las macrófitas acuáticas (Vásquez, 2001).

➤ **Gas Carbónico:** Se origina por la descomposición de la materia orgánica, por la respiración de los animales y 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 como en el sustrato (Vásquez, 2001).

➤ **pH:** Es el potencial de hidrogeniones que indica la concentración de estos iones en el agua. En aguas naturales los valores de pH varían en función de: estado trófico del sistema, concentración de gas carbónico, presencia de iones que determinan la alcalinidad (HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$, $\text{SO}_4^{=}$, $\text{PO}_4^{=}$); la acidez mineral, factores edáficos, presencia de ácidos orgánicos (ácidos húmicos); columna de agua (Roldán, 1992).

➤ **Conductividad:** En aguas naturales sirve para medir la cantidad de iones; y por lo tanto, se correlaciona con los sólidos disueltos y con la salinidad. Mediante la conductividad se puede tener una idea aproximada a la realidad, acerca del funcionamiento de un ecosistema acuático: actividad iónica; diversidad biótica (relación inversa); procesos de osmoregulación y balance hídrico; productividad natural primaria – procesos de descomposición de materia orgánica (estado trófico); naturaleza geoquímica del sustrato; origen de un proceso de alteración (contaminación – polución), entre otros (Vásquez, 2001).

➤ **Sólidos disueltos totales:** Es la concentración total de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales. Su importancia radica en poder determinar las condiciones edáficas, la salinidad y los niveles de productividad natural del cuerpo de agua ecosistema, puesto que incide en la turbiedad de la columna de agua, en la penetración lumínica y procesos bioenergéticos (fotosíntesis) (Roldán, 1992).

Las aguas oligotróficas presentan valores bajos (entre 10 y 25 mg/L), mientras que aguas de naturaleza trófica tienden a aumentar considerablemente estos valores (entre 50 – 200 mg/L) (Roldan, 1992).

➤ **Salinidad:** Se define como la concentración total de los componentes iónicos tales como carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, y nitratos (aniones); estos se encuentran en combinación con cationes tales como calcio, sodio, potasio, hierro y magnesio, formando sales ionizables. La presencia de estos iones en el agua está asociada a la naturaleza geoquímica del terreno (Roldán, 1992).

➤ **Dureza:** Es la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua. Existen varias clasificaciones de acuerdo con los valores de dureza entre ellas la de Sawyer y McCarty (1967; citado por Vásquez, 2001).

- Poco productivas: valores menos de 10 mg CaCO₃/L,
- Medianamente productivas: valores entre 10 y 25 mg CaCO₃/L, y
- Muy productivas: valores superiores a lo 25 mg CaCO₃/L.

- **Turbiedad:** Es causada por partículas suspendidas que interfieren con el paso de la luz a través del agua. Estas partículas difieren de tamaño y van desde tamaño coloidal hasta granulares (Roldán, 1992).

- **Fósforo y Nitrógeno:** Son nutrientes limitantes que se constituyen como los dos elementos mas importantes en los ecosistemas acuáticos. En medios oligotróficos sus concentraciones son relativamente bajas, por el contrario en medio eutroficados las concentraciones alcanzan varios miligramos por litro. Puede ser uno de los factores más limitantes en la productividad primaria. El fósforo proviene de la disolución de las rocas fosfatadas y por la mineralización de la materia orgánica, que retorna el medio el fósforo inorgánico a través de los procesos de descomposición microbiana. El nitrógeno tiene como fuente principal el nitrógeno atmosférico además regresa al medio a través de la descomposición de materia orgánica (Roldán, 1992).

- **Demanda Bioquímica de oxígeno:** Se define como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias para estabilizar la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. El ensayo de DBO₅ es ampliamente utilizado para medir el grado de contaminación de la corriente de agua, así como para determinar la cantidad de oxígeno requerida para oxidar y estabilizar las aguas residuales por medio de tratamiento biológico (Roldán, 1992).

- **Demanda Química de oxígeno:** Corresponde a la cantidad de oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica en una muestra, la cual es susceptible de oxidación con un oxidante químico fuerte, especialmente el dicromato de potasio. En las aguas naturales, la DBO₅ disminuye más rápidamente que la DQO, lo que implica que la oxidación enzimática desnaturaliza rápidamente los compuestos biológicos presentes (Roldán, 1992).

4.7 COLIFORMES

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (DEIA, 2005)

- **Coliformes fecales:** Con este término se designan principalmente a los géneros de bacterias *Escherichia* sp. y *Klebsiella* sp. Estas bacterias son indicadoras por excelencia de contaminación fecal del agua por heces de origen humano principalmente.

- **Coliformes totales:** Al utilizar este término, los microbiólogos se refieren en forma general a la familia de bacterias de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*. La mayoría de estos organismos se encuentran en vida libre es decir en el medio ambiente y materia en descomposición, excepto el género *Escherichia* que vive solo en organismos como el hombre y animales de sangre caliente (DEIA, 2005). Los coliformes totales y fecales tienen una significancia diferente según el uso de las aguas.

5. ANTECEDENTES

El municipio de Sibundoy al igual que todo su Valle, por sus condiciones naturales de topografía y régimen de precipitación, se ubica entre las ecorregiones más privilegiadas a nivel nacional, por la disponibilidad de recursos hídricos tanto para consumo humano, como para diversas actividades económicas. Sin embargo, la posibilidad de una utilización óptima y eficiente depende de su buen uso.

Las últimas cifras a nivel nacional que tienen que ver con el grado de deterioro de las cuencas por vertimientos de aguas residuales, procesos erosivos, prácticas agropecuarias inadecuadas en suelos de ladera, reducción del bosque, trazado de carretables, permite afirmar que más del cincuenta por ciento (50%) de las cuencas hidrográficas sufren problemas de deterioro y alteración (CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA, 2002).

La carencia de una adecuada planificación y la falta de participación comunitaria, han generado estos impactos en los recursos existentes dentro de algunas de las microcuencas, para lo cual es necesario introducir elementos de análisis, que permitirá realizar un manejo integral y la toma de decisiones en forma participativa

En la actualidad no se cuenta con ningún tipo de estudio en las microcuencas del municipio, pero se puede citar estudios realizados en otros sitios de Colombia, que sirven como fuente de información para hacer un buen análisis de las microcuencas como la Lavapies, siendo una de las más afectadas. Entre ellos cabe mencionar:

Fernández y Castro (1996) determinaron los niveles de alteración del río Blanco (Altiplano de Popayán) con base en sus características y comunidades bénticas. Concluyeron que el río Blanco presenta alteración en la zona media de muestreo, como consecuencia de procesos

de degradación orgánica e incidencia antrópica. No se encuentra contaminación por desechos humanos directos en la cabecera, ni en la parte baja del río. En estos sectores se determinaron factores de alteración en menor escala generados por la utilización de estas zonas para el pastoreo y el lavado del fique.

Arias y Calvache (2000) determinaron mediante variables bióticas, abióticas y antrópicas el estado ambiental en el que se encuentra el río Molino en la zona urbana en el municipio de Popayán, concluyendo que el vertimiento de aguas residuales y la invasión de riberas son las actividades antrópicas que mayor número de impactos está generando sobre el área de estudio, como también son las que con mayor frecuencia se presentan a lo largo del río; por tanto, la mala calidad ambiental del área de estudio se debe en su mayor parte a estos dos factores.

Pérez (2002), evaluó la contaminación de la quebrada Abejonales, generada por los vertimientos de las microempresas de almidón de yuca en la vereda Mandivá de Santander de Quilichao – Valle del Cauca, encontrando que la quebrada se encuentra poco intervenida en su primer tramo, pues presenta características propias de aguas oligotróficas con corriente que permite una mayor oxigenación. Aguas abajo se presentaron diferencias significativas con respecto a la parte alta, debido a que se vierten las aguas residuales del almidón y la cascarilla de yuca. Pudiéndose afirmar que el área de influencia se ve afectada por las microempresas de almidón de yuca.

Martínez (2005) caracterizó el nivel de alteración de la quebrada Quitacalzón, municipio de Popayán – Cauca, causado por el vertimiento de aguas residuales no depuradas, concluyendo que el vertimiento de aguas residuales ha afectado de manera considerable la calidad fisicoquímica del agua provocando la desaparición de organismos de aguas oligotróficas, disminuyendo la diversidad y riqueza de la fauna béntica, principalmente en la estación San Bernardino ubicada en la zona rural, en este sector la quebrada recibe la mayor descarga de aguas residuales.

6. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

6.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

La quebrada Lavapies se encuentra ubicada en:

País: Colombia

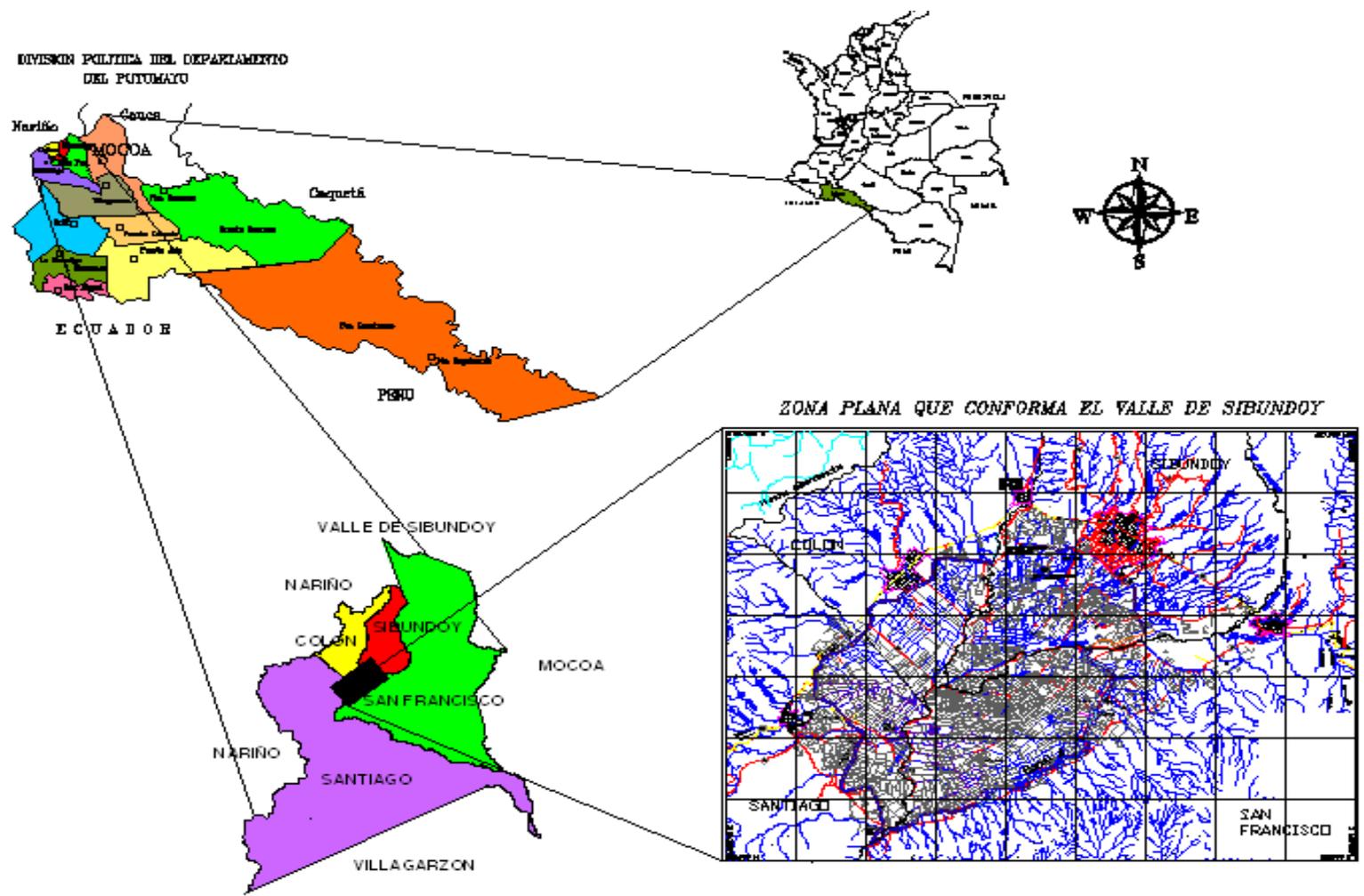
Departamento: Putumayo

Zona geográfica: Valle de Sibundoy

Municipio: Sibundoy

El Valle de Sibundoy está definido dentro de las siguientes coordenadas: 1°12'12'' de latitud norte y 76°51'15'' de longitud al oeste de Greenwich (Figura 1), y hace parte de la cuenca del río Putumayo. La zona cubre un área aproximada de 151.932 km² en donde se encuentran localizadas las poblaciones de Santiago, Colón, Sibundoy y San Francisco. La principal red hidrográfica la conforman los ríos Tamauca, Quinchoa, San Pedro y San Francisco y Putumayo.

Figura 1. Localización del área de estudio en el contexto nacional, departamental y regional



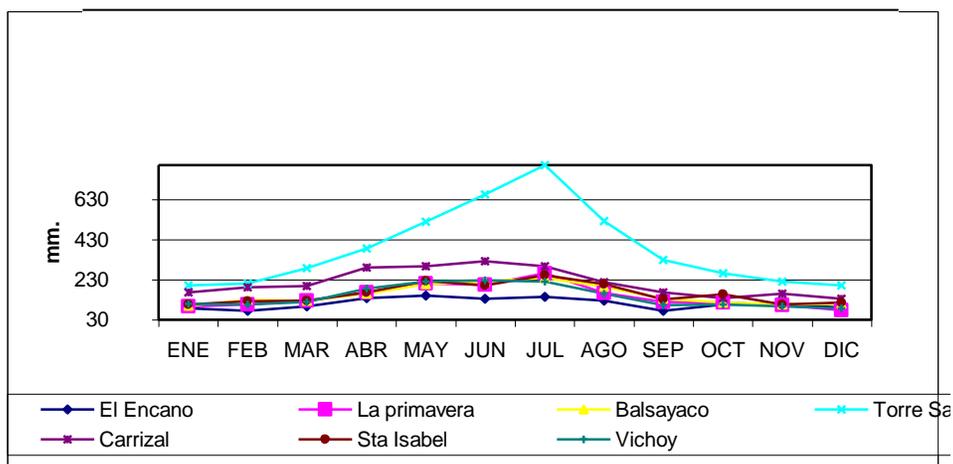
6.2 CARACTERISTICAS BIOFISICAS

6.2.1 CLIMA. Según el estudio de Plan de Manejo Ambiental del Corredor Bordoncillo – Patascoy elaborado por CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA (2002), se establecieron los siguientes datos para el Valle de Sibundoy: (Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Sibundoy, elaborado por ARD y Fundación Cultural del Putumayo, 2002).

➤ **Precipitación:** El régimen de distribución de las lluvias para el Valle de Sibundoy, presenta un comportamiento unimodal biestacional, con una época de intensas lluvias que empieza desde el mes de abril hasta agosto y una época de pocas lluvias en los meses de octubre a marzo (Fig. 2).

En el Valle de Sibundoy, se presenta una precipitación promedio de 1.715mm., en la estación Sibundoy con 1586.50mm., aumentando hacia la parte alta del municipio de San Francisco en el Alto Putumayo, con una precipitación promedio multianual de 4750mm.

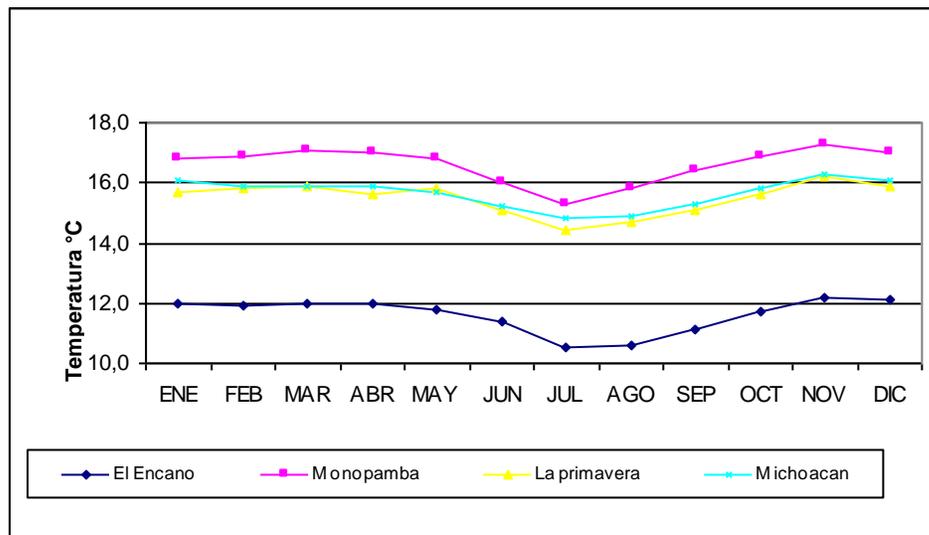
Figura 2. Comportamiento de la Precipitación, Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro Patascoy.



Fuente: IDEAM y Plan de Manejo Corredor Andino-Amazónico Páramo Bordoncillo-Cerro Patascoy 2002

➤ **Temperatura:** La zona presenta temperaturas que oscilan entre los 14 y 17 °C, el promedio mensual anual es de 15.98 °C, el mayor valor es 16.5 °C en los meses de noviembre a enero y el menor valor 10.4°C siendo las temperaturas más bajas en los meses de julio y agosto (Fig. 3).

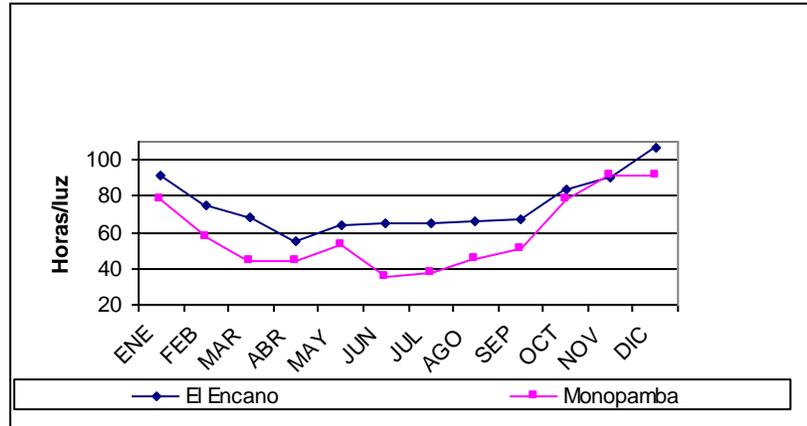
Figura 3. Registros de temperatura, Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro Patascoy.



Fuente: IDEAM y Plan de Manejo Corredor Andino-Amazónico Páramo Bordoncillo-Cerro Patascoy 2002.

➤ **Brillo Solar:** El brillo solar varía entre 500 y 700 h/año, con un valor anual de 669.9 h/año, con promedio mensual de 55.83 h/mes; el período de mayor expresión se presenta en el mes de enero 81.52 h/año, coincidiendo con la época de verano o de pocas lluvias y el menor registro en el mes de abril con 35.01 h/mes, en la época de intensas lluvias (Fig. 4).

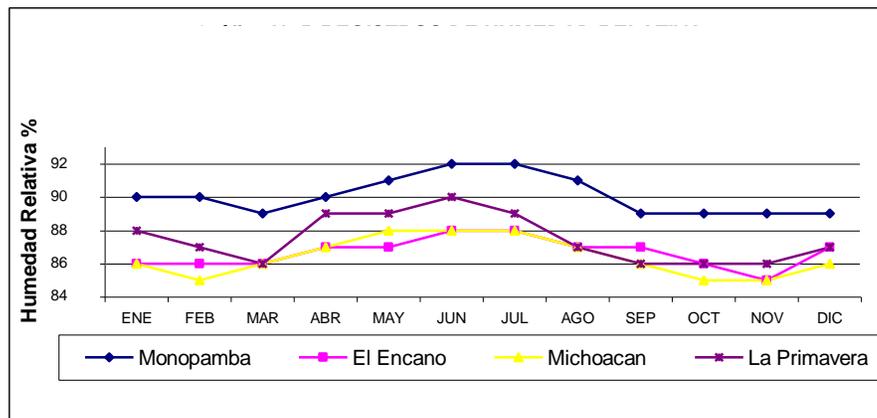
Figura 4. Registros de brillo solar, Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro Patascoy.



Fuente: IDEAM y Plan de Manejo Corredor Andino-Amazónico Páramo Bordoncillo-Cerro Patascoy 2002

➤ **Humedad relativa:** El promedio mensual multianual es de 81%, el mayor valor 89.9% en los meses abril, mayo y junio; y el menor valor se presenta en enero con 75.7%, entre los meses de agosto y febrero.

Figura 5. Registros de humedad relativa, Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro Patascoy.



Fuente: IDEAM y Plan de Manejo Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo - Cerro Patascoy

6.2.2 GEOLOGIA. La geología del Valle de Sibundoy se encuentra constituida por rocas intrusivas y metamórficas del Precámbrico, las cuales han sufrido intensas deformaciones y plegamientos a gran escala dando origen a fuertes cambios topográficos. Estas rocas se encuentran en contacto discordante con rocas volcánicas (extrusivas) y sedimentarias del Mesozoico; suprayaciendo estas rocas del Mesozoico se encuentran rocas más recientes pertenecientes al Terciario y Cuaternario, provenientes de los diferentes focos que bordean la parte plana del Valle de Sibundoy y depósitos aluvio - coliviales que forman terrazas en ríos y quebradas; entre los Cerros que bordean al Valle de Sibundoy están: Doña Juana, Cascabel, Portachuelo y los Volcanes Bordoncillo y Patascoy entre otros; éstos focos se encuentran ubicados en forma lineal a lo largo de las principales zonas de falla tanto local como regional. Además el Cuaternario se caracteriza por la presencia de glaciaciones, las cuales acabaron de moldear las formas externas y rellenar los valles con depósitos denudados de los focos nombrados anteriormente (Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Sibundoy, elaborado por ARD y Fundación Cultural del Putumayo, 2002).

6.3 MICROCUENCA LAVAPIES

La quebrada Lavapies nace al noroccidente del municipio de Sibundoy, limita en la parte noroccidental con la microcuenca El Cedro y en la parte oriental con la microcuenca La Hidráulica (Figura 6). Su cuenca está fuertemente afectada por fenómenos de remoción en masa y erosión. A lo largo de la cuenca se presentan agrietamientos en el terreno, reptación, deslizamientos traslacionales y rotacionales, y flujos de tierras.

Presenta un bajo valor en el factor forma y alto en el coeficiente de compacidad y densidad de drenaje lo que indica que esta cuenca tiene un bajo grado de susceptibilidad. Sin embargo esta microcuenca ha presentado desbordamientos e inundaciones causadas por factores externos como la acción antrópica.

La microcuenca están deforestadas en un 80% aproximadamente y el uso actual es agrícola y ganadero, quedando una gran área expuesta a la acción de la precipitación e infiltración, que sumada al tipo de suelos arcillo-limosos generan sobresaturación del mismo alterando los estados de esfuerzos en el terreno y desfavoreciendo la resistencia al corte de los materiales. Las pendientes de la región son abruptas lo que hace que en su mayoría los deslizamientos sean de tipo traslacional.

La actividad pluvial es el factor determinante en las causas de la inestabilidad. Los valores de precipitación corresponden a los 1650 mm anuales en promedio para la zona montañosa y constituye el mecanismo detonante más frecuente de los deslizamientos. La incidencia de este factor climático está condicionada a los periodos de lluvias intensas y durables que saturan los suelos volcánicos con cualidades de retención muy alta incrementando su posibilidad de ser movilizado. (ARD. Inc. Colombia – Fundación Cultural del Putumayo. Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sibundoy, 2002)

6.4 SITIOS DE MUESTREO

Sitio 1: está ubicado a 2400 msnm, (Fig. 7) se caracteriza por no poseer vertimientos de aguas residuales, es decir la quebrada se encuentra en condiciones “naturales”, aunque a su alrededor se observan actividades antrópicas como la ganadería extensiva. Hay predominancia de pastos y arbustos.

Figura 7. Quebrada Lavapies a los 2400 m.s.n.m



Sitio 2: Ubicado en la zona urbana del municipio de Sibundoy, entre la calle 15 con carrera 18 (Fig. 8), después de que la quebrada a recibido aproximadamente el 50% de la cantidad total de vertimientos de aguas residuales domésticas y antes de unirse con el afluente Carmelitas. Se caracteriza por ser una zona de alta densidad poblacional y por ende altamente intervenido, puesto que la quebrada drena por detrás o por debajo de las casas de habitación de una gran parte de habitantes del municipio de Sibundoy. Además a esta parte del canal también llegan las aguas lluvia que transcurren por las calles y espacios libres, por los tejados, patios y azoteas, trayendo consigo gran cantidad de desechos sólidos

Figura 8. Quebrada Lavapies en zona urbana del municipio de Sibundoy.



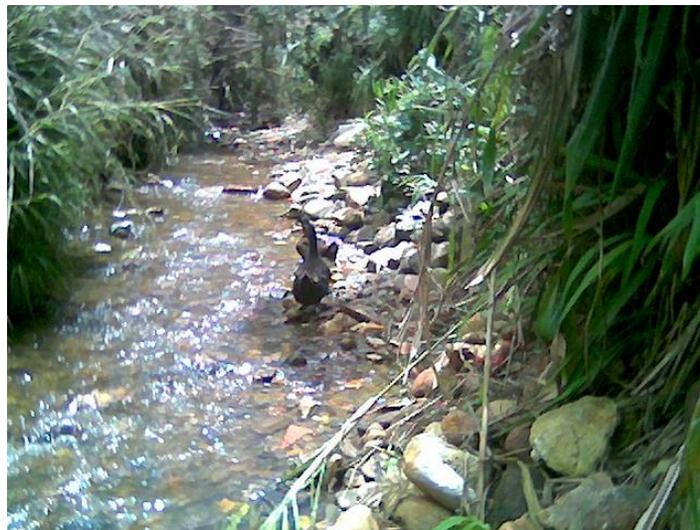
Sitio 3: Quebrada Carmelitas, afluente. Ubicado en la calle 15 con carrera 17 (Fig. 9). Esta quebrada también atraviesa una gran parte de la zona urbana del municipio, entre ellas el cementerio central y viviendas que vierten sus aguas residuales domésticas a ella. Cuenta con un bajo caudal que se incrementa con las aguas lluvias. Este sitio de muestreo permitió determinar y evaluar el impacto de la cantidad de materia orgánica que ésta quebrada aporta a la microcuenca Lavapies.

Figura 9. Afluente Carmelitas, 15 metros antes de unirse con la Quebrada Lavapies



Sitio 4: Ubicado en la calle 9 con carrera 14 (Fig. 10), en la salida del pueblo después de haber recibido el 100% de la contaminación proveniente de los habitantes del Municipio. Este sitio también se caracteriza por poseer una alta densidad de población que vierten sus aguas residuales domésticas en la quebrada, atraviesa el matadero municipal del cual también recibe vertimientos orgánicos en gran cantidad. Este sitio de muestreo fue indispensable para establecer el impacto tanto fisicoquímico como biológico en el cuerpo de aguas, causado por los vertimientos de aguas residuales domésticas.

Figura 10. Quebrada Lavapies – después de recibir el 100% de vertimientos de aguas residuales domésticas

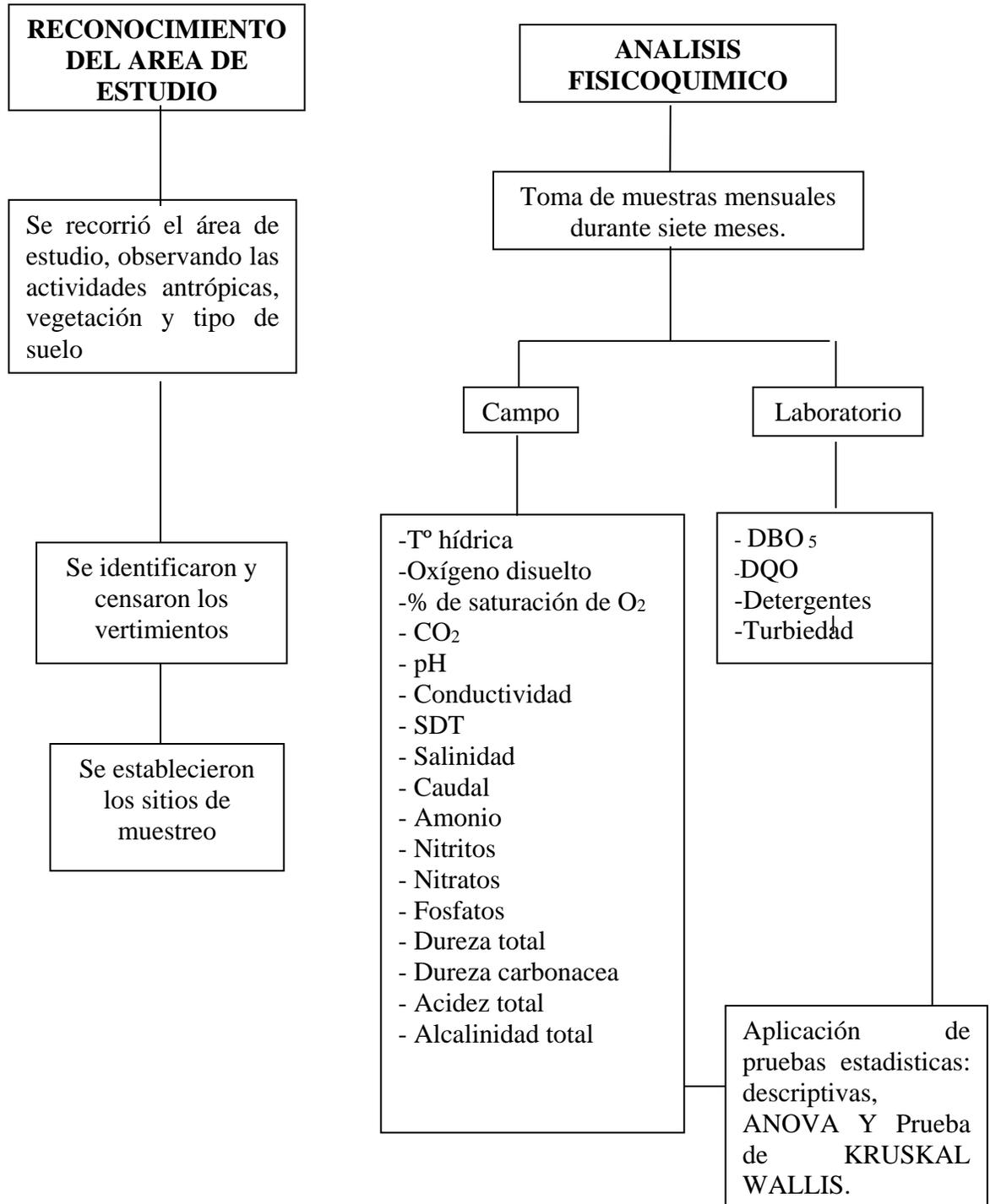


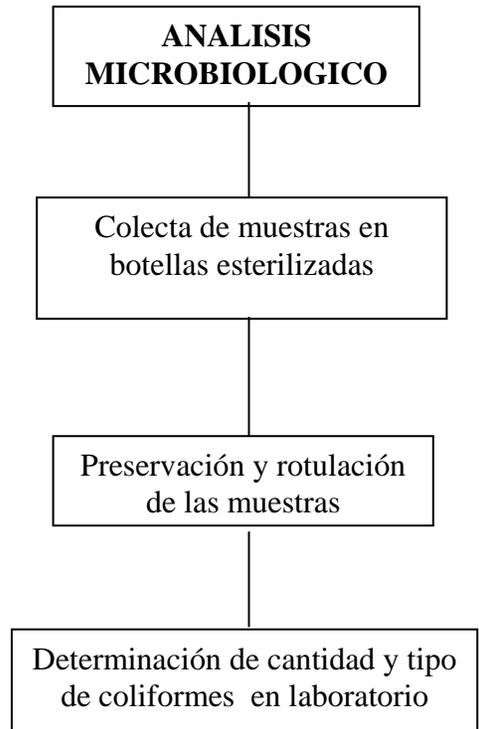
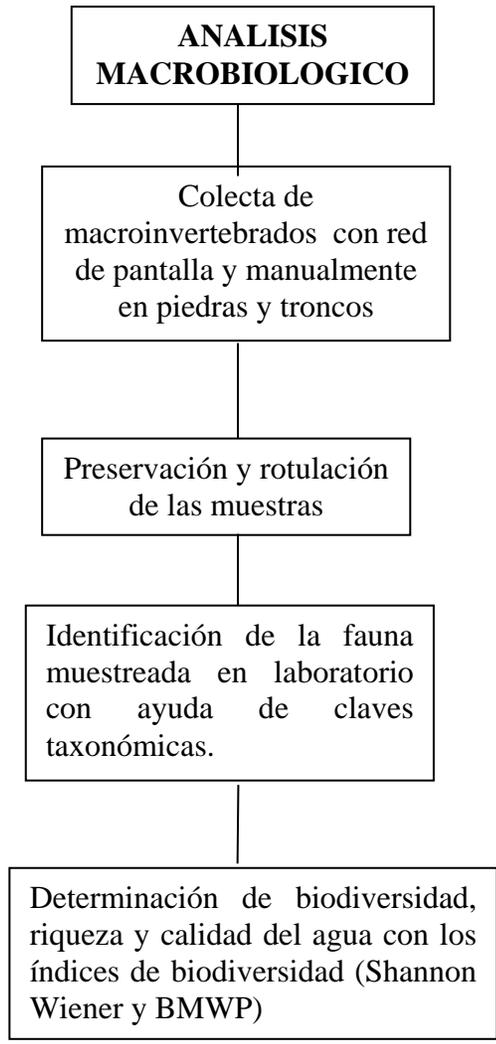
Sitio 5: Ubicado antes de la unión con la quebrada, “La Hidráulica” (Fig. 11). Se encuentra en zona rural, detrás de la Vereda “Sagrado Corazón de Jesús”. Presenta una disminución en la densidad de la población. La vegetación ribereña consta principalmente de gramíneas y varias especies de herbáceas. El sitio está rodeado por algunas casas de habitación y potreros utilizados en la ganadería extensiva.

Figura 11. Quebrada Lavapies, 20 metros antes de la desembocadura en la quebrada La Hidráulica.



7. METODOS Y METODOLOGIA





7.1 ANALISIS FISICOQUIMICO

La toma de muestras para el análisis fisicoquímicas se realizó mensualmente durante 7 meses, tres (3) meses de baja pluviosidad, un (1) mes de transición y tres (3) meses de alta pluviosidad; teniendo en cuenta el censo de vertimientos se determinó la hora y el día en que más cantidad de vertimientos se depositaban en la quebrada, siendo la mañana el horario más indicado para tomar las muestras.

Para disminuir costos se hizo una muestra compuesta de un litro en cada sitio de muestreo.

Materiales:

Parámetro	Equipo o tipo de análisis
➤ Temperatura Hídrica (°C), conductividad (µMhos/cm) y Salinidad (%)	➤ Conductímetro para temperatura, conductividad y salinidad.
➤ Turbiedad (NTU)	➤ Espectrofotómetro
➤ Sólidos disueltos Totales (mg/L)	➤ A partir del valor de conductividad
➤ Oxígeno Disuelto (mg/L)	➤ Oxímetro
➤ Saturación de O ₂ (%)	➤ Relación entre oxígeno disuelto y temperatura hídrica
➤ Gas Carbónico Disuelto (mg/L)	➤ Kit análisis de CO ₂ colorimétrico
➤ pH	➤ Kit análisis de pH colorimétrico
➤ Dureza Total (mg/L), y dureza carbonacea (mg/L).	➤ Kit análisis de Dureza colorimétrico
➤ Amonio (mg/L)	➤ Kit análisis de amonio colorimétrico
➤ Nitritos (mg/L)	➤ Kit análisis de nitritos colorimétrico
➤ Nitratos (mg/L)	➤ Kit análisis de nitratos colorimétrico
➤ Fosfatos (mg/L)	➤ Kit análisis de fosfatos colorimétrico
➤ DBO ₅ (mg/L)	➤ Kit análisis de DBO ₅ , incubadora, y electrodo para DBO ₅
➤ DQO (mg/L)	➤ Kit análisis de DQO
➤ Detergentes (mg/L)	➤ Método para determinación de surfactantes totales en aguas residuales por cancelación.
➤ Caudal (m ³ /s)	➤ Pelotas de icopor

Preservación de las Muestras. Las muestras después de tomadas se preservaron de la siguiente manera (APHA, AWWA, WPC, 1992):

DBO₅: al almacenar las muestras se pueden degradar significativamente y alterarse los valores de DBO₅. Para hacer mínima la reducción de la DBO₅ se tomaron 500 mL de muestra en una botella de color ámbar, se les tomó el O₂ (O₂ inicial) y se mantuvieron a 4°C hasta llegar al laboratorio, por máximo 24 horas.

DQO: Se tomaron 500 mL de las muestras en frascos de vidrio color ámbar se les tomó el O₂ (O₂ inicial). Y se conservó la muestra por acidificación a un pH ≤ 2 utilizando H₂SO₄ y refrigerada a 4°C por máximo 24 horas.

Detergentes: Se recogerá 500 mL de muestra en una botella de vidrio de color ámbar que ha sido previamente lavada con mezcla crómica para eliminar cualquier película de detergente. Las muestras se preservarán por refrigeración a 4°C por máximo 24 horas.

Turbiedad: Se tomó la muestra en una botella de vidrio. No necesita preservación.

7.2 ANALISIS MACROBIOLOGICO

Los muestreos se realizaron en los cinco sitios anteriormente descritos. Al final de la época de baja pluviosidad, al final del mes de transición y al final de la época de alta pluviosidad. Se utilizó como método la red de pantalla la cual permite atrapar los organismos removidos del sustrato. Este método es muy útil, pues es cualitativo y brinda información acerca de la calidad del ecosistema (Roldan 1992).

Preservación de las Muestras: los macroinvertebrados colectados fueron preservados en viales plásticos con alcohol al 70%, evitando así su degradación. Los viales se rotularon con el nombre del colector, la fecha, la hora y el sitio de muestreo. Posteriormente, las

muestras se transportaron al laboratorio de Estudios en Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca, en donde se clasificaron con base en la guía taxonómica de Roldán (1992).

7.3 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Los muestreos se realizaron en los cinco sitios especificados anteriormente, con una intensidad igual al análisis microbiológico.

En Campo se tomaron las muestras en botellas estériles, las cuales se mantuvieron cerradas hasta el momento de llenarlas. Se retiraron los tampones y las tapas a la vez, para no contaminar la superficie interna de la botella. Se llenó la botella sin enjuagarla, se cerró inmediatamente con el tampón o la tapa. Fueron etiquetadas con fecha, hora, y sitio de muestreo.

Las muestras se preservaron por refrigeración a 4°C por máximo 24 horas. (APHA, AWWA, WPCF, 1992), luego fueron transportadas a la Universidad de Nariño en la ciudad de San Juan de Pasto, para su análisis.

8. RESULTADOS Y DISCUSION

8.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó una observación de la quebrada Lavapies desde los 2400 msnm hasta la desembocadura a la quebrada “La Hidráulica” (2150 msnm).

Se determinó que a 2400 msnm de la quebrada es de muy buena calidad, debido a la ausencia de vertimiento de aguas servidas, pues no hay presencia de asentamientos humanos, y de cultivos u otra clase de actividades antrópicas que afecten directamente la calidad del agua, además se presenta poca ganadería extensiva.

La vegetación es muy homogénea, pues predominan los pastos, plantas herbáceas y algunos arbustos. Se observó erosión de los suelos aledaños, debido muy probablemente a la humedad del terreno, a la tala de bosque, al pastoreo y a las pendientes abruptas del terreno.

Al llegar la quebrada al municipio de Sibundoy empieza a recibir aguas residuales, desechos orgánicos e inorgánicos por parte de de los habitantes del municipio de Sibundoy. El color de las aguas se hace cada vez mas opaco, las aguas más densas y desprenden olores desagradables por la degradación de la materia orgánica. Hay escasa vegetación ribereña y disminución de la dinámica hídrica.

Aguas abajo, el cuerpo de agua presenta un importante afluente, la quebrada “las Carmelitas”, la cual a pesar de su bajo caudal aporta una cantidad considerable de materia orgánica proveniente de los vertimientos de aguas residuales en su mayoría. (Fig. 12).

Figura 12. Afluente Carmelitas, 15 metros antes de unirse con la Quebrada Lavapies.



Las aguas lluvias también llegan a esta quebrada, llevando consigo gran cantidad de desechos o basuras que se encuentran en las calles y espacios libres, alcantarillas y tejados, aumentando la contaminación de la quebrada.

Después de pasar por el municipio la quebrada drena por terrenos donde hay población humana pero en baja cantidad, las principales actividades antrópicas son la agricultura y la ganadería. Actividades que también producen desechos que llegan a la quebrada aumentando su carga orgánica.

Por último la quebrada Lavapies desemboca con un color turbio, malos olores y gran cantidad de desechos sólidos a la quebrada “La Hidráulica”, afectando la calidad del agua de dicha quebrada (Fig. 13).

Figura 13. Unión de Quebrada Lavapies con la Quebrada “La Hidráulica.”



8.2 CENSO DE VERTIMIENTOS

En la zona urbana del municipio de Sibundoy se llevo a cabo un censo de vertimientos que llegan a la quebrada Lavapies, en el cual se tuvo en cuenta el tipo de servicios públicos que poseían las viviendas como energía, agua, aseo y alcantarillado; además se determinó el tiempo de residencia de las familias en las viviendas para tener una idea clara del tiempo que se han estado vertiendo aguas residuales a la quebrada y si se ejerce algún otro tipo de actividad que afecte directa o indirectamente a sus aguas.

La cantidad de personas que viven en cada vivienda, el tipo y la cantidad de residuos orgánico e inorgánicos que son vertidos a la quebrada, ofrecen un dato preciso de la cantidad de carga orgánica que está recibiendo el cuerpo de aguas, teniendo en cuenta lo permitido en el decreto número 3100 de octubre 30 de 2003, por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones (www.minambiente.gov.co).

Los datos que se obtuvieron han sido registrados en las ANEXOS 1, 2 y 3.

8.2.1 Análisis del Censo de Vertimientos. Con este censo se puede concluir que las viviendas censadas en su mayoría vierten sus aguas residuales a la quebrada Lavapies pues el 49% de las viviendas censadas no cuentan con el servicio de alcantarillado, y el 40.6% tampoco cuentan con el servicio de aseo (Fig. 14), especialmente las viviendas ubicadas en el barrio Pablo VI, algunas del barrio Betania y Villanueva, por lo cual se ven en la necesidad de arrojar sus desechos tanto orgánicos como inorgánicos en la quebrada, pero se debe aclarar que algunas viviendas han implementado tratamientos para dichos residuos, como el utilizar los desechos provenientes de animales domésticos en la elaboración de abono orgánico, y quemar los desechos alimenticios y la basura inorgánica.

Muchas de las personas encuestadas reportan que los habitantes del resto de barrios botan basuras a la quebrada sin tener control alguno, esto incrementa la descomposición de materia orgánica y se producen olores muy fuertes que afectan directamente a las personas que viven cerca de la quebrada. Además se bota basura sólida e inorgánica cuando el caudal de la quebrada es bajo por lo que hay estancamiento del agua.

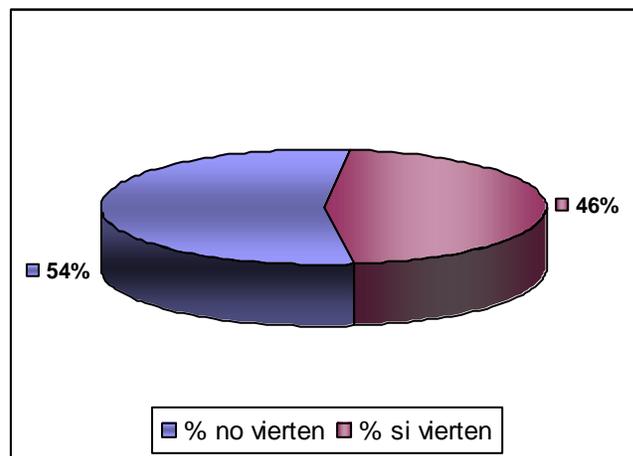
Por otra parte el matadero municipal al no contar con una planta de tratamiento para aguas residuales es uno de los agentes mas contaminantes pues los residuos del ganado muerto son botados a la quebrada y esto produce olores desagradables.

Con respecto a los desechos inorgánicos se encontró que el 54.17% (Tabla 2 y Fig. 14) de las viviendas censadas vierten detergentes a la quebrada, en forma de polvo, barra y límpido, mayoritariamente en baja cantidad (0.02 - 400 g/día) según las tasas retributivas establecidas por CORPOAMAZONIA en el 2005; principalmente en los barrios Pablo VI, Betania, Villanueva y Comercial donde se encontraron algunos criaderos de cerdos que aunque no viertan altas cantidades de materia orgánica a la quebrada, vierten cantidades significantes de detergentes al lavar las cocheras dos veces al día, desecho inorgánico que afecta directamente la calidad del agua.

Tabla 2. Cantidad de detergentes vertidos a la quebrada Lavapies por las viviendas censadas.

Agente contaminador	% de viviendas		Total en %
	no vierten	si vierten	
Polvo	53,13	46,88	100
Barra	53,13	46,88	100
Limpido	56,25	43,75	100
Promedio	54,17	45,83	100

Figura 14. Cantidad de detergentes vertidos a la quebrada Lavapies por las viviendas censadas.



8.3 ANALISIS FISICOQUIMICO HÍDRICO

Tabla 3. Resultados de los parámetros fisicoquímicos hídricos, quebrada Lavapies del municipio de Sibundoy - Putumayo.

PARÁMETROS FISICOQUIMICOS HIDRICOS																							
MES	SITIO DE MUESTREO	T (°C)	Tb (NTU)	OD (mg/L)	%S OD	CO2 mg/L	pH	ACID	ALC	DT mg/L	DC mg/L	COND μMhos	CAL	SDT mg/L	NH4 mg/L	NH2 mg/L	NO3 mg/L	P μg/L	DETE mg/L	DBO5 mg/L	DQO mg/L	Q m3/L	C.ORG Kg/s
								TOT mg/L	TOT mg/L														
1	1	14,5	5,0	16,0	130,0	5,8	7,0	20,02	30,0	10,0	2,0	19,0	2,0	7,6	0,0	0,0	15,0	0,0	ND	0,1	4,1	0,24	4,6
	2	14,6	76,0	5,3	53,0	19,5	6,6	80,07	40,0	60,1	21,0	29,0	10,6	11,6	0,2	4,8	50,0	18,0	5,3	43,0	71,2	0,17	28,8
	3	15,0	43,0	4,5	45,0	21,4	7,0	20,02	110,1	56,1	14,0	112,0	6,0	56,0	0,1	2,3	38,0	16,0	3,2	130,0	234,8	0,03	13,4
	4	15,0	25,0	4,0	40,0	9,2	6,8	80,07	30,0	60,1	18,0	50,0	3,0	20,0	0,2	1,4	50,0	9,0	1,1	23,0	32,5	0,19	20,3
	5	16,0	8,0	3,7	40,0	29,2	6,6	20,02	60,1	65,1	14,0	70,0	8,0	28,0	0,5	1,6	51,0	4,0	2,5	50,9	86,5	0,13	24,8
2	1	14,5	3,0	11,3	110,0	3,9	7,0	110,10	20,0	20,0	2,0	18,0	6,0	7,2	0,0	0,0	0,0	2,0	ND	0,0	1,0	0,30	0,3
	2	15,0	74,0	5,2	48,0	9,2	6,8	23,02	30,0	20,0	7,0	30,0	3,0	12,0	0,0	0,4	3,0	3,0	3,2	10,3	17,1	0,24	7,4
	3	14,0	440,0	6,4	62,0	9,2	7,4	25,02	120,1	50,0	29,0	90,0	5,0	36,0	0,2	1,3	16,0	13,0	4,5	156,0	328,7	0,03	14,6
	4	14,8	286,0	7,2	70,0	12,2	7,2	24,02	100,1	30,0	11,0	55,0	4,0	22,0	0,1	0,5	6,0	8,0	0,7	5,5	7,8	0,14	2,8
	5	15,0	60,0	4,8	47,0	55,2	6,5	19,02	90,1	20,0	18,0	60,0	5,0	24,0	0,1	0,1	4,0	3,0	1,5	12,2	20,8	0,12	4,5
3	1	15,0	5,0	12,6	114,0	3,9	7,0	140,13	20,0	10,0	2,0	18,0	6,0	7,2	0,0	0,0	0,0	2,0	ND	0,0	0,1	0,50	0,1
	2	14,8	115,0	6,4	62,0	24,5	6,5	20,02	40,0	20,0	7,0	20,0	4,0	8,0	0,0	0,1	3,0	4,0	6,2	4,3	1,7	0,46	4,2
	3	16,5	440,0	5,6	60,0	9,2	7,4	20,02	120,1	50,0	29,0	105,0	3,0	52,5	0,2	1,3	16,0	15,0	3,9	91,0	230,1	0,04	12,9
	4	15,0	170,0	5,2	53,0	6,1	6,8	70,06	20,0	20,0	11,0	25,0	4,0	10,0	0,0	0,1	0,0	4,0	1,2	2,3	0,8	0,22	0,7
	5	17,0	132,0	5,2	54,0	12,3	6,5	20,02	20,0	20,0	7,0	60,0	1,0	24,0	0,1	0,1	1,0	3,0	2,7	5,1	2,1	0,24	2
4	1	14,5	6,0	19,2	156,0	7,0	7,0	24,02	36,0	12,0	2,0	22,8	4,2	9,1	0,0	0,0	18,0	0,0	ND	0,1	4,9	0,29	6,6
	2	15,0	91,2	6,4	63,6	5,9	7,2	96,09	48,0	72,1	26,0	34,8	8,7	13,9	0,3	5,8	60,0	21,6	6,4	51,6	85,4	0,20	41,4
	3	15,0	86,0	5,4	54,0	10,2	7,4	24,02	132,1	67,3	23,0	134,4	7,2	67,2	0,1	2,8	45,6	19,2	3,9	156,0	281,8	0,04	19,3
	4	15,4	30,0	4,8	48,0	5,5	7,1	96,09	36,0	72,1	21,0	60,0	3,6	24,0	0,2	1,7	60,0	10,8	1,3	27,6	39,0	0,23	29,3
	5	16,0	9,6	4,5	48,0	7,0	7,3	24,02	72,1	78,1	17,0	84,0	9,6	33,6	0,6	1,9	61,2	4,8	3,0	61,1	103,8	0,16	35,7

Continuación tabla 3.

PARÁMETROS FISICOQUIMICOS HIDRICOS																							
MES	SITIO DE MUESTREO	T (°C)	Tb (NTU)	OD (mg/L)	%S OD	CO2 mg/L	pH	ACID	ALC	DT mg/L	DC mg/L	COND µMhos	CAL	SDT mg/L	NH4 mg/L	NH2 mg/L	NO3 mg/L	P µg/L	DETE mg/L	DBO5 mg/L	DQO mg/L	Q m3/L	C.ORG Kg/s
								TOT mg/L	TOT mg/L														
5	1	15,4	12	25,3	150	7,8	7	20,02	40,0	10,0	14,0	19	4	7,6	0	0,02	0	0,9	0	0	1,3	0,38	0,5
	2	17,9	15	7,9	86	7,8	7	20,02	40,0	20,0	18,0	43	4	17,2	0	0	0,7	1	0,08	28,5	64,3	0,27	25,2
	3	17,5	24	6,6	62	23,2	6,7	40,04	60,1	30,0	36,0	95	4	38,0	0,01	0,08	10	0,91	0,25	5,3	12,5	0,05	1,5
	4	17,6	45	8,5	85	36,8	6,5	60,05	60,1	60,1	36,0	37	4	14,8	0,03	0,12	0,9	1	0,9	8,5	19	0,30	8,6
	5	18,0	51	6,6	70	36,8	6,5	60,05	60,1	30,0	29,0	97	6	38,8	0,05	0,27	4	1	0,56	18	34	0,21	11,6
6	1	14,5	17	20,0	142	3,9	7	20,02	20,0	10,0	2,0	21	2	8,4	0	0,03	0,8	0,8	0	0,1	2,1	0,48	1,4
	2	16	25	8,3	85	24,5	6,5	20,02	40,0	20,0	14,0	33	2	13,2	0,01	0,08	1,2	1	0,05	34,5	96	0,38	50,2
	3	16,3	112	6,9	71	11,7	7	20,02	60,1	67,1	29,0	84	4	33,6	0,01	0,15	22	0,9	0,1	8,3	32,5	0,05	2,9
	4	16,8	84	7,6	82	36,8	6,5	40,04	60,1	60,1	21,0	60	4	24,0	0,04	0,09	2,1	1	0,08	14,6	48,4	0,22	14,5
	5	17,2	39	6,0	62	29,2	6,6	40,04	60,1	60,1	21,0	101	4	50,5	0,06	0,22	10,3	1	0,05	32,5	66,5	0,19	20,9
7	1	15,6	16	22,6	145	7,8	7	10,01	40,0	10,0	2,0	23	2	9,2	0	0,01	0,3	0,9	0	0,1	1,9	0,79	1,8
	2	17,0	18	9,6	92	7,8	7	20,02	40,0	40,0	14,0	40	2	16,0	0	0,04	0,4	0,9	0,05	32,45	68,9	0,73	74,4
	3	17,0	38	8,1	86	11,7	7	40,04	60,1	60,1	21,0	78	4	31,2	0,01	0,21	26	1	0,08	6,89	13,3	0,06	2,8
	4	17,6	15	9,0	92	36,8	6,5	40,04	60,1	70,1	29,0	66	5	26,4	0,01	0,23	3,2	1	0,28	10,34	20,6	0,35	12
	5	17,8	37	7,3	78	49,1	6,5	40,04	80,1	70,1	29,0	101	6	40,4	0,04	0,21	7,3	1	0,11	22,6	37,8	0,38	25,9

8.3.1 Análisis Estadístico de los parámetros Físicoquímicos. Para realizar este análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS para Windows versión 11.5 y se determinó el nivel ($P < 0.05$) de significancia para cada parámetro.

- **Resultados estadísticos según los sitios de muestreo**

Tabla 4. Resultados de la prueba ANOVA para los parámetros físicoquímicos según los sitios de muestreo.

PARAMETROS		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
TEMPERATURA	Inter-grupos	12,430	4	3,108	2,509	,063
	Total	49,587	34			
TURBIEDAD	Inter-grupos	101428,805	4	25357,201	2,610	,055
	Total	392892,519	34			
OXIGENO DISUELTO	Inter-grupos	792,023	4	198,006	27,722	,000
	Total	1006,303	34			
% SATURACION DE O ₂	Inter-grupos	28936,327	4	7234,082	26,022	,000
	Total	37276,407	34			
pH	Inter-grupos	,930	4	,233	4,016	,010
	Total	2,667	34			
DUREZA CARBONACEA	Inter-grupos	1953,829	4	488,457	9,163	,000
	Total	3552,971	34			
DBO5	Inter-grupos	25137,738	4	6284,434	5,388	,002
	Total	60130,619	34			
DQO	Inter-grupos	105901,327	4	26475,332	6,087	,001
	Total	236379,622	34			
CAUDAL	Inter-grupos	,602	4	,151	8,698	,000
	Total	1,122	34			

*** Altísimamente significativo ($P < 0,001$)

** Altamente significativo ($P < 0,005$)

* Significativo ($P < 0,05$)

Tabla 5. Prueba KRUSKAL WALLIS para parámetros a través de los sitios de muestreo.

PARAMETROS	Chi - cuadrado	gl	Sig. Asintota
ACIDEZ TOTAL	6,01	4	0,198
ALCA TOTAL	18,6	4	0,001
DUREZA TOTAL	7,841	4	0,098
NH4	16	4	0,003
NH2	7,036	4	0,134
FOSFORO	9,36	4	0,053
NO3	5,08	4	0,279
CO ₂	15,35	4	0,004
CALCIO	3,45	4	0,486
CONDUCTIVIDAD	29,46	4	0
SDT	29,36	4	0
DETERGENTES	8,91	4	0,063
CARGA ORGANICA	14,898	4	0,005

*** Altísimamente significativo (P<0,001)

** Altamente significativo (P<0.005)

* Significativo(P<0.05)

▪ **Resultados estadísticos según la época de muestreo**

Tabla 6. Resultados de la prueba ANOVA para los parámetros fisicoquímicos según la época hidrológica de muestreo.

PARAMETROS		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
TEMPERATURA	Inter-grupos	30,267	6	5,045	7,311	,000
	Total	49,587	34			
TURBIEDAD	Inter-grupos	134096,087	6	22349,348	2,418	,052
	Total	392892,519	34			
% SATURACION DE OXIGENO	Inter-grupos	5881,079	6	980,180	,874	,526
	Total	37276,407	34			
pH	Inter-grupos	,855	6	,143	1,865	,122
	Total	2,995	34			
ALCALINIDAD TOTAL	Inter-grupos	2809,482	6	468,247	,446	,841
	Total	32198,042	34			

Continuación de la tabla 6.

PARAMETROS		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
DUREZA TOTAL	Inter-grupos	5629,854	6	938,309	1,954	,107
	Total	19074,502	34			
DUREZA CARBONACEA	Inter-grupos	768,971	6	128,162	1,289	,294
	Intra-grupos	2784,000	28	99,429		
	Total	3552,971	34			
CONDUCTIVIDAD	Inter-grupos	1532,000	6	255,333	,202	,973
	Intra-grupos	35442,240	28	1265,794		
	Total	36974,240	34			
SDT	Inter-grupos	317,447	6	52,908	,182	,979
	Total	8460,467	34			
NO3	Inter-grupos	323,947	4	80,987	,111	,978
	Total	22255,027	34			
DBO5	Inter-grupos	10381,020	6	1730,170	,974	,461
	Total	60130,619	34			
DQO	Inter-grupos	25797,378	6	4299,563	,572	,749
	Total	236379,622	34			
CAUDAL	Inter-grupos	,340	6	,057	2,028	,095
	Total	1,122	34			
CARGA ORGANICA	Inter-grupos	2280,850	6	380,142	1,532	,204
	Total	9227,470	34			

*** Altísimamente significativo (P<0,001)

** Altamente significativo (P<0.005)

* Significativo(P<0.05)

Tabla 7. Prueba KRUSKAL WALLIS para los parámetros fisicoquímicos durante las épocas hidrológicas de muestreo.

PARAMETROS	Chi - cuadrado	gl	Sig. Asintota
O2	11,525	6	0,073
ACIDEZ TOTAL	2,413	6	0,878
CALCIO	7,493	6	0,278
FOSFORO	16,424	6	0,012
CO2	6,587	6	0,361
NH4	9,007	6	0,173
NH2	21,15	6	0,002
DETERGENTES	23,04	6	0,001

*** Altísimamente significativo (P<0,001)

** Altamente significativo (P<0.005)

* Significativo(P<0.05)

8.3.2 Análisis de los resultados estadísticos de los parámetros fisicoquímicos.

➤ Temperatura

Dado que la quebrada Lavapies se encuentra ubicada sobre los 2400 (primer sitio de muestreo) y 2200 m.s.n.m (desembocadura) y que la dinámica hídrica disminuye a través del espacio, el promedio de temperatura a lo largo de la quebrada se incrementa (Fig. 15), puesto que aumentan la penetración lumínica y la cantidad calórica que es absorbida por el cuerpo de agua natural, además empiezan a llegar los vertimientos de aguas residuales domésticas y de otras actividades antrópicas.

Después de aplicar la prueba ANOVA se estableció que la temperatura no presenta cambios significativos (P>0.05) a lo largo del canal (Tabla 4), permitiendo concluir que los vertimientos de aguas residuales no influyen significativamente en la temperatura hídrica de las aguas de la quebrada Lavapies.

Con respecto a las épocas pluviométricas, la temperatura hídrica presentó cambios significativos en relación con la disminución de la temperatura ambiental (Fig. 16), efecto

proveniente de la capacidad calorífica del cuerpo de aguas y por el movimiento del aire en el día y en la noche. Variación que según la prueba estadística de ANOVA si es significativa ($P < 0.001$) (Tabla 8), puesto que se observan claras diferencias entre las épocas de baja pluviosidad, trancisión, y alta pluviosidad (Fig. 16), indicando que la temperatura hídrica es directamente afectada por la época de muestreo.

Figura 15. Variación de Temperatura en los sitios de muestreo.

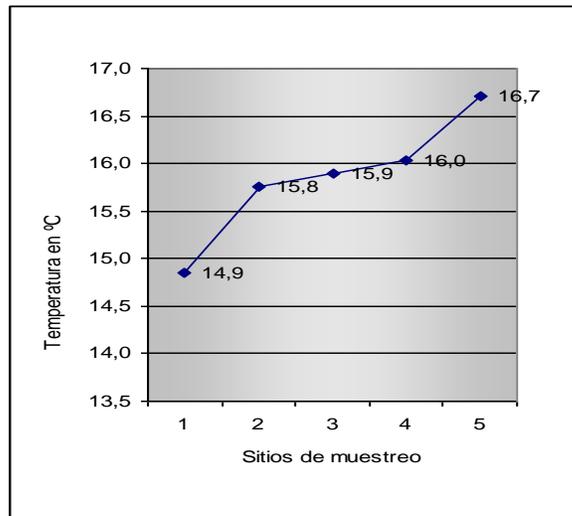
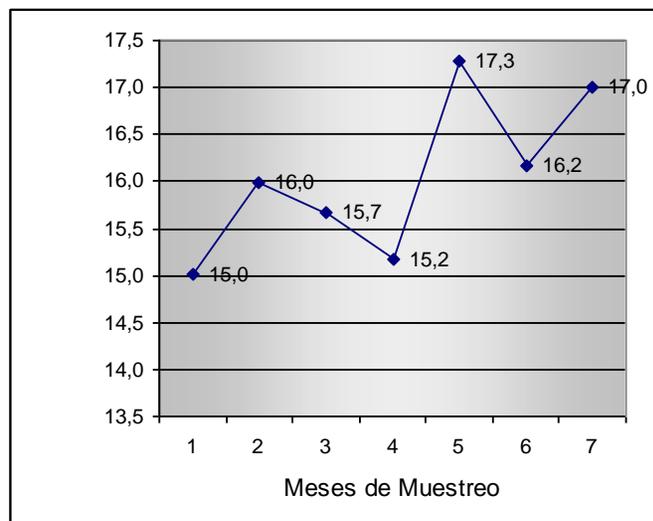


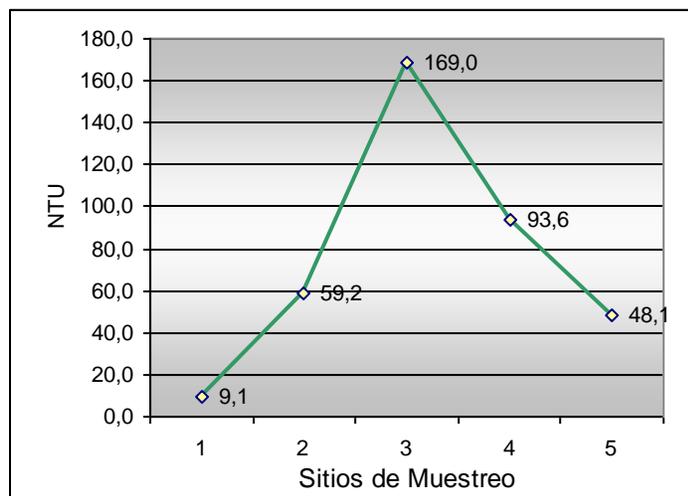
Figura 16. Variación de Temperatura durante las épocas de muestreo



➤ **Turbiedad**

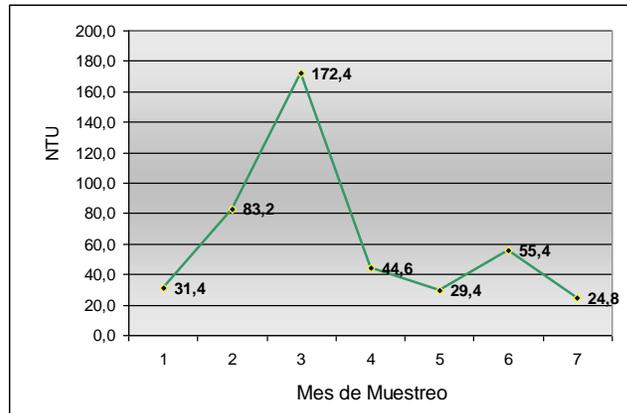
Según ANOVA la turbiedad no presenta diferencias estadísticamente significativas a través de los sitios, ni de las épocas de muestreo (Tablas 4 y 6), demostrando que estas dos variables no afectan directamente a la turbiedad. Por otra parte, los valores en promedio se encuentran por debajo de las 200 unidades (Fig. 17), y según Vásquez (2001), no hay una alteración drástica y severa de los flujos energéticos y niveles tróficos.

Figura 17. Variación de la Turbiedad en los sitios de muestreo.



Se debe aclarar que aunque los valores aún no son limitantes, el sitio tres (Quebrada Carmelitas) presenta valores muy cercanos a las 200 unidades, indicando que los vertimientos que ésta quebrada arroja, pueden llegar a tener una incidencia importante en la transparencia y la capacidad de penetración lumínica de la quebrada Lavapies y por ende en los niveles energéticos y en los procesos productivos del ecosistema.

Figura 18. Variación de la Turbiedad durante las épocas de muestreo.



➤ Oxígeno y Porcentaje de Saturación de Oxígeno

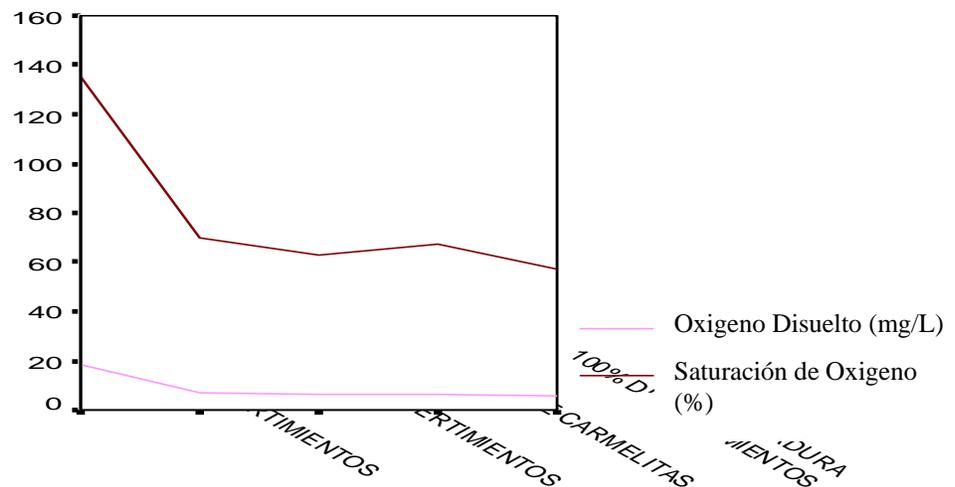
Según Vásquez (2001) el oxígeno es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos. En la quebrada Lavapiés se pudo observar que hay una variación significativa para la concentración del oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación con respecto a los sitios de muestreo según la prueba ANOVA ($P < 0.001$) (Tabla 5), puesto que en el primer sitio presenta una sobresaturación de oxígeno (por encima del 100%) que es el resultado de la alta dinámica hídrica del sistema, poca profundidad (38cm en promedio en alta pluviosidad), bajas temperaturas del agua, y la baja tasa de degradación de materia orgánica, debido principalmente a que no hay vertimientos de aguas residuales domésticas.

Desde el segundo sitio de muestreo cuando empiezan las descargas orgánicas, el porcentaje de saturación de oxígeno empieza a disminuir hasta un 69.9% (Fig. 19), pasando de una sobresaturación a un déficit importante de este gas, indicando que aunque hay una buena dinámica hídrica, no es suficiente para oxigenar el sistema por que hay una elevada tasa de degradación de materia orgánica, procesos de respiración y de oxidación que consumen el oxígeno del agua por lo cual la DBO_5 y la DQO también incrementan.

Este fenómeno también se observó en los sitios 3, 4 y 5, disminuyendo la saturación de oxígeno hasta un 57% en la desembocadura (Fig. 19).

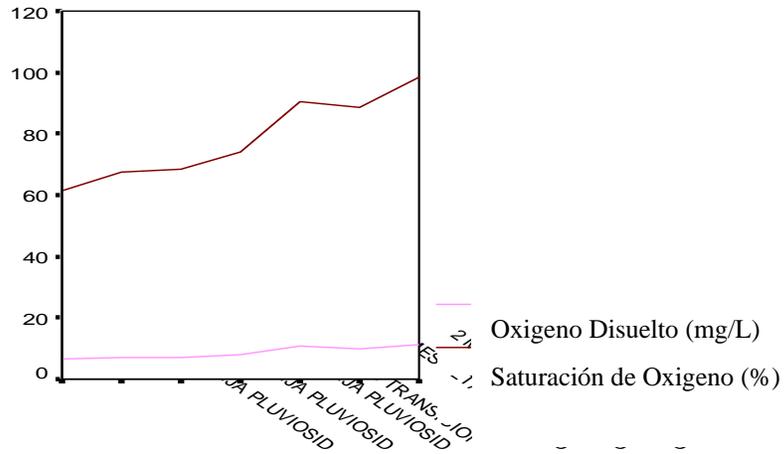
La quebrada Carmelitas también se considera como un cuerpo de aguas que tiende a la anaerobiosis, aunque hay una alta dinámica hídrica que podría aumentar la cantidad de oxígeno en el sistema, no es suficiente, puesto que hay una alta descarga de materia orgánica y el caudal es muy bajo.

Figura 19. Variación del oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación en los sitios de muestreo.



Pero la variación de este gas no fue estadísticamente significativo a través de las épocas de muestreo, puesto que según ANOVA (para porcentaje de saturación de oxígeno) y KRUSKAL WALLIS (para concentración de oxígeno disuelto) la significancia estuvo por encima del 0.05, evidenciándose también en la figura 20, donde se observa que los datos son muy semejantes, llevando a concluir que el tiempo no afecta el contenido de este gas en el cuerpo de aguas.

Figura 20. Variación del oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación durante las épocas de muestreo.



➤ DBO₅ y DQO

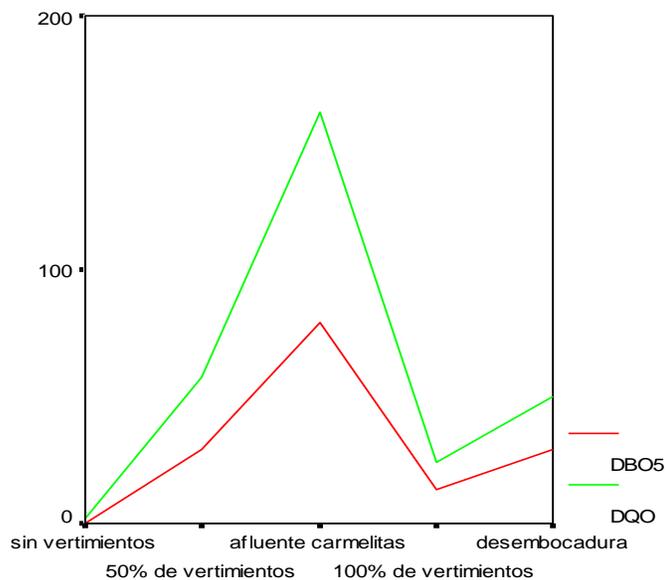
Los vertimientos de aguas residuales domésticas en la quebrada Lavapies inciden significativamente en la DBO₅ y DQO, puesto que (ANOVA $P < 0.005$, Tabla 4), hay diferencias significativas entre sitios de muestreo para estos parámetros, debido a que la carga orgánica aumenta durante el transcurso de la quebrada, incrementando los procesos de degradación, respiración y los procesos químicos que consumen el poco oxígeno presente en la quebrada Lavapies.

En el sitio 4 que se encuentra ubicado después de recibir el 100% de los vertimientos de aguas residuales domésticas, los valores de DBO₅ y la DQO en promedio, tienden a disminuir en el cuerpo de aguas, aunque el número de vertimientos aumenta parece ser que el sistema tiende a regenerarse (Fig. 21). Pero en el sitio 5 que está ubicado en la desembocadura de la quebrada Lavapies y según los datos obtenidos se observa que las aguas no llegan restauradas total o parcialmente a la quebrada la “Hidráulica”, y por el contrario, parece ser que en este último tramo la quebrada está recibiendo algunas descargas de materia orgánica de los habitantes de las fincas por donde ésta transita,

aumentando nuevamente la DBO₅ y la DQO.

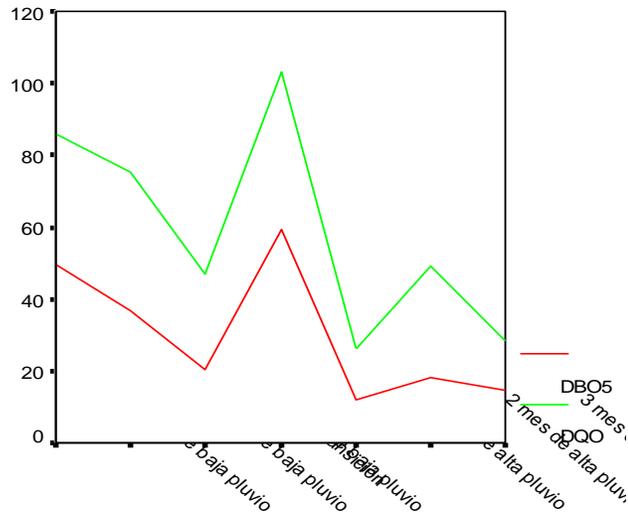
El sitio tres (3) correspondiente al afluente “Carmelitas”, presenta los valores promedios mas altos de DBO₅ y de DQO (Fig. 21), consecuencia de la alta cantidad de materia orgánica que llega a esta quebrada y el bajo caudal, permitiendo así la proliferación de bacterias que incrementan los procesos de degradación de dicha materia orgánica.

Figura 21. Variación de DBO₅ y la DQO en los sitios de muestreo.



La época no incidió significativamente en estos parámetros (ANOVA $P > 0.05$, Tabla 6), permitiendo concluir que la intensidad y la frecuencia de las lluvias no afectan los valores de DBO₅ y de DQO, siendo igual la degradación de materia orgánica realizada por bacterias para épocas de alta como de baja pluviosidad y transición.

Figura 22. Variación de DBO₅ y la DQO durante las épocas de muestreo



➤ Dióxido de Carbono y pH

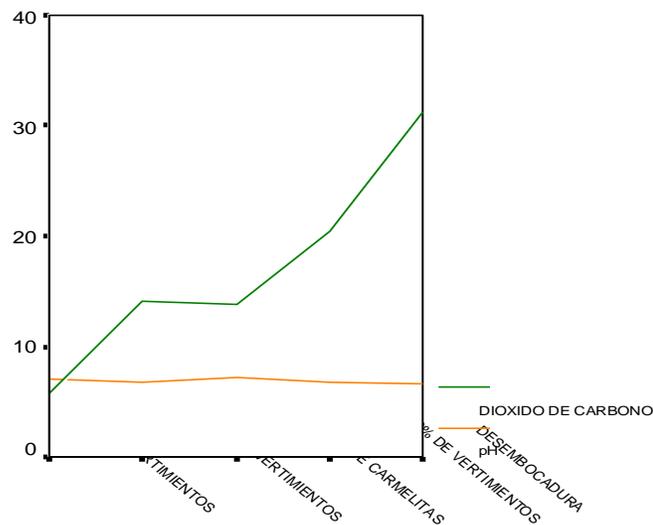
Según Vásquez (1992), en aguas naturales los valores de CO₂ superiores a 20 mg/L se consideran como limitante para el desarrollo de la biota acuática. En el caso de la Quebrada Lavapies este parámetro, en promedio, está por debajo del valor limitante en los dos (2) primeros sitios de muestreo (Fig. 23), y aumentan en los dos (2) últimos sitios, indicando que a partir del cuarto sitio de muestreo hay una alta degradación de materia orgánica producto del incremento en el número de vertimientos de aguas residuales domésticas que llegan a ésta y la reducción de dinámica del sistema, principalmente.

Esta variación en las concentraciones de CO₂ a lo largo de la quebrada presentó diferencias significativas de acuerdo con la prueba de KRUSKAL WALLIS (P<0.005) (Tabla 5), permitiendo inferir que los vertimientos de aguas residuales domésticas tienen una clara incidencia en la calidad de las aguas de la quebrada Lavapies.

El pH que está directamente relacionado con el CO₂, también tiene una variación

significativa a través del espacio, (ANOVA $P > 0.05$) (Tabla 4), por ejemplo en el sitio 1 el pH en promedio es de 7, y en el sitio 5 baja hasta llegar a los 6.6, que es el resultado del incremento en los procesos de descomposición de materia orgánica, los cuales incrementan a su vez las concentraciones de CO_2 , que al unirse con el agua forman el ácido carbónico (H_2CO_3), el cual se disocia formando bicarbonatos e hidrogeniones, bajando de esta manera el pH del agua (Roldán, 1992).

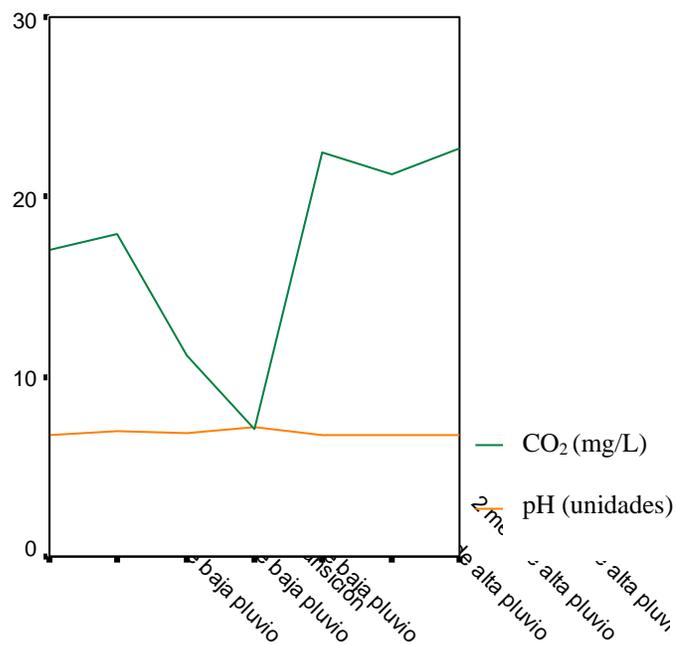
Figura 23. Variación de CO_2 y pH en los sitios de muestreo



El pH estadísticamente no es significativo a través del tiempo (ANOVA $P > 0.05$, Tabla 6), por que se puede observar que durante los meses de muestreo y en promedio este parámetro se encuentra en valores cercanos a la neutralidad (7) y por lo tanto dentro del rango fisiológicamente no limitante para el desarrollo de la biota acuática (4.5 - 8.5) (Vásquez, 2001), sin ser afectado por las altas cantidades de CO_2 que tienen lugar en los sitios de muestreo 3, 4, y 5; y las lluvias de los meses de alta pluviosidad que son un importante modificador de éste parámetro debido a que arrastra consigo el CO_2 presente en la atmósfera, aumentando así las concentraciones de este gas en el cuerpo de aguas, indicando la presencia de un excelente buffer en el sistema, como es el (HCO_3^-).

El CO₂ por su parte no presentó variación significativa (KRUSKAL WALLIS P>0.05) a lo largo de los meses de muestreo (Tabla 7 y fig. 24), por lo que no se considera que el tiempo afecte directamente a este factor en la quebrada Lavapies, reflejado principalmente en la no alteración de éste parámetro en los meses de alta pluviosidad, debido a diferentes factores como: la localización de la quebrada, al incremento del caudal, la dinámica hídrica, y sobre todo a la disminución de la degradación de la carga orgánica y a la baja respiración natural de la biota.

Figura 24. Variación de CO₂ y pH durante las épocas de muestreo.



➤ Acidez y Alcalinidad Total

Según Vásquez (2001) la acidez total corresponde a la suma de la acidez mineral más la acidez causada por la presencia del dióxido de carbono. En la quebrada Lavapies los valores de acidez se debe a la cantidad de CO₂ que hay en el sistema, producto de lo

descomposición de materia orgánica, a la oxidación de la pirita que se encuentra en el sustrato, especialmente en la parte alta de la quebrada, reacción que tiene como resultado dos moléculas de ácido sulfhídrico (H_2SO_4); pero dichos valores no tienen una diferencia estadísticamente significativa a través del espacio y del tiempo (Kruskal Wallis $P > 0.05$, Tablas 5 y 7).

Generalmente los valores de alcalinidad total para los sistemas acuáticos tropicales, son relativamente bajos, hasta 70 mg/L, (Vásquez, 2001), como los encontrados en la quebrada Lavapies (Prom: 55.9 mg/L), que sumados al pH neutro del cuerpo de aguas, reflejan la presencia de iones bicarbonatos y carbonatos en el sistema que favorecen la capacidad buffer de la quebrada.

En el tercer sitio de muestreo y en las épocas de baja pluviosidad y transición, se presentan valores de alcalinidad total que superan los 100 mg CaCO_3/L y un pH entre 7 - 7.4 (Tabla 3), esto se debe a que las aguas que poseen altos valores de alcalinidad total resisten mejor los cambios de pH, que en este caso se podrían presentar por la alta degradación de materia orgánica, bajo caudal y baja dinámica hídrica de éste afluente de la quebrada Lavapies, principalmente cuando hay baja pluviosidad. Pero estas diferencias de alcalinidad total a través del tiempo, no son estadísticamente significativas (ANOVA, Tabla 6), permitiendo inferir que las épocas pluviométrica no afectan la concentración de iones bicarbonato y carbonato en la microcuenca Lavapies.

En los demás sitios de muestreo se puede observar que los valores de alcalinidad total en promedio, tienden a aumentar, cuando se desciende a través de la quebrada (Fig. 25), variación que a través del espacio es significativa (Kruskal Wallis $P = 0.001$, Tabla 5), permitiendo deducir que los principales factores que afectan directamente la cantidad de iones bicarbonato y carbonato en el agua son los vertimientos de aguas residuales domésticas por que se incrementan los aportes y la acumulación de elementos alóctonos y nutrientes en la quebrada.

También se observó que al incrementarse la alcalinidad, el pH permanece en valores cercanos a la neutralidad, permitiendo determinar que estos valores de pH se deben a la presencia de un “buffer” en el sistema como es el anión bicarbonato HCO_3^- , producido por la sustitución de uno solo de los hidrógenos del ácido carbónico que a su vez produce los hidrogenocarbonatos o bicarbonatos, los cuales contienen este anión (HCO_3^-) (Vasquez, 2001).

Figura 25. Variación de pH, acidez total y alcalinidad total en los sitios de muestreo.

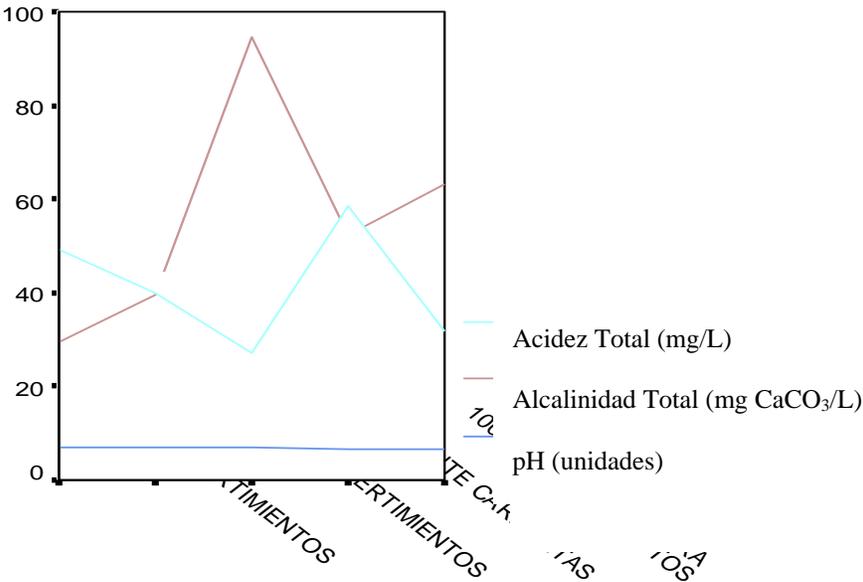
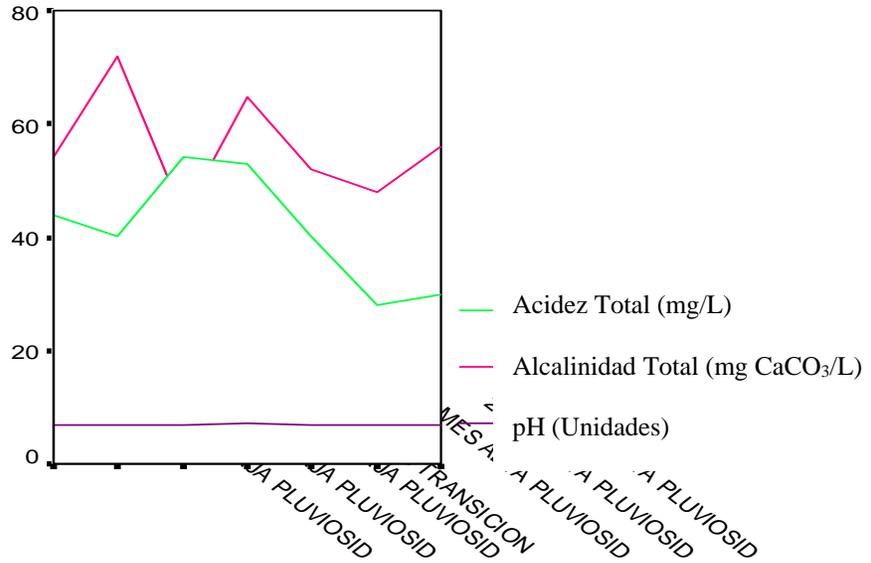


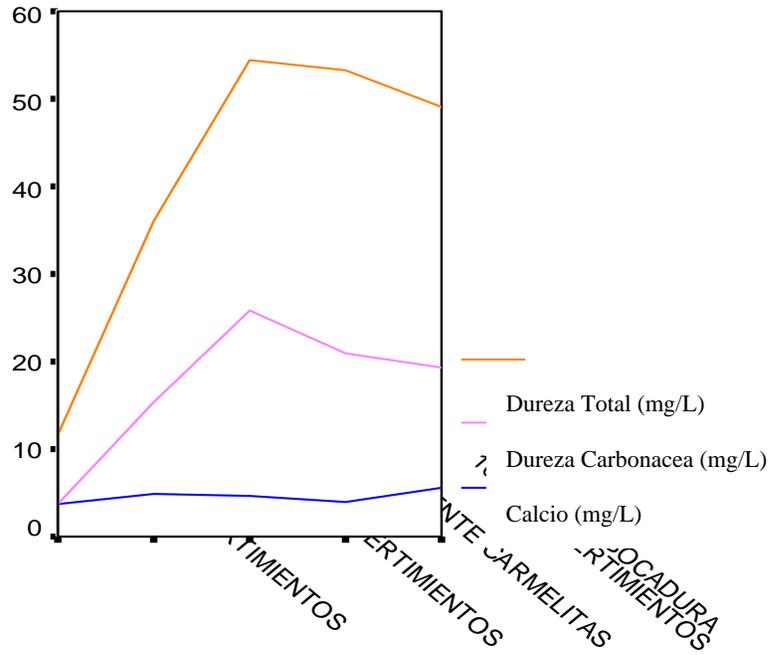
Figura 26. Variación de pH, acidez total y alcalinidad total durante las épocas de muestreo



➤ **Durezas y Calcio**

Según Sawyer y McCarty (1967: citado por Vásquez, 2001) las aguas de la quebrada Lavapies y su afluente Carmelitas son “blandas”, pues los valores de las durezas están por debajo de 75 mg CaCO₃ /L, considerándolas biológicamente poco productivas; y en relación con el calcio también se categorizan como poco productivas, puesto que en promedio los valores están por debajo de 10mg/L (Ohle 1934: citado por Vásquez, 2001) (Fig. 27). Pero se debe resaltar que en promedio los valores de durezas y calcio tienden a incrementar cuando hay presencia de vertimientos de aguas residuales domésticas, aunque estadísticamente solo la dureza carbonácea es afectada en forma significativa a través de los sitios de muestreo (ANOVA P<0.001, Tabla 4), coincidiendo con la alcalinidad, lo cual indica que los vertimientos de aguas residuales aportan bicarbonatos y carbonatos a la fuente de agua.

Figura 27. Variación de durezas y calcio en los sitios de muestreo

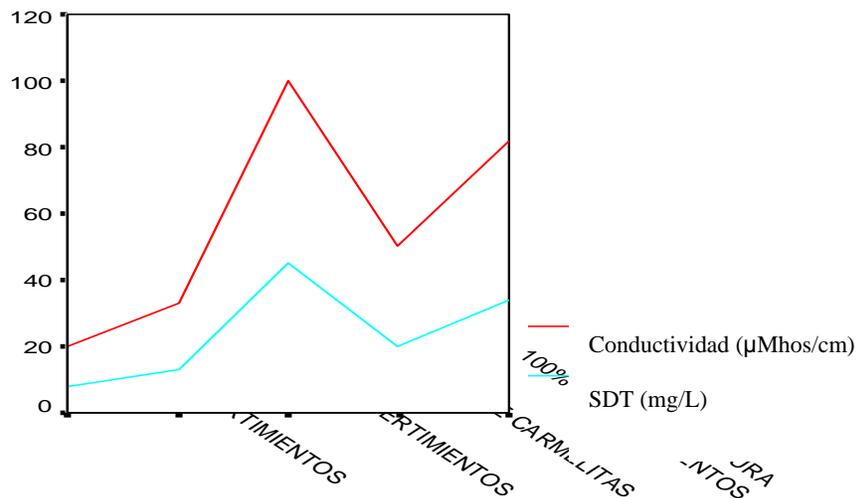


Con respecto a las épocas pluviométricas, sólo se puede asegurar que no afectan significativamente ninguno de éstos tres parámetros (Tabla 6 y 7), sin importar que al incrementarse las lluvias, también se aumenta el material alóctono el cual pudo aumentar la presencia de iones calcio, bicarbonatos y carbonatos e incrementar significativamente los valores de las durezas.

$\mu\text{Mhos/cm}$ y los SDT por encima de los 25 mg/L, valores propios de aguas mesotróficas, causados por la erosión del cause, arrastre de sedimentos, la disminución de la dinámica hídrica, y el incremento en un alto porcentaje de la carga orgánica y su descomposición.

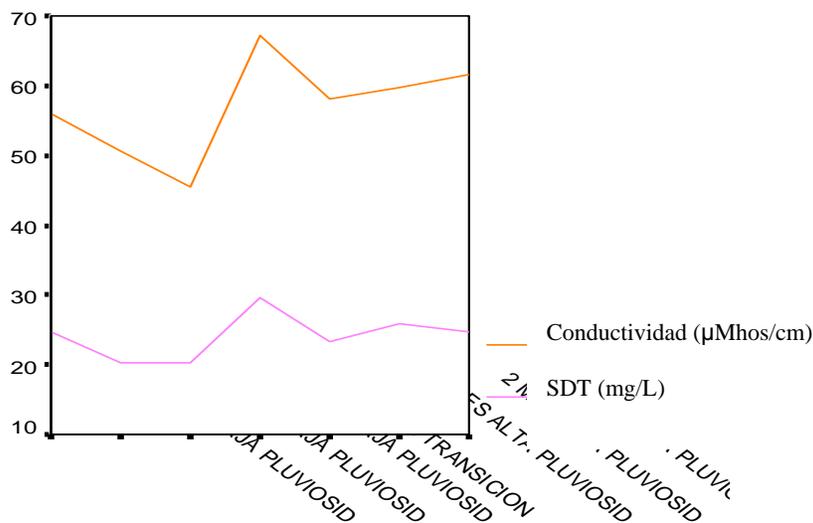
Por otra parte, el sitio 3 perteneciente al afluente Carmelitas manifiesta una alteración drástica y severa en los flujos energéticos y niveles tróficos, puesto que los valores de SDT se encuentran cerca de los 50 mg/L y presenta en promedio los valores mas altos de conductividad (99 $\mu\text{Mhos/cm}$), con lo cual se establece que ésta quebrada es un importante contribuidor de iones y demás SDT de la quebrada Lavapies, por la cantidad de materia orgánica que éste afluente transporta.

Figura 29. Variación de conductividad y SDT en los sitios de muestreo



La conductividad y los SDT no varían significativamente a través del tiempo puesto que al aplicar la prueba ANOVA, su significancia está por encima del 0.05 (Tabla 6), lo que indica que la cantidad de lluvias, la escorrentía y los arrastres no afectan en forma significativa a la conductividad y SDT en este microcuenca.

Figura 30. Variación de conductividad y SDT durante las épocas de muestreo.



➤ **Amonio, Nitritos, Nitratos.**

Los nutrientes pueden ser limitantes y se constituyen como los elementos más importantes en los ecosistemas acuáticos. En medios oligotróficos sus concentraciones son relativamente bajas, por el contrario en medio eutroficados las concentraciones alcanzan varios miligramos por litro. Puede ser uno de los factores más limitantes en la productividad primaria. (Roldán, 1992).

La quebrada Lavapies es un ecosistema muy intervenido a partir del segundo sitio de muestreo porque llegan vertimientos de aguas residuales que aumentan la concentración de amonio y de nitritos por encima de los valores establecidos como limitantes para el normal desarrollo y distribución de los macroinvertebrados y de la fauna íctica. Niveles de amonio superiores a 0.5 mg/L y de nitritos superiores a 0.05 mg/L, indican que hay alteraciones drásticas en la calidad del agua por la alta degradación de residuos orgánicos.

Los nitratos se encuentran en promedio entre 10 y 60 mg/L, (Fig. 31) rango establecido

para aguas no intervenidas. Esta aparente contradicción se debe principalmente al ciclo del Nitrógeno, que en la quebrada de estudio se da de la siguiente manera: la materia orgánica está llegando en altas cantidades a la fuente de agua, convirtiéndose inicialmente en NH_4^+ , luego en NH_2 y por último en NO_3 , pero aparentemente el ciclo se da muy lentamente y la materia orgánica se demora mucho en pasar de NH_4^+ hasta NO_3 . Por esta razón el pH también se mantiene en neutro a través del espacio.

En relación con la significancia, sólo el amonio tiene una variación significativa a través del espacio (Kruskal Wallis $P < 0.05$, Tabla 5), permitiendo inferir que los vertimientos de aguas residuales domésticas aportan a la quebrada lavapies descargas significativamente altas de este ión (NH_4^+) por medio de la degradación de tejidos vegetales y animales, y demás carga orgánica en general y luego pasa por el ciclo de Nitrógeno en forma “lenta”, debido a las características climáticas de la zona de estudio.

Figura 31. Variación de NO_3 y P en los sitios de muestreo

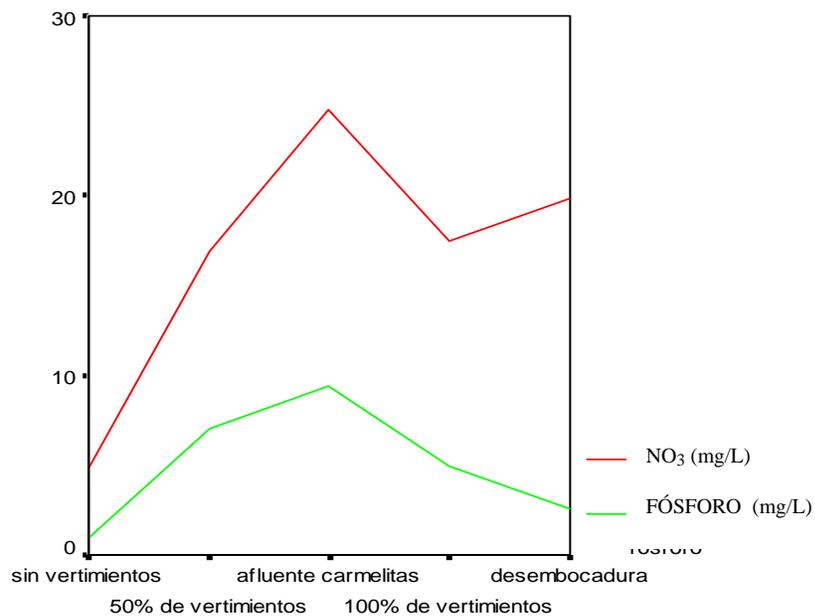
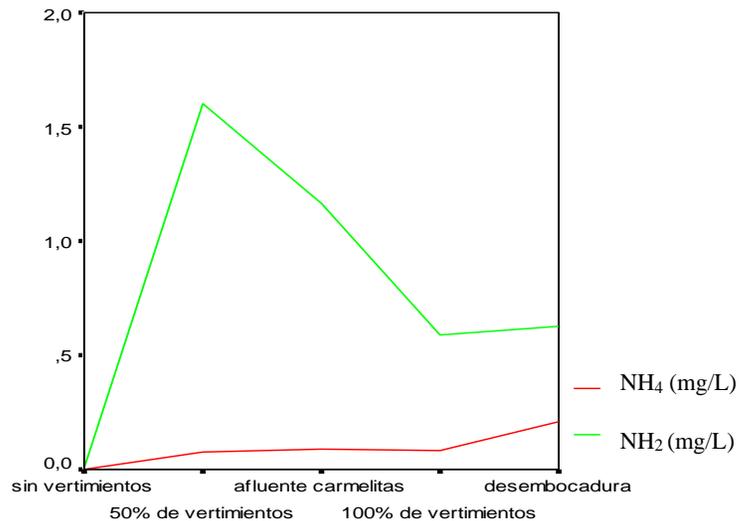


Figura 32. Variación de NH_4 y NO_2 en los sitios de muestreo



Estadísticamente hay una variación significativa de nitritos con respecto al tiempo, (Kruskal Wallis $P < 0.005$, Tabla 7). Lográndose observar que en el primer mes de baja pluviosidad y el mes de transición, este parámetro toma valores mas altos (Fig. 33 y 34), y en los meses de alta pluviosidad tiende a disminuir constantemente; esto es consecuencia del “lavado” que las lluvias hacen, y aunque es cierto que éstas aumentan significativamente el material alóctono, por el arrastre que hacen, la descomposición no se puede dar en forma normal y los residuos salen de la quebrada sin haber pasado por los ciclos de degradación propios de estos ecosistemas. Y por el contrario en los meses de baja pluviosidad los vertimientos de aguas residuales aportan gran cantidad de materia orgánica que permanece mas tiempo o se tiende a “acumular” en las aguas de la quebrada, por la baja dinámica que ésta presenta, aumentándose la cantidad de bacterias que en el sistema y por ende el ciclo se da mucho mas rápido.

El amonio también incrementó en los meses de muestreo, pero su variación no fue significativa estadísticamente (Kruskal Wallis $P > 0.05$, Tabla 7).

Figura 33. Variación de NO_3 y P durante las épocas de muestreo

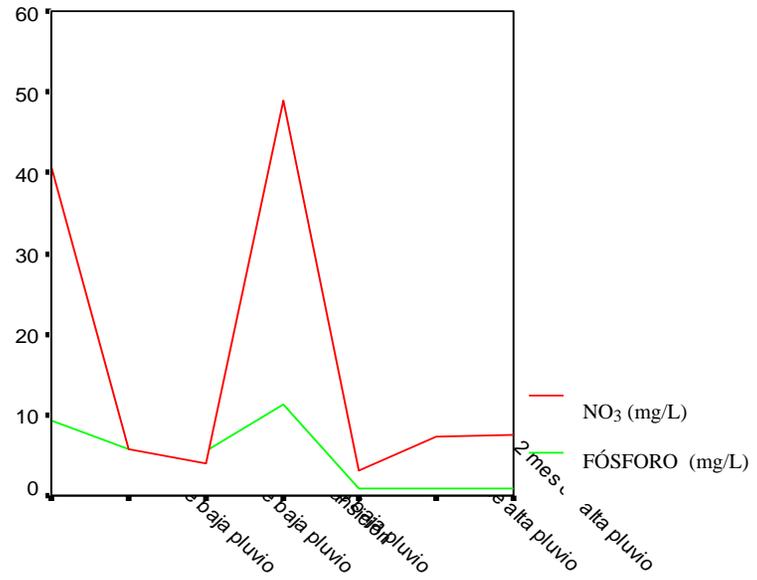
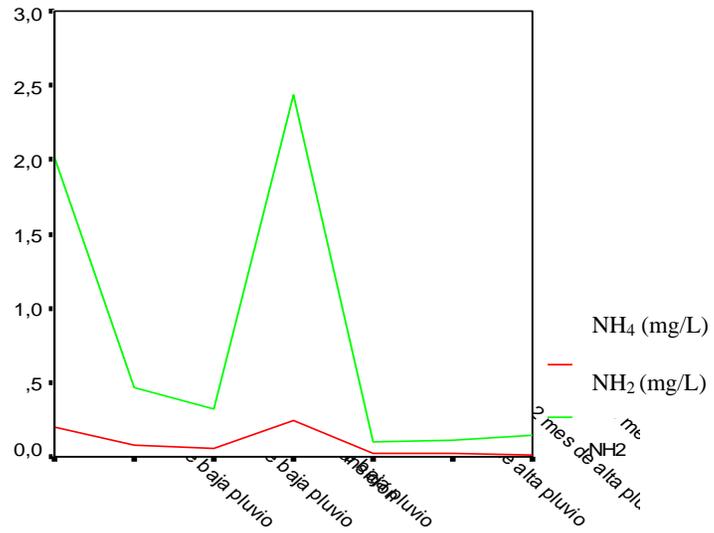


Figura 34. Variación de NH_4 Y NH_2 durante las épocas de muestreo



➤ **Fósforo**

El fósforo en los ecosistemas acuáticos, está en forma de ortofosfatos y el fosfato formado fundamentalmente por el fósforo orgánico disuelto, el cual es descompuesto por acción bacteriana en función de la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y del pH. (Vásquez, 2001).

El fósforo encontrado en las aguas de la microcuenca Lavapies poseen cantidades moderadas de este nutriente, que incrementan después de llegar los vertimientos de aguas residuales domésticas a la quebrada (Fig. 31), efecto producido principalmente por la mineralización y descomposición de materia orgánica y de los sedimentos del sustrato (Vásquez, 2001). También se observa que éstos tienen una relación con el pH, (Vásquez, 2001), puesto que cuando los fosfatos aumentan, el pH tiende a ser básico y viceversa; relación que no es muy claramente observable, por la existencia de un buen sistema buffer del sistema.

Debido al carácter no paramétrico del fósforo se aplicó la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 5) para observar las diferencias entre los sitios de muestreo, permitiendo establecer que las concentraciones de fósforo en el agua no varían significativamente a través del espacio, consecuencia de las rutas que el fósforo toma en el ciclo del fósforo; debido a que los vertimientos de aguas residuales domésticas aportan gran cantidad de este nutriente a la quebrada, pero puede ser rápidamente atrapado en los detritos y va a los sedimentos donde es liberado mas lentamente, dependiendo de las condiciones químicas del medio (Roldán, 1992), ó el fósforo orgánico disuelto es rápidamente descompuesto por los microorganismos y asimilado por el fitoplancton y las plantas acuáticas que existen en el cuerpo de aguas. Por estas razones las concentraciones de este nutriente en el agua son bajas y no se registra una variación significativa en relación con la presencia de vertimientos en la microcuenca.

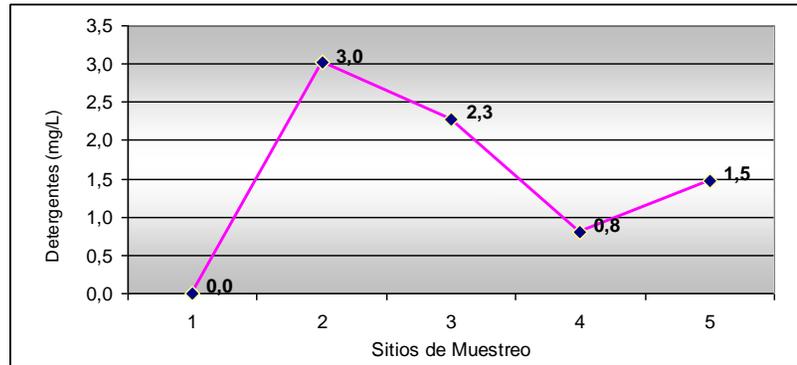
Por otra parte, el fósforo registra una variación significativa con respecto a los meses

muestreados (Kruskal Wallis $P < 0.05$, Tabla 7), incrementándose en meses de baja pluviosidad y disminuyendo progresivamente en meses de alta pluviosidad (Fig. 33). Esto se debe a que en los meses de baja pluviosidad la materia orgánica proveniente de los vertimientos de aguas residuales domésticas presenta un ciclo de descomposición completo, al no haber arrastre de material y liberando así los ortofosfatos a la columna de agua, en donde serán aprovechados por las macrófitas y el fitoplancton. Por otra parte, en época de alta pluviosidad el fósforo no presenta el ciclo en forma normal, debido a que hay un lavado de la materia orgánica, fuente principal de fósforo en el agua, además los muestreos se realizaron hasta un (1) día después de presentarse las lluvias.

➤ **Detergentes**

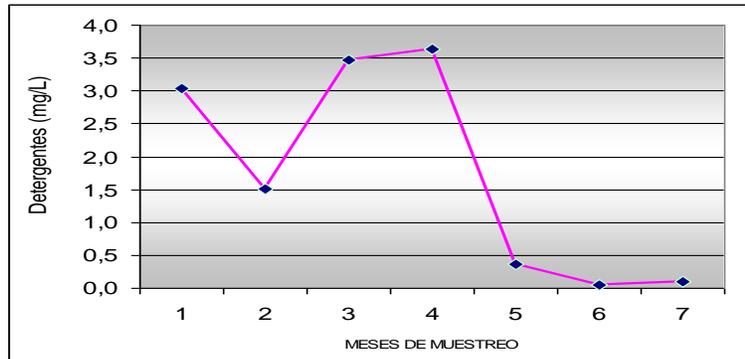
El primer sitio no posee concentraciones de detergentes, al pasar al segundo sitio de muestreo los detergentes toman valores por encima de las concentraciones permitidas en un cuerpo de aguas (0.5 mg/L). En el sitio 4 y 5 este parámetro disminuye en promedio muy seguramente por la dilución en el agua, pero los valores superan las concentraciones máximas admisibles (1.0 mg/L), permitiendo asegurar que los vertimientos de aguas residuales aportan altas cantidades de detergentes a la microcuenca que bajan la tensión superficial del agua, ejercen un efecto desoxigenador y contribuyen a la eutroficación de las aguas. Aunque esta Variación de los detergentes a través del espacio no es significativa (Kruskal Wallis, Tabla 5).

Figura. 35. Variación de Detergentes en los sitios de muestreo.



Según Kruskal Wallis ($P=0.001$, Tabla 7) el tiempo afecta significativamente las concentraciones de detergentes en el cuerpo de aguas, debido a que en los meses de baja pluviosidad y transición toman valores promedios entre 1.5 y 3.6 mg/L, y en los meses de alta pluviosidad los valores disminuyen hasta encontrarse por debajo de las concentraciones permitidas (0.5 mg/L). Esto se debe al aumento del caudal en la época alta pluviosidad, con lo cual hay remoción y arrastre de sedimentos.

Figura 36. Variación de los Detergentes durante las épocas de muestreo



➤ **Carga Orgánica**

La carga orgánica por su parte varía significativamente a través de los sitios de muestreo, según Kruskal Wallis ($P=0.005$, Tabla 5). El primer sitio tiene valores muy bajos porque las

descargas orgánicas son pocas puesto que no hay asentamientos humanos ni otro tipo de intervención antrópica; pero en el segundo sitio esa carga orgánica aumenta considerablemente por que hay presencia de vertimientos de aguas residuales domésticas que aportan altas cantidades de materia orgánica incrementando la eutroficación de la quebrada.

Sin embargo, en los sitios 4 y 5 los valores de carga orgánica nuevamente disminuyen (Fig. 37) debido a la reducción de los vertimientos de aguas residuales domésticas, y al incremento de caudal.

Por otra parte, la intensidad de lluvias no afecta significativamente la carga orgánica del sistema, aunque las aguas lluvias provenientes de las azoteas, techos de las casas y canales de desagüe existentes en la zona urbana del municipio de Sibundoy, arrastran consigo innumerable cantidad de residuos sólidos y líquidos hasta la quebrada, no es suficiente para incrementar en forma significativa la cantidad de materia orgánica, según la prueba ANOVA aplicada ($P > 0.05$, Tabla 6).

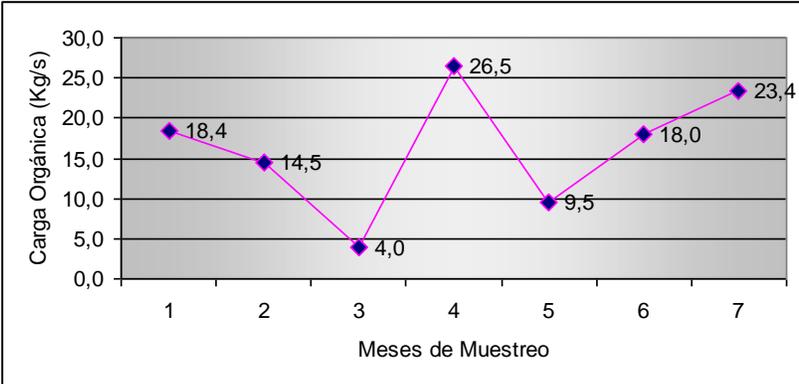
Figura 37. Variación de Carga Orgánica en los sitios de muestreo.



En la figura 38 se puede observar que en el mes de transición hay un aumento importante de carga orgánica, que puede ser consecuencia del día y la hora de muestreo, puesto que en

el momento de tomar las muestras se pudieron presentar descargas importantes de materia orgánica en la fuente de agua.

Figura 38. Variación de Carga Orgánica durante la época de muestreo



8.4 ANALISIS MACROBIOLOGICO

En la quebrada Lavapies se registró un total de 2032 individuos (Tabla 8), 98.43% de los cuales correspondió a la clase Insecta. Los órdenes más diversos fueron Diptera (92.13%), y Tricoptera (2.81%).

En relación al hábitat fluvial, la quebrada Lavapies y su afluente “Carmelitas” presentan a lo largo de todo su cauce un fondo pedregoso, rápidas corrientes y vegetación sumergente y emergente, por lo cual se esperaría encontrar una biota con distribución espacial relativamente homogénea en toda la microcuenca (Whiles y col. 2000, Rice y col. 2001), situación que claramente no fue observada. En contraste, la biota presentó un gradiente desde el primer sitio de muestreo (2400 msnm) hasta su confluencia con la quebrada “La Hidráulica”, encontrándose inicialmente los taxa que son reconocidamente sensibles y moderadamente sensibles a la contaminación, pertenecientes a los órdenes Plecoptera, Ephemeroptera y Tricóptera; y a medida que se desciende en el cauce y los vertimientos de aguas residuales domésticas llegan a la quebrada sólo dominan los taxa de gran tolerancia a la contaminación, como Diptera (Chironomidae), Haplotaxidae y Gastropoda (*Physa*), capaces de habitar por extensos periodos en aguas con concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto.

8.4.1 Resultados del Análisis Macrobiológico en los sitios de muestreo.

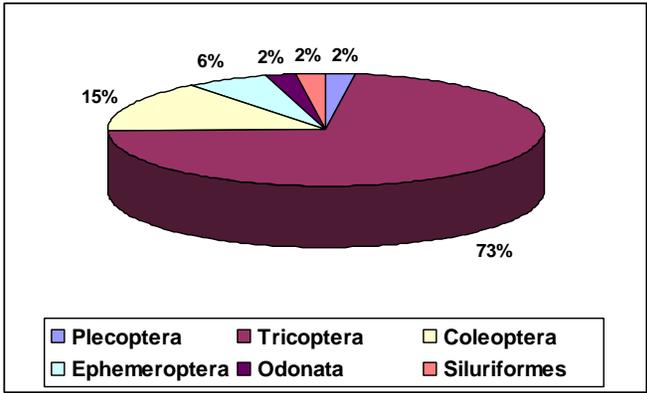
Tabla 8. Macroinvertebrados colectados a lo largo de la quebrada Lavapies y su afluente Carmelitas – Sibundoy Putumayo e índices de biodiversidad, y calidad de aguas.

PHYLUM- CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SITIOS DE MUESTREO					TOTAL
				1	2	3	4	5	
ARTHROPODA									
INSECTA									
	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	<i>Anacroneuria</i>	3					3
	Tricóptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema</i>	57					57
	Tricóptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Smicridia</i>	38					38
	Diptera	<i>Chironominae</i>	<i>Chironomus</i>		316	438	342	776	1872
	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>	8					8
	Coleoptera	<i>Gyrinidae</i>	<i>Dineutes</i>	1					1
	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	<i>Cylloepus</i>	18					18
	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	<i>Aeshna</i>	3					3
ANNELIDA									
OLIGOCHAETA	Haplotaxida	<i>Haplotaxidae</i>				5	3	8	16
MOLLUSCA									
GASTROPODA	Basommatophora	<i>Physidae</i>	<i>Physa</i>				5	8	13
Diversidad									
Shannon- Weiner				1,18	0,06	0,27	0,28	0,26	
BMWP				57	4	5	7	7	
ABUNDANCIA				131	316	443	350	792	2032

Donde: 1= Sin vertimientos
 2= 50% de vertimientos
 3= Afluente Carmelitas
 4= 100% de vertimientos
 5= Desembocadura

➤ **Sitio 1 (Sin Vertimientos).** En este sitio se colectaron 131 individuos pertenecientes a los órdenes: Plecóptera, Tricóptera, Odonata, Ephemeroptera, y Coleóptera; 7 familias y 8 géneros. Esta zona presenta un predominio de los Tricópteros (Fig. 31), organismos que se caracteriza por vivir en aguas muy limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal (Roldán, 1996). Le siguen en orden de importancia los Coleópteros que representan el 5% del total (19 individuos) (Figuras 39, 44 y 45), que por su rol trófico y su preferencia de hábitat se encuentran en las zonas líticas, especialmente en troncos y hojas en descomposición, piedras, arena y la vegetación sumergente y emergente. Estos organismos se consideran como bioindicadores de aguas limpias (Roldán, 1996).

Figura 39. Estructura de la fauna colectada en el primer sitio de muestreo, (Sin vertimientos).



Como fauna acompañante se colectaron 3 *Astroblepus* (Siluriformes: Astroblepidae), que representan el 2% de la fauna colectada (Figuras 39, 40 y 41).

Figura 40. *Astroblepus* sp.



Figura 41. *Astroblepus* sp.



- **Tricópteros colectados en el primer sitio de muestreo, (Sin vertimientos)**

Figura 42. *Leptonema* sp.



Figura 43. *Smicridia* sp.



- **Coleópteros colectados en el primer sitio de muestreo, (Sin vertimientos).**

Figura 44. *Cylloepus* sp.



Figura 45. *Dineutes* sp.



Los Ephemeropteros del género *Baetis* (Fig. 46) ocupan el tercer lugar con el 6% del total de individuos colectados, estos organismos viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, sus ninfas se encuentran adheridas normalmente a rocas, troncos, hojas o vegetación sumergida (Roldán, 1996).

Figura 46. *Baetis sp*



Y por último con un 2% del total de órdenes colectados se encuentran los Odonatos del género *Aeshna* (Figuras 39 y 47), que viven por lo general rodeados de abundante vegetación acuática sumergente y emergente, y en aguas limpias; y los Plecópteros del género *Anacroneuria* (Fig. 48) que se caracterizan por encontrarse en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2000 m de altura.

- **Odonatos colectados en el primer sitio de muestreo, (Sin vertimientos).**

Figura 47. *Aeshna sp.*



- **Plecópteros colectados en el primer sitio de muestreo, (sin vertimientos).**

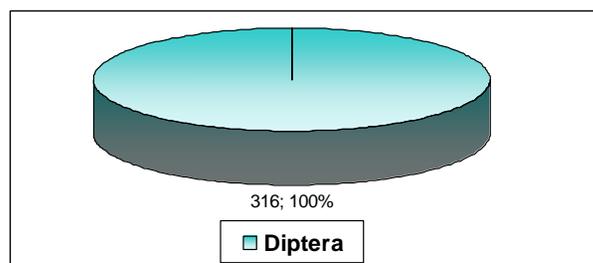
Figura 48. *Anacroneuria sp.*



➤ **Sitio 2 (50% de vertimientos).** En este sitio se colectaron 316 individuos, el 100% pertenecientes al orden Díptera (Fig. 49; tabla 8), de la familia Chironomidae y género *Chironomus* (Figuras 50 y 51). Estos individuos viven en aguas lóxicas y léxicas con abundante materia orgánica en descomposición, son indicadores de aguas mesotróficas.

En este sitio de muestreo se colectaron individuos del género *Chironomus* en dos estadios de su metamorfosis, siendo los del primer estadio los mas abundantes; aunque se debe resaltar que los juveniles solo se capturaron en la época de alta pluviosidad, permitiendo inferir que estos individuos aceleran su metamorfosis cuando las lluvias aumentan o que son arrastrados por la corriente, aguas abajo.

Figura 49. Estructura de la fauna colectada en el segundo sitio de muestreo, (50% de vertimientos).



- **Dípteros colectados en el segundo sitio de muestreo, (Sin vertimientos).**

Figura 50. *Chironomus sp.* (Larvas)

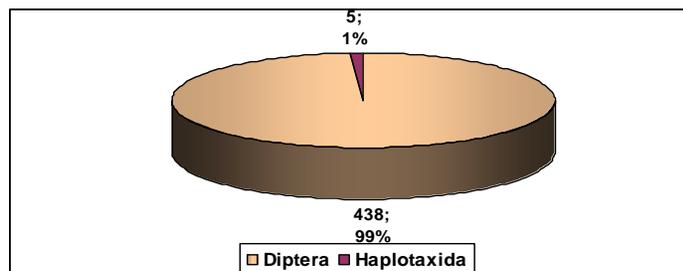


Figura 51. *Chironomus sp.* (Larval avanzado)



➤ **Sitio 3 (Afluente Carmelitas).** El afluente Carmelitas es una quebrada con alta carga orgánica de acuerdo con los parámetros físicos y químicos analizados anteriormente, y corroborados con la fauna encontrada, pues de 443 individuos que se colectaron, el 99% pertenecen al género *Chironomus* y el 1% restante al orden Haplotáxida (Fig. 52), los cuales son indicadores de aguas mezo - eutróficas, pues viven en ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras.

Figura 52. Estructura de la fauna colectada en el tercer sitio de muestreo, (afluente Carmelitas).



El total de los Dípteros muestreados se encontraron distribuidos en tres estadios de su metamorfosis (Figuras 53, 54 y 55) en relación con los cambios pluviométricos, es así como en

la época de baja pluviosidad se encontraron individuos en estado larval y larval avanzado; en transición solo se encontraron larvas y en época de alta pluviosidad, larvas y juveniles.

- **Dípteros colectados en el tercer sitio de muestreo, (afluente Carmelitas).**

Figura 53. *Chironomus sp.*
(Estado Larval)



Figura 54. *Chironomus sp.*
(Estado Larval avanzado)



Figura 55. *Chironomus sp.* (Estado juvenil o subimago)



Haplotáxida colectado en el tercer sitio de muestreo, (afluente Carmelitas).

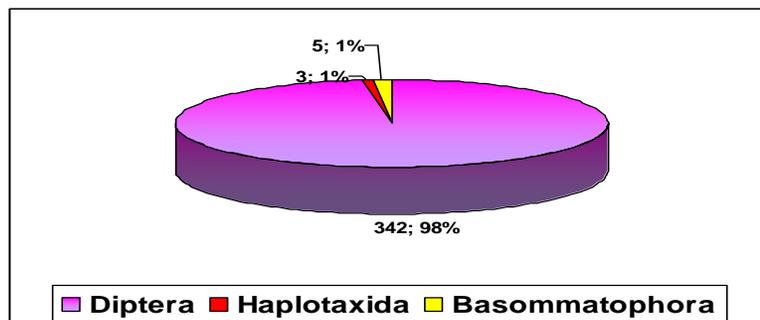
Figura 56. Haplotáxidae



➤ **Sitio 4 (100% de vertimientos).** Este sitio también tiene predominancia de Dípteros del género *Chironomus* sp. con el 98% de los individuos colectados; seguido por los representantes del orden Haplotáxida y el género *Physa* del orden Basommatophora (Fig. 57). Todos son indicadores de degradación de materia orgánica, encontrados generalmente en aguas contaminadas.

Con estos resultados se determinó que del estado mesotrófico del sitio dos, la quebrada pasa a un estado eutrófico del sitio 4 en adelante, debido al incremento de los vertimientos de aguas residuales domésticas (100%), y a la carga orgánica aportada por el afluente Carmelitas.

Figura 57. Estructura de la fauna colectada en el cuarto sitio de muestreo, (100% de vertimientos).



- **Dípteros colectados en el cuarto sitio de muestreo, (100% de vertimientos).**

Figura 58. *Chironomus* sp.
(Estado Larval)



Figura 59. *Chironomus* sp.
(Estado Larval avanzado)



Figura 60. *Chironomus* sp.
(Estado juvenil o subimago)



- **Haplotáxida colectado en el cuarto sitio de muestreo, (100% de vertimientos).**

Figura 61. Haplotáxidae.



- **Basommatophora** colectado en el cuarto sitio de muestreo, (100% de vertimientos).

Figura 62. *Physa* sp.



➤ **Sitio 5 (desembocadura).** Con este muestreo se puede inferir que las aguas de la quebrada Lavapies no tienden a recuperar su calidad biológica a través del espacio, puesto que en este sitio se encontraron ejemplares indicadores de aguas contaminadas por cantidades considerables de materia orgánica, tales como representantes del orden Díptera, del género *Chironomus*, los cuales fueron los más predominantes, como en los demás sitios de muestreo, con 776 individuos, es decir, fueron el 99% del total de individuos colectados en los tres muestreos realizados (Fig. 63).

También se colectaron individuos pertenecientes al orden Basommatophora y Haplotaxida, cada uno con ocho individuos en total, los cuales también viven en aguas eutroficadas o en ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras.

Figura 63. Estructura de la fauna colectada en el quinto sitio de muestreo, (Desembocadura).

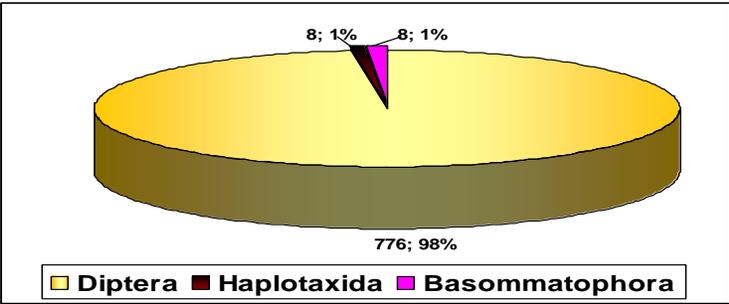


Figura 64. Parte de la fauna colectada en el quinto sitio de muestreo



8.4.2 Resultados del Análisis Macrobiológico según la época de muestreo.

Tabla 9. Macroinvertebrados colectados durante tres épocas pluviométricas en la quebrada Lavapies y su afluente Carmelitas – Sibundoy Putumayo.

PHYLUM-CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	EPOCAS DE MUESTREO			TOTAL
				BAJA PLUVIOSIDAD	TRANSICION	ALTA PLUVIOSIDAD	
ARTHROPODA							
INSECTA							
	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	<i>Anacroneuria</i>	2		1	3
	Tricóptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema</i>	1	56		57
	Tricóptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Smicridia</i>	8	18	12	38
	Diptera	<i>Chironominae</i>	<i>Chironomus</i>	539	596	737	1872
	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>	4	1	3	8
	Coleoptera	<i>Gyrinidae</i>	<i>Dineutes</i>	1			1
	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	<i>Cylloepus</i>		14	4	18
	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	<i>Aeshna</i>		3		3
ANNELIDA							
	OLIGOCHAETA	Haplotaxida	<i>Haplotaxidae</i>	5	6	5	16
MOLLUSCA							
	GASTROPODA	Basommatophora	<i>Physidae</i>				
			<i>Physa</i>		13		13
Diversidad-Shannon				0,74	0,66	0,64	
BMWP				53	44	36	
Abundancia				560	710	762	2032

➤ **Época de Baja Pluviosidad**

En la época de baja pluviosidad se colectaron 560 individuos pertenecientes a 6 órdenes, 6 familias y 7 géneros de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (Tabla 9). Esta época presenta una predominancia de organismos del orden Díptera del género *Chironomus* con el 96.25 % (539 individuos), distribuidos en tres estadios de su metamorfosis: Larval (90% de los individuos coletados), Larval avanzado (9% de los individuos coletados) y Juvenil (1% de los individuos coletados) (Fig. 65). Le siguen en orden de predominancia con el 1.61 % los tricópteros (9 individuos), con el 0.89 % del total, los Haplotaixidae (5 individuos) y por último los Ephemeropteros (0.71%; 4 individuos), los Plecópteros (0.36%; 2 individuos) y los Coleópteros del género *Dineutes* (0.18%; 1 individuo) (Fig. 66).

Figura 65. Estadios de reproducción de los Dípteros coletados en la época de baja Pluviosidad

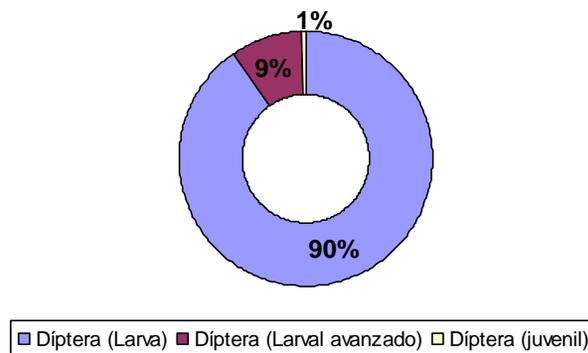
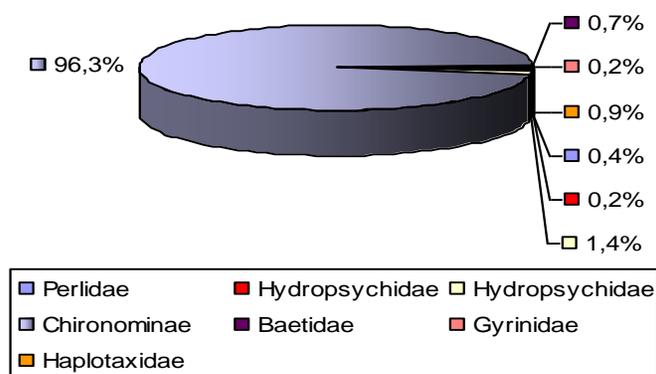


Figura 66. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados coletados en la época de baja pluviosidad.

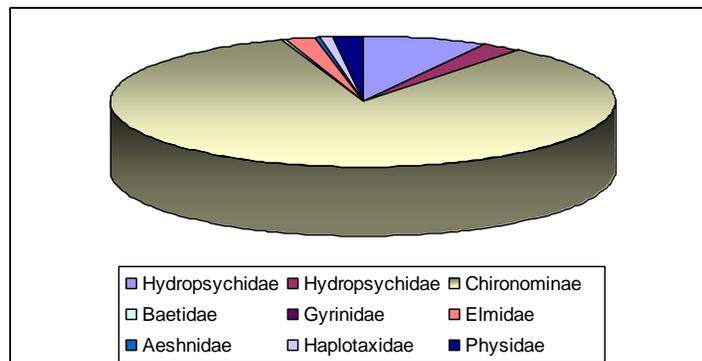


➤ **Transición**

En la época de transición se colectaron 710 individuos pertenecientes a 7 órdenes, 7 familias y 8 géneros de macroinvertebrados acuáticos y 3 ejemplares del orden Siluriformes, de la familia Astroblepidae y del género *Astroblepus* (Tabla 9).

Esta época se caracterizó por presentar una predominancia en Dípteros del género *Chironomus* con el 83.9% del total de los organismos colectados, todos en estado larval; le sigue en orden de importancia los tricópteros del género *Leptonema* (7. 89%) y *Smicridia* (2.54); los coleopteros del género *Cylloepus* (1.97); *physa* (1.83%) y por último con menos del 1% del total de individuos los ephemeropteras, odonatos y haplotaxidae, y como fauna acompañante los Siluriformes. (Fig. 67).

Figura 67. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados colectados en la época de Transición



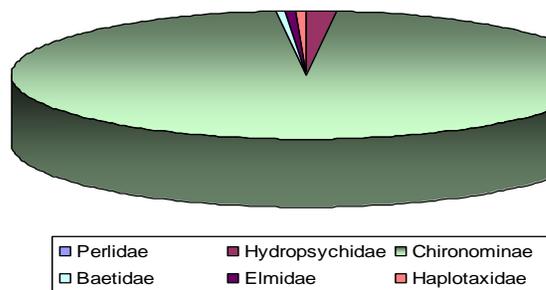
➤ **Época de Alta Pluviosidad**

En la época de alta pluviosidad se colectaron 762 ejemplares, pertenecientes a 6 órdenes, 6 familias y 6 géneros de macroinvertebrados bentónicos epicontinentales.(Tabla 9). Aunque en esta época el caudal de la quebrada tendió a incrementar, este no tuvo incidencia significativa en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados del cuerpo de aguas, puesto que en esta época pluviométrica siguen predominando los dípteros del género

Chironomus sp. con el 96.72 % de individuos totales, siguiendo en orden de importancia los Tricópteros del género *Smicridia* sp. con el 1.57% y finalmente con menos del 1%, los ordenes Haplotaaxida, Coleoptera, Ephemeroptera y Plecoptera. (Fig. 68).

Con respecto al estado larval de los *Chironomus* se encontraron 486 individuos en estado Larval, 206 individuos en estado Larval avanzado y 45 en estado juvenil, permitiendo inferir que en esta época los organismos logran pasar de larvas a larvas avanzadas y juveniles en mayor número con respecto a otras épocas.

Figura 68. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados colectados en la época de Alta Pluviosidad



8.4.3 Análisis de los Índices de Diversidad y BMWP.

6.4.3.1 Índice de Diversidad de Shannon Wiener en sitios de muestreo

➤ **Primer sitio de muestreo (Sin vertimientos).** De acuerdo con el Índice de Shannon Wiener, el primer sitio de muestreo que pertenece a la zona donde no hay vertimientos de aguas residuales domésticas, la diversidad es la mas alta con respecto a los demás sitios de muestreo. En este sitio se encontraron la mayor cantidad de géneros, puesto que las características fisicoquímicas y principalmente la temperatura hídrica, el oxígeno y la baja cantidad de materia orgánica, permitieron el desarrollo de varias especies, propias de aguas

limpias como los Plecópteros, Tricópteros y Ephemeropteros. Sin embargo, la diversidad presenta un valor medio.

➤ **Segundo sitio de muestreo (50% de vertimientos).** Desde el segundo sitio de muestreo, es decir, después de que la quebrada ha recibido el 50% de los vertimientos de aguas residuales domésticas, la calidad del agua disminuye y se obtienen valores del índice de Shannon Wiener entre 0 y 0.17 (Tabla 8), que corresponden a aguas muy contaminadas. Esta categorización concuerda con la baja diversidad de organismos presentes en la zona, indicando el alto grado de alteración en el que se encuentra la quebrada Lavapies en este sitio de muestreo por efecto de vertimientos de aguas residuales domésticas y otros desechos orgánicos.

➤ **Tercer sitio de muestreo (afluente Carmelitas).** En esta estación la diversidad está entre 0.23 a 0.30 (Tabla 8), correspondientes a aguas muy contaminadas, indicando que ésta quebrada es un cuerpo de aguas altamente alterado, principalmente por la gran cantidad de vertimientos de aguas residuales domésticas y otros desechos orgánicos que vierten los habitantes del municipio de Sibundoy.

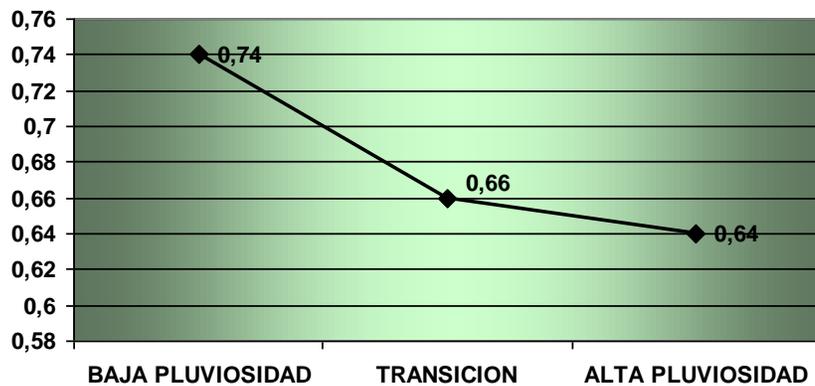
➤ **Cuarto sitio de muestreo (100% de vertimientos).** La diversidad incrementa en esta estación con respecto al segundo sitio de muestreo, pero los valores siguen estando dentro del rango de aguas muy contaminadas (0.0-1.5) (Roldán, 1992), por lo cual se puede establecer que la cantidad de géneros a aumentado en una pequeña proporción, pero ese relativo aumento en diversidad, se debe a que en el cuerpo de aguas hay presencia de nuevos individuos indicadores de la eutrofia que aparecen por el incremento de la carga orgánica.

➤ **Quinto sitio de muestreo (desembocadura).** La diversidad de la quebrada Lavapies en la desembocadura según el índice de Shannon Wiener disminuye, pues en esta estación se obtuvieron valores entre 0.17 – 0.39 (Tabla 8), estos valores corresponden a aguas muy contaminadas; indicando un alto grado de alteración causada por la descomposición de grandes cantidades de materia orgánica producidas por los vertimientos de aguas residuales domésticas.

6.4.3.2 Índice de Diversidad de Shannon Wiener en las épocas de muestreo.

El índice de diversidad de Shannon Wiener no presenta variación significativa en las épocas de baja pluviosidad, transición y alta pluviosidad, puesto que la clasificación de cada uno los sitios de muestreo a través de las tres épocas muestreadas es el mismo (aguas altamente contaminadas y baja diversidad); indicando que el clima afecta levemente la cantidad de especies encontradas en la quebrada Lavapies y su afluente “Carmelitas”, observándose que hay una tendencia a disminuir la diversidad cuando el régimen de lluvias incrementa, siendo el resultado del lavado que estas hacen a través del canal de la quebrada.

Figura 69. variación del índice de diversidad de Shannon Wiener por época pluviométrica de muestreo



6.4.3.3 Índice BMWP

- Índice BMWP en los sitios de muestreo

Tabla 10. Índice de BMWP a través los sitios de muestreo.

SITIOS DE MUESTREO	PUNTAJE BMWP	CLASE	COLOR CARTOGRAFICO	CALIDAD	CARACTERISTICAS
Sin Vertimientos	57	III	Amarillo	Dudosa	Aguas Contaminadas
50% de vertimientos	4	VI	Rojo	Muy crítica	Aguas Fuertemente contaminadas
Afluente Carmelitas	5	VI	Rojo	Muy crítica	Aguas Fuertemente contaminadas
100% de vertimientos	7	VI	Rojo	Muy crítica	Aguas Fuertemente contaminadas
Desembocadura	7	VI	Rojo	Muy crítica	Aguas Fuertemente contaminadas

En relación con el índice BMWP adaptado para Colombia se determina que el primer sitio de muestro donde no hay vertimientos de aguas domésticas tienen una calidad DUDOSA, (Tabla 10) categorizándolas como contaminadas, es decir, en estas aguas se presentan características naturales aceptables para el desarrollo de una comunidad biótica constituida por organismos propios de aguas limpias y medianamente contaminadas.

Las aguas de los demás sitios de muestreos, se categorizan según el Índice BMWP como aguas fuertemente contaminadas y de calidad muy crítica. Teniendo en cuenta estos valores, se puede concluir que estos cuatro sitios de muestreo están afectados de manera significativa por las descargas de aguas residuales domésticas, aunque se observa una tendencia a incrementar la calidad biológica a través del espacio, después del tercer sitio de

muestreo, la quebrada no alcanza a recuperarse y desemboca en la quebrada la “Hidráulica” con altas cantidades de carga orgánica y por ende con fauna propia de aguas contaminadas.

▪ **Análisis del Índice BMWP en las épocas muestreo.**

Tabla 11. Índice de BMWP a través las épocas de muestreo

EPOCAS DE MUESTREO	PUNTAJE BMWP	CLASE	COLOR CARTOGRAFICO	CALIDAD	CARACTERISTICAS
Baja Pluviosidad	53	IV	Amarillo	Dudosa	Aguas Contaminadas
Transición	44	IV	Amarillo	Dudosa	Aguas Contaminadas
Baja Pluviosidad	36	IV	Amarillo	Dudosa	Aguas Contaminadas

Con respecto al tiempo, el índice BMWP para Colombia, no presenta variaciones significativas, puesto que en las tres épocas muestreadas, las aguas de la quebrada se encuentran en la clase IV, de calidad Dudosa y con características de aguas contaminadas (Tabla 11).

8.5 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Tabla 12. Datos microbiólogos de la quebrada Lavapies, municipio de Sibundoy – Putumayo.

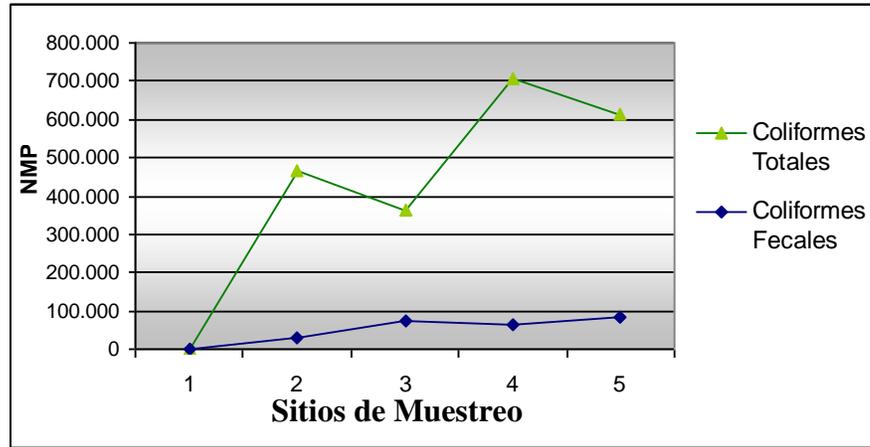
MES	SITIO DE MUESTREO	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	
		Coliformes Fecales	Coliformes Totales
Baja Pluviosidad	1	120	488
	2	1.600	1.600
	3	1.200	1.419
	4	1.636	1.636
	5	1.650	1.650
Transición	1	488	613
	2	>2419,6	>2419,6
	3	1.414	>2419,6
	4	>2419	>2419,6
	5	1.986	>2419,6
Alta Pluviosidad	1	425	800
	2	80.000	1.400.000
	3	220.000	1.080.000
	4	190.000	2.120.000
	5	250.000	1.840.000

Tabla 13. Datos promedios del análisis microbiológico por sitios de muestreo

Sitios de Muestreo	Coliformes Fecales	Coliformes Totales
1	344	634
2	28.007	468.007
3	74.205	361.280
4	64.685	708.019
5	84.545	614.690

Los cinco muestreos realizados indican que hay una diferencia de calidad biológica muy marcada a través del cause de la quebrada Lavapies, observándose que el primer sitio, ubicado a 2400 m.s.n.m, donde no hay vertimientos de aguas residuales domésticas, presenta una cantidad menor de microorganismos con relación a los demás sitios de muestreo (Tabla 13; Fig. 70), y según la clasificación de aguas establecida por la OMS (1978), la calidad bacteriológica de estas aguas requiere la aplicación de métodos habituales de tratamiento como coagulación y filtración; y según los criterios para uso del agua, estas son aptas para baño, natación, pesca, remo y agricultura, pero no es aceptable para la acuicultura por estar por encima de los 230 coliformes totales admisibles, ni mucho menos para consumo, por que hay presencia de coliformes totales y fecales que son perjudiciales para la salud humana, pero dichas bacterias se pueden eliminar por un método muy económico, fácil y seguro, ya que se destruyen añadiendo unas pocas partes por millón de cloro, y el sabor del cloro se elimina con sulfito de sodio.

Figura 70. Variación promedio del análisis microbiológico por sitios de muestreo



Desde el sitio de muestreo 2 en adelante y según los criterios de calidad bacteriológica utilizados por la OMS, este tipo de aguas pertenecen a la clase IV (>50.000 NMP de coliformes totales en 100 ml de muestra), contaminación extrema, que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales. Esta fuente hídrica no es admisible para baño y natación por estar por encima de 200 NMP de coliformes /100 mL; tampoco es aceptable para recreo (remo y pesca) ya que el límite es de 1000 NMP microorganismos /L, tampoco es aceptable para la acuicultura por estar por encima de las 230 coliformes totales admisibles y para agricultura se admite hasta 5000 coliformes totales y 100 fecales por lo que esta agua tampoco es apta para este fin.

Por estas razones se puede concluir que los vertimientos de aguas residuales domésticas han causado una grave alteración en las aguas de la quebrada Lavapies y su afluente Carmelitas, y han bajado su potabilidad de manera que las hacen inutilizables en la parte doméstica, agrícola e industrial, puesto que después de recibir las descargas de aguas residuales, los coliformes totales y fecales toman valores supremamente altos, indicando la entrada de altas cantidades de aguas negras al ecosistema y por lo tanto, riesgo de eutroficación.

Tabla 14. Datos promedios del análisis microbiológico por épocas de muestreo

Épocas de Muestreo	Coliformes fecales	Coliformes totales
Baja Pluviosidad	6.206	6.793
Transición	8.727	10.291
Alta Pluviosidad	740.425	6.440.800

Los microorganismos acuáticos con relación al tiempo variaron significativamente, obteniéndose los valores más altos en alta pluviosidad, consecuencia de los arrastres de carga orgánica, erosiones que introducen al cuerpo de aguas bacterias del suelo; y las bacterias que caen del aire a la superficie de las aguas, además el día y la hora de muestreo también pudieron incidir en la cantidad de coliformes obtenidos, por que se pudo realizar después de una alta descarga de residuos domésticos, lavado de cocheras, entre otros.

9. CONCLUSIONES

- La quebrada Lavapies no presenta en su primer tramo vertimientos de aguas residuales domésticas y es poco intervenida por otras actividades antrópicas, presentando características propias de aguas oligotróficas.
- En el segundo tramo, que inicia cuando la quebrada entra en el municipio de Sibundoy, empieza a alterarse la calidad física, química y biológica del cuerpo de agua, debido a la gran cantidad de vertimientos de aguas residuales.
- Un factor adicional que altera la calidad del agua de la quebrada en estudio, es la quebrda Carmelitas, afluente de gran importancia por el alto contenido de materia orgánica, producto de los vertimientos de aguas residuales domésticas. Éste afluente presentó un estado mesotrófico con tendencia a la eutrofia.

El tramo final de la quebrada Lavapies presenta características típicas de ecosistemas eutrofizados, con lo cual se determinó que el cuerpo de agua no recuperan su estado inicial de oligotrófia, aunque tiende a regenerarse, pero las condiciones de temperatura, la disminución en la dinámica hídrica, la alta cantidad de materia orgánica que se acumula en esta última parte, la poca distancia que hay entre la salida de la quebrada del municipio (cuarto sitio de muestreo) y la desembocadura (Aproximadamente 500 metros) y el bajo caudal, limitan la degradación acelerada de la materia orgánica, y así desemboca en la quebrada “La Hidráulica” incrementando la carga orgánica de este receptor.

- Con respecto al análisis fisicoquímico, durante el tiempo de trabajo no se presentaron efectos estadísticamente significativos en la mayoría de los parámetros medidos, esto se debe a que la cantidad de vertimientos de aguas residuales domésticas, que son el principal contaminante de la quebrada Lavapies, en las tres épocas de muestreo son relativamente

iguales, y además en esta zona no hay una diferencia muy marcada con respecto a la cantidad de precipitaciones, temperatura y clima en general.

➤ Las condiciones favorables del primer sitio de muestreo han permitido el establecimiento de una fauna de macroinvertebrados con características propias de aguas poco productivas y de muy buena calidad de agua como es el caso de los Plecópteros Tricópteros, Ephemeropteros y Coleópteros del género *Cyloepus*.

➤ La quebrada desde el segundo sitio de muestreo, presenta una marcada intervención antrópica por el vertimiento de aguas residuales domésticas, los cuales llegan a la quebrada sin un tratamiento previo, limitando con esto el normal desarrollo de la biota acuática. Los organismos en esta zona tienden a desaparecer quedando u originándose solo aquellos que resisten mejor dichas alteraciones. Esta zona presenta organismos de aguas mesotróficas con una baja diversidad como es el caso de los individuos pertenecientes al género *Chironomus*.

➤ En los sitios de muestreo 3, 4 y 5 siguen predominando los individuos del orden *Chironomus*, *Basommatophora* y *Haplotaxida*, todos estos indicadores de aguas intervenidas con descargas de materia orgánica en alta cantidad. Indicando que la quebrada disminuye sustancialmente su calidad biológica, y la diversidad de especies, con las descargas de aguas residuales domésticas.

➤ Según el análisis microbiológico, la quebrada Lavapies al llegar a la zona urbana del municipio de Sibundoy está altamente alterada por los vertimientos de aguas residuales domésticas, y por lo tanto no es posible usarla para consumo humano, recreo (remo y pesca), agricultura, acuicultura, baño, o natación a menos que se someta a un tratamiento especial que permita su recuperación.

➤ El análisis de los parámetros fisicoquímicos, la caracterización de los macroinvertebrados acuáticos y el análisis microbiológico permitieron comparar las

estaciones de muestreo y determinar que la quebrada se afecta significativamente desde el segundo sitio de muestreo donde la quebrada recibe la materia orgánica proveniente de los vertimientos de aguas residuales domésticas.

10. RECOMENDACIONES

- Es prioritario mejorar el alcantarillado existente y tomar las medidas pertinentes que faciliten la conexión de las viviendas que vierten sus aguas residuales domésticas a la quebrada Lavapies, lo cual minimizará en un alto porcentaje la contaminación causada por los mismos.
- Capacitar y sensibilizar a la comunidad del área de influencia sobre la problemática de la quebrada, concientizarlos del daño ecológico y biológico que están causando con el mal manejo de desechos orgánicos e inorgánicos provenientes de los proyectos de crianza de animales domésticos como cerdos, cuyes, entre otros y brindar alternativas económicas de manejo, sin perjudicar directamente el ecosistema tales como, reciclar aguas residuales, provenientes del lavado de ropa y aguas lluvias; y la producción de abono orgánico.
- Realizar talleres de educación ambiental que contribuyan a motivar el sentido de pertenencia de la comunidad hacia los recursos naturales con los que cuenta el municipio de Sibundoy para garantizar su conservación y protección e implementar estrategias de aprovechamiento en forma sostenible.
- Realizar un seguimiento anual a los resultados obtenidos en este estudio con base en los parámetros fisicoquímicos y biológicos de la quebrada Lavapies, para observar su comportamiento en el tiempo, teniendo en cuenta los aspectos antrópicos tales como la intensidad y frecuencia con la que las aguas residuales domésticas son vertidas a la fuente de agua.
- Gestionar la construcción del alcantarillado de aguas lluvias, obra que evitará que por efecto de las lluvias sean arrastrados gran cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos hasta la quebrada Lavapies y demás quebradas del municipio de Sibundoy, incidiendo significativamente en la calidad biológica y fisicoquímica de sus aguas.

- Implementar las estrategias que permitan el cumplimiento de la normatividad legal vigente sobre la disposición final de los residuos del matadero, teniendo en cuenta que es uno de los principales focos de contaminación de la quebrada Lavapies.
- Realizar un estudio Biológico y fisicoquímico completo de la quebrada Carmelitas, ya que los resultados de este estudio determinan que es un cuerpo de aguas altamente intervenido principalmente por vertimientos de aguas residuales domésticas y demás residuos orgánicos e inorgánicos que llegan a esta agua en forma directa y/o indirecta.

11. BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA, WPCF. Métodos normalizados. Para el análisis de aguas potables y residuales. 17ed. Madrid –España. DIAZ DE SANTOS.1992.

ARD Y FUNDACIÓN CULTURAL DEL PUTUMAYO. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Sibundoy. 244 P. Sibundoy. 2005.

ARIAS, Arnold y CALVACHE, María Julieta. Caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán.. Trabajo de grado (Biólogo). UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán, 2002

ARMITAGE, P. B. MOSS, D. WRIGHT, J.F. & FURSE, M.T. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running – water. 1983

CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA. Plan de Manejo Ambiental del Corredor Bordoncillo – Patascoy. 2002

DIRECCION DE ESTADISTICA E INFORMACION AMBIENTAL (DEIA). Coliformes. (Online). México DF. 2005. www.semarnef.gob.mx/playas/nuevo/análisis-técnico02.html.

FERNANDEZ, Enna Vilma y CASTRO, José Antonio. Niveles de alteración del río Blanco (Altiplano de Popayán) con base en sus características fisicoquímicas y comunidades bénticas. Popayán, 1996. 72p. Trabajo de grado (Bióloga). UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

FLINT, Oliver. Studies of Neotropical Caddisflies, XVI: The taxonomy, Phenology and Faunistics of the tricoptera of Antioquia Colombia. Editorial SMITHSONIAN INSTITUTION PRESS. Washington. D.C. 1991.

GEOCITES. Los macroinvertebrados como organismos indicadores de la calidad de aguas. (online). Bogotá. 2005.

MARTINEZ, Paola Alexandra. Efectos de los vertimientos de aguas residuales domésticas en la calidad biológica de la quebrada Quitacalzón. Popayán, 2003. 77p. Trabajo de grado (Bióloga). UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

MAGURRAN, A.E. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey. 1998.

MERRIT, Richard y CUMMIND, Kenneth. An Introduction to the aquatic Insects of North America. Editorial KENDALL/HUNT PUBLISHING COMPANY. Department of entomology Michigan State University. Tomo I, III y IV.

OMS, Procedimientos simplificados para el examen de aguas. AWWA, Washington, DC. 1978.

PEREZ, Nancy Stella. Evaluación de la contaminación de la quebrada Abejonales, generada por los vertimientos de las microempresas de almidón de yuca en la vereda Mandivá de Santander de Quilichao. Popayán, 2002. 93p. Trabajo de grado (Biólogo). UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

PINILLA, Gabriel. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia, Copilación bibliográfica. 1ed. Santa Fe de Bogotá. FUNDACION UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO. 1998.

RODRIGEZ, Jaime Moisés. Métodos de investigación pecuaria. 1ED. México. TRILLAS. 1991.

ROLDAN, Gabriel. Fundamentos de la limnología tropical. 1ed. Medellín. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. 1992.

VASQUEZ, Guillermo. Evaluación de la calidad de las aguas naturales. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación, Grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales, Universidad del Cauca. Popayán. 2001

ZAMORA, Hildier. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Departamento de Biología e Instituto de Estudios de Postgrado, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación, Grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales, Universidad del Cauca. Popayán. 2001.

ZAMORA, Hildier El Índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Memorias XL congreso nacional de ciencias biológicas. Universidad Autónoma de Occidente – Universidad del Valle. Santiago de Cali, 2005.

WHILES MR, BL BROCK, AC FRANZEN & SC DINSMORE. Stream invertebrate communities, water quality, and land-use patterns in an agricultural drainage basin of northeastern Nebraska, Environmental Management. USA. 2000.

ANEXOS

Anexo 1. Registro de las viviendas censadas.

DIRECCION	NOMBRE Y APELLIDOS	VIVIENDA			SERVICIOS PUBLICOS				N° INTEGRANTES DE FAMILIA	TIEMPO DE RESIDENCIA (años)	AGUAS RESIDUALES VERTIDAS A		ACTIVIDAD COMERCIAL EN CASA		
		P	A	PR	E	AC	AL	AS			ALCA	QUEB	SI	NO	CUAL
B/ pablo VI	GLORIA MARITZA CEBALLOS	x			x	x			4	20		x		x	
B/ pablo VI	SEGUNDO ISRAEL RAMOS FERNANDEZ	x			x	x			3	7		x		x	
B/ pablo VI	MARIA CLAUDIA MENESES TIMANA	x			x	x			2	31		x		x	
B/ pablo VI	MARIA EMILIA JOJOA MENESES			x	x	x			5	5		x		x	
B/ pablo VI calle 14 #16-42	SEGUNDO LEONEL PINCHAO LOPEZ	x			x	x			8	13		x		x	
B/ pablo VI	MARIA ALEJANDRINA MENESES	x			x	x			4	22		x		x	
B/ pablo VI cra 17 #14-65	CLEMENTE MITICANOY	x			x	x			5	15		x		x	
B/ Betania calle 15 #17-55	MANUEL JESUS ROSERO	x			x	x			10	11		x		x	
B/ Betania calle 14 con 15	FANNY VALLEJO CEBALLOS		x		x	x		x	2	0,3		x	x		confección
calle 14 #16-15	NIDIA FERNANDEZ		x		x	x		x	6	2		x		x	
Calle 14 # 16-44	MARIA DEL CARMEN HERNANDEZ		x		x	x		x	5	2		x		x	

Continuación anexo 1.

DIRECCION	NOMBRE Y APELLIDOS	VIVIENDA			SERVICIOS PUBLICOS				Nº INTEGRANTES DE FAMILIA	TIEMPO DE RESIDENCIA (años)	AGUAS RESIDUALES VERTIDAS A		ACTIVIDAD COMERCIAL EN CASA		
		P	A	PR	E	AC	AL	AS			ALCA	QUEB	SI	NO	CUAL
Calle 12#16-15	MARIA ROSERO		x		x	x		x	5	3		x	x		matadero
B/ Betania	YAMILE PORTILLO MEDINA		x		x	x		x	4	3		x		x	
B/ Betania	NUBIA MARIELA CHECA	x			x	x			4	15		x		x	
B/ Villanueva	ROSENDO RAMOS SANTACRUZ	x			x	x			5	40		x		x	
B/ comercial	GLORIA ELENA FLORES FUERTES		x		x	x			7	1		x			
Cra19 #19-95	CRISTIAN CAMILO PERAFAN		x		x	x	x	x	6	2		x		x	
B/ Champagnat	SANDRA MORALES	x			x	x	x	x	4	6	x			x	
B/ Champagnat calle 18#18-69	ELVIA JUAJIBIOY	x			x	x	x	x	6	26	x		x		v.cuyes
B/ Champagnat	BERTHA RODRIGUEZ	x			x	x	x	x	3	40	x			x	
B/ castelvi	JUAN MERA	x			x	x	x	x	2	27	x		x		carpintería
B/ castelvi cra 19 #16- 120	EVELIN GUERRERO	x			x	x	x	x	3	0,2	x			x	
B/ castelvi cra 19 #16- 104	GLORIA INES CASTRO VELASQUEZ	x			x	x	x	x	5	5	x			x	
B/ castelvi	MARIA LIDA ARTEAGA	x			x	x	x	x	2	1		x		x	
B/ castelvi Cra 17#16-30	ANTIDIO GONZALO	x			x	x	x		2	15	x			x	

Continuación anexo 1.

DIRECCION	NOMBRE Y APELLIDOS	VIVIENDA			SERVICIOS PUBLICOS				Nº INTEGRANTES DE FAMILIA	TIEMPO DE RESIDENCIA (años)	AGUAS RESIDUALES VERTIDAS A		ACTIVIDAD COMERCIAL EN CASA		
		P	A	PR	E	AC	AL	AS			ALCA	QUEB	SI	NO	CUAL
B/ Castelví cra 19	VICTORIA CORDOBA	x			x	x	x	x	3	40	x				
Cra 19# 16-76	MARIA LUISA SOLARTE	x			x	x	x	x	10	23	x			x	
B/ castelvi cra 17	LUIS FELIPE PAZ		x		x	x	x	x	4	10	x		x		mecánica
B/ Castelvi calle 16#18-72	JAIME LUNA	x			x	x	x	x	6	35		x		x	
B/ Castelvi cra18#15-49	CARMEN LUNA	x			x	x	x	x	6	20		x			
B/ Castelvi cra18#15-31	MARGARITA GARCIA	x			x	x			4	15		x		x	
B/ Castelvi cra18#15-20	FRANCISCO CARVAJAL	x			x	x	x	x	4	20		x		x	
B/ Villa Flor	TERESA GUESAQUILLO	x			x	x	x	x	6	40		x	x		Venta de pollos y cuyes

Donde: P=vivienda propia A= vivienda arrendada PR= vivienda prestada

ALCA= alcantarillado QUEB= Quebrada

Anexo 2. Residuos orgánicos vertidos a la quebrada Lavapies por las familias censadas.

RESIDUOS ORGANICOS															
DIRRECCION	RESIDUOS DE ALIMENTOS	PAPEL HIGIENICO	OTRO PAPEL	ESTIERCOL DE ANIMALES						DESECHOS ALIMENTICIOS					
				CE	CU	CO	PE	PO	PA	CE	CU	CO	PE	PO	PA
B/ pablo VI															
B/ pablo VI				m				m		m	p				
B/ pablo VI															
B/ pablo VI															
B/ pablo VI calle 14 #16-42						p									
B/ pablo VI															
B/ pablo VI															
B/ pablo VI cra 17 #14-65															
B/ Betania calle 15 #17-55	m														
B/ Betania calle 14 con 15	p														
calle 14 #16-15															
Calle 14 # 16-44															
Calle 12#16-15	p														
B/ Betania															
B/ Betania															
B/ Villanueva															
B/ comercial															
Cra19 #19-45															

Continuación anexo 2.

RESIDUOS ORGANICOS															
DIRRECCION	RESIDUOS DE ALIMENTOS	PAPEL HIGIENICO	OTRO PAPEL	ESTIERCOL DE ANIMALES						DESECHOS ALIMENTICIOS					
				CE	CU	CO	PE	PO	PA	CE	CU	CO	PE	PO	PA
B/ Champagnat							p								
B/ Champagnat calle 18#18-69															
B/ Champagnat															
B/ castelvi															
B/ castelvi cra 19 #16-120															
B/ castelvi cra 19 #16-104															
B/ castelvi Cra 17#16-30															
B/ castelvi															
B/ Castelví cra 19															
Cra 19# 16-76															
B/ castelvi cra 17							a								
B/ Castelvi calle 16#18-72															
B/ Castelvi cra18#15-49															
B/ Castelvi cra18#15-31															
B/ Castelvi cra18#15-20															

Donde: **p** = baja cantidad (0.02 - 400 g/ día) **m** = mediana cantidad (400 - 1000 g/día) **a** = alta cantidad (> 1000 g/día)

(Tomado de tasas tributivas. COORPOAMAZONIA. 2005).

* **CE** = cerdos **P** = perros **CU** = cuyes **PO** = pollos **CO** = conejos **PA** = patos

Anexo 3. Residuos inorgánicos vertidos a la quebrada Lavapies por las familias censadas.

DIRECCION	PLAS	REC P	REC M	REI AI	DESECHOS QUIMICOS													DETERGENTES			GRASAS ACEITES		
					FE	PLG	H	G	ACPM	TIN	PET	Q	AC	Fe	M	CL	SP	P	BAR	LIMP	DO	AUT	
B/ pablo VI																			m				
B/ pablo VI																			m	p	p		
B/ pablo VI																			p	m	p		
B/ pablo VI																			p	m	p		
B/ pablo VI calle 14 #16-42																			p	p	p		
B/ pablo VI cra 17 #14-65																			m	p	m		
B/ Betania calle 15 #17-55																				p	p		
B/ Betania calle 14 con 15																			p	p	p		
calle 14 #16-15																			p	p	m		
Calle 14 # 16-44																			p	m	m		
Calle 12#16-15																			p	m	p		
B/ Betania																			p	p	m		
B/ Betania																		p	p	m	p		
B/ Villanueva																			p	p	m		
B/ comercial																			p	p	m		

Continuación anexo 3.

DIRECCION	PLAS	REC P	REC M	REI AI	DESECHOS QUIMICOS													DETERGENTES			GRASAS ACEITES							
					FE	PLG	H	G	ACPM	TIN	PET	AC Q	AC	Fe	M	CL	SP	P	BAR	LIMP	DO	AUT						
Cra19 #19-45																												
B/ Champagnat																												
B/ Champagnat calle 18#18-69																												
B/ Champagnat	a																											
B/ castelvi																												
B/ castelvi cra 19 #16-120																												
B/ castelvi cra 19 #16-104																												
B/ castelvi Cra 17#16- 30																												
B/ castelvi																												
B/ Castelví cra 19																												
Cra 19# 16-76																												
B/ Castelví cra 17																												
B/ Castelví calle 16#18-72																												
B/ Castelví cra18#15- 49																												

Anexo 4. Análisis descriptivo de los datos fisicoquímicos según la época de muestreo.
(Quebrada Lavapies – Sibundoy)

PARAMETROS	EPOCA	MEDIA	Estadístico	Error típ.	
TEMPERATURA	1 mes baja pluviosidad	Media	15,150	,2986	
	2 mes baja pluviosidad	Media	14,700	,2380	
	3 mes baja pluviosidad	Media	15,825	,5452	
	mes de transicion	Media	15,350	,2363	
	1 mes alta pluviosidad	Media	17,280	,4790	
	2 mes alta pluviosidad	Media	16,160	,4632	
	3 mes alta pluviosidad	Media	17,000	,3847	
	TURBIEDAD	1 mes baja pluviosidad	Media	38,00	14,543
		2 mes baja pluviosidad	Media	215,00	91,092
3 mes baja pluviosidad		Media	214,25	76,123	
mes de transicion		Media	54,20	20,320	
1 mes alta pluviosidad		Media	29,40	7,903	
2 mes alta pluviosidad		Media	55,40	18,288	
3 mes alta pluviosidad		Media	24,80	5,210	
OXIGENO DISUELTO		1 mes baja pluviosidad	Media	4,38	,350
		2 mes baja pluviosidad	Media	5,90	,551
	3 mes baja pluviosidad	Media	5,60	,283	
	mes de transicion	Media	5,28	,419	
	1 mes alta pluviosidad	Media	10,98	3,599	
	2 mes alta pluviosidad	Media	9,76	2,588	
	3 mes alta pluviosidad	Media	11,32	2,847	
	% SATURACION DE OXIGENO	1 mes baja pluviosidad	Media	44,50	3,069
		2 mes baja pluviosidad	Media	56,75	5,588
3 mes baja pluviosidad		Media	57,25	2,213	
mes de transicion		Media	53,40	3,682	
1 mes alta pluviosidad		Media	90,60	15,529	
2 mes alta pluviosidad		Media	88,40	14,009	
DIOXIDO DE CARBONO		1 mes baja pluviosidad	Media	17,020	4,2469
		2 mes baja pluviosidad	Media	17,940	9,4105
		3 mes baja pluviosidad	Media	11,200	3,6152
	mes de transicion	Media	7,120	,8255	
	1 mes alta pluviosidad	Media	22,480	6,4871	
	2 mes alta pluviosidad	Media	21,220	5,9489	
	3 mes alta pluviosidad	Media	22,640	8,5463	
	pH	1 mes baja pluviosidad	Media	6,80	,096

Continuación anexo 4.

PARAMETROS	EPOCA	MEDIA	Estadístico	Error típ.
	2 mes baja pluviosidad	Media	6,98	,202
	3 mes baja pluviosidad	Media	6,84	,212
	mes de transicion	Media	7,08	,122
	1 mes alta pluviosidad	Media	6,74	,112
	2 mes alta pluviosidad	Media	6,72	,116
	3 mes alta pluviosidad	Media	6,80	,122
ACIDEZ TOTAL	1 mes baja pluviosidad	Media	44,0400	14,70919
	2 mes baja pluviosidad	Media	40,2360	17,49568
	3 mes baja pluviosidad	Media	54,0500	23,60107
	mes de transicion	Media	52,8480	17,65347
	1 mes alta pluviosidad	Media	40,0360	8,95098
	2 mes alta pluviosidad	Media	28,0280	4,90388
	3 mes alta pluviosidad	Media	30,0300	6,33088
ALCALINIDAD TOTAL	1 mes baja pluviosidad	Media	54,040	15,0539
	2 mes baja pluviosidad	Media	72,060	19,8731
	3 mes baja pluviosidad	Media	44,020	19,4103
	mes de transicion	Media	64,840	18,0606
	1 mes alta pluviosidad	Media	52,060	4,9235
	2 mes alta pluviosidad	Media	48,060	8,0225
	3 mes alta pluviosidad	Media	56,060	7,5047
DUREZA TOTAL	1 mes baja pluviosidad	Media	44,040	14,7092
	2 mes baja pluviosidad	Media	40,2360	17,4957
	3 mes baja pluviosidad	Media	54,0500	23,6011
	mes de transicion	Media	52,848	17,653
	1 mes alta pluviosidad	Media	40,036	8,9509
	2 mes alta pluviosidad	Media	28,028	4,90388
	3 mes alta pluviosidad	Media	30,030	6,33088
DUREZA CARBONACEA	1 mes baja pluviosidad	Media	13,800	3,2311
	2 mes baja pluviosidad	Media	13,400	4,6968
	3 mes baja pluviosidad	Media	11,200	4,6733
	mes de transicion	Media	17,800	4,2119
	1 mes alta pluviosidad	Media	26,600	4,5563
	2 mes alta pluviosidad	Media	17,400	4,5233
	3 mes alta pluviosidad	Media	19,000	5,0892
CONDUCTIVIDAD	1 mes baja pluviosidad	Media	56,000	16,5318
	2 mes baja pluviosidad	Media	50,600	12,5443
	3 mes baja pluviosidad	Media	45,600	16,6991
	mes de transicion	Media	67,200	19,8381

Continuación anexo 4.

PARAMETROS	EPOCA	MEDIA	Estadístico	Error típ.
	1 mes alta pluviosidad	Media	58,200	15,9324
	2 mes alta pluviosidad	Media	59,800	15,0113
	3 mes alta pluviosidad	Media	61,600	13,7790
CALCIO	1 mes baja pluviosidad	Media	5,920	1,5832
	2 mes baja pluviosidad	Media	4,600	,5099
	3 mes baja pluviosidad	Media	3,600	,8124
	mes de transicion	Media	6,660	1,1940
	1 mes alta pluviosidad	Media	4,400	,4000
	2 mes alta pluviosidad	Media	3,200	,4899
	3 mes alta pluviosidad	Media	,380	,0800
SDT	1 mes baja pluviosidad	Media	24,640	8,5926
	2 mes baja pluviosidad	Media	20,240	5,0177
	3 mes baja pluviosidad	Media	20,340	8,6009
	mes de transicion	Media	29,560	10,3147
	1 mes alta pluviosidad	Media	23,280	6,3729
	2 mes alta pluviosidad	Media	25,940	7,5352
	3 mes alta pluviosidad	Media	24,640	5,5116
NH4	1 mes baja pluviosidad	Media	,2000	,08367
	2 mes baja pluviosidad	Media	,0800	,03742
	3 mes baja pluviosidad	Media	,0600	,04000
	mes de transicion	Media	,2400	,10296
	1 mes alta pluviosidad	Media	,0180	,00970
	2 mes alta pluviosidad	Media	,0240	,01122
	3 mes alta pluviosidad	Media	,0120	,00735
NH2	1 mes baja pluviosidad	Media	2,1400	,71805
	2 mes baja pluviosidad	Media	,4600	,22935
	3 mes baja pluviosidad	Media	,3200	,24576
	mes de transicion	Media	2,5800	,87144
	1 mes alta pluviosidad	Media	,0940	,04976
	2 mes alta pluviosidad	Media	,1080	,03680
	3 mes alta pluviosidad	Media	,1380	,04872
NO3	1 mes baja pluviosidad	Media	52,200	5,4991
	2 mes baja pluviosidad	Media	5,800	2,7276
	3 mes baja pluviosidad	Media	4,000	3,0496
	mes de transicion	Media	62,640	6,5989
	1 mes alta pluviosidad	Media	3,120	1,8524
	2 mes alta pluviosidad	Media	7,280	4,0718
	3 mes alta pluviosidad	Media	7,440	4,8115

Continuación anexo 4.

PARAMETROS	EPOCA	MEDIA	Estadístico	Error típ.	
FOSFORO	1 mes baja pluviosidad	Media	9,400	3,4293	
	2 mes baja pluviosidad	Media	5,800	2,0833	
	3 mes baja pluviosidad	Media	5,600	2,3791	
	mes de transicion	Media	11,280	4,1151	
	1 mes alta pluviosidad	Media	,962	,0233	
	2 mes alta pluviosidad	Media	,940	,0400	
	3 mes alta pluviosidad	Media	,960	,0245	
	DETERGENTES	1 mes baja pluviosidad	Media	3,025	,8750
		2 mes baja pluviosidad	Media	2,475	,8528
3 mes baja pluviosidad		Media	3,500	1,0559	
mes de transicion		Media	3,650	1,0634	
1 mes alta pluviosidad		Media	,358	,1661	
2 mes alta pluviosidad		Media	,056	,0169	
3 mes baja pluviosidad		Media	25,675	21,7830	
DQO		1 mes baja pluviosidad	Media	106,250	44,3309
		2 mes baja pluviosidad	Media	93,600	78,4144
	3 mes baja pluviosidad	Media	58,675	57,1423	
	mes de transicion	Media	127,500	53,2094	
	1 mes alta pluviosidad	Media	26,220	10,8903	
	2 mes alta pluviosidad	Media	49,100	15,7915	
	CAUDAL	1 mes baja pluviosidad	Media	,130	,0356
		2 mes baja pluviosidad	Media	,133	,0431
		3 mes baja pluviosidad	Media	,240	,0860
mes de transicion		Media	,158	,0417	
1 mes alta pluviosidad		Media	,242	,0553	
2 mes alta pluviosidad		Media	,264	,0753	
3 mes alta pluviosidad		Media	,462	,1342	
CARGA ORGÁNICA		1 mes de baja pluviosidad	Media	18,380	4,2905
		2 mes de baja pluviosidad	Media	5,920	2,4583
	3 mes de baja pluviosidad	Media	3,980	2,3382	
	transición	Media	26,460	6,1739	
	1 mes de alta pluviosidad	Media	9,480	4,4537	
	2 mes de alta pluviosidad	Media	17,980	8,8348	
	3 mes de alta pluviosidad	Media	23,380	13,4687	

Anexo 5. Análisis descriptivo de los datos fisicoquímicos a través de los 5 sitios de muestreo.
(Quebrada Lavapies – Sibundoy).

PARAMETROS	SITIO DE MUESTREO	Estadístico		Error típ.
		Media		
TEMPERATURA	Sin vertimientos	Media	15,167	,3383
	50% de vertimientos	Media	15,757	,4780
	Afluente carmelitas	Media	15,900	,4761
	100% de vertimientos	Media	16,029	,4770
	Desembocadura	Media	16,714	,4114
TURBIEDAD	Sin vertimientos	Media	15,00	1,528
	50% de vertimientos	Media	59,17	15,008
	Desembocadura	Media	48,09	15,800
OD	Sin vertimientos	Media	22,63	1,530
	50% de vertimientos	Media	7,01	,619
	Afluente carmelitas	Media	6,21	,442
	100% de vertimientos	Media	6,61	,735
	Desembocadura	Media	5,44	,476
% SATURACION DE OXIGENO	Sin vertimientos	Media	145,67	2,333
	50% de vertimientos	Media	69,94	6,624
	Afluente carmelitas	Media	62,86	4,901
	100% de vertimientos	Media	67,14	7,667
	Desembocadura	Media	57,00	5,150
DIOXIDO DE CARBONO	Sin vertimientos	Media	5,729	,6941
	50% de vertimientos	Media	14,171	3,1475
	Afluente carmelitas	Media	13,800	2,2372
	100% de vertimientos	Media	20,486	5,8269
	Desembocadura	Media	31,257	6,6879
PH	50% de vertimientos	Media	6,80	,105
	Afluente carmelitas	Media	7,06	,0972
	100% de vertimientos	Media	6,80	,1272
	Desembocadura	Media	6,60	,0690
ACIDEZ TOTAL	Sin vertimientos	Media	49,1886	19,94121
	50% de vertimientos	Media	39,8943	12,57050
	Afluente carmelitas	Media	27,0257	3,44702
	100% de vertimientos	Media	58,6243	9,61721
	Desembocadura	Media	31,8871	5,84563

Continuación anexo 5.

PARAMETROS	SITIO DE MUESTREO	Estadístico	Error típ.	
ALCALINIDAD TOTAL	Sin vertimientos	Media	29,429	3,5648
	50% de vertimientos	Media	39,714	1,9726
	Afluente carmelitas	Media	94,671	12,4573
	100% de vertimientos	Media	52,343	10,0873
	Desembocadura	Media	63,229	8,4283
DUREZA TOTAL	Sin vertimientos	Media	11,714	1,4094
	50% de vertimientos	Media	36,029	8,3438
	Afluente carmelitas	Media	54,371	4,8726
	100% de vertimientos	Media	53,214	7,6003
	Desembocadura	Media	49,057	9,4080
DUREZA CARBONACEA	Sin vertimientos	Media	3,714	1,7143
	50% de vertimientos	Media	15,286	2,6522
	Afluente carmelitas	Media	25,857	2,6942
	100% de vertimientos	Media	21,000	3,4434
	Desembocadura	Media	19,286	2,9977
CONDUCTIVIDAD	Sin vertimientos	Media	20,114	,8128
	50% de vertimientos	Media	32,829	2,8704
	Afluente carmelitas	Media	99,771	7,2654
	100% de vertimientos	Media	50,429	5,5070
	Desembocadura	Media	81,857	7,0083
CALCIO	Sin vertimientos	Media	3,743	,6827
	50% de vertimientos	Media	4,900	1,2816
	Afluente carmelitas	Media	4,743	,5429
	100% de vertimientos	Media	3,943	,2256
	Desembocadura	Media	5,657	1,0481
SDT	Sin vertimientos	Media	8,043	,3236
	50% de vertimientos	Media	13,129	1,1478
	Afluente carmelitas	Media	44,929	5,1650
	100% de vertimientos	Media	20,171	2,2028
	Desembocadura	Media	34,186	3,6909
NH4	50% de vertimientos	Media	,0729	,04704
	Afluente carmelitas	Media	,0900	,03222
	100% de vertimientos	Media	,0829	,03257
NH2	Desembocadura	Media	,2071	,08962
	Sin vertimientos	Media	,1857	,12037

Continuación anexo 5.

PARAMETROS	SITIO DE MUESTREO	Estadístico	Error típ.	
	50% de vertimientos	Media	1,6029	,96207
	Afluente carmelitas	Media	1,1629	,41166
	100% de vertimientos	Media	,5914	,25527
	Desembocadura	Media	,6286	,29235
NO3	Sin vertimientos	Media	22,786	14,6510
	50% de vertimientos	Media	16,900	9,9053
	Afluente carmelitas	Media	24,800	4,8552
	100% de vertimientos	Media	17,457	9,7812
	Desembocadura	Media	19,829	9,4951
FOSFORO	Sin vertimientos	Media	,943	,3100
	50% de vertimientos	Media	7,071	3,3393
	Afluente carmelitas	Media	9,430	3,0814
	100% de vertimientos	Media	4,971	1,6009
	Desembocadura	Media	2,543	,5932
DETERGENTES	50% de vertimientos	Media	3,040	1,1239
	Afluente carmelitas	Media	2,276	,7674
	100% de vertimientos	Media	,794	,1765
	Desembocadura	Media	1,489	,4783
DBO5	Sin vertimientos	Media	,067	,0333
	50% de vertimientos	Media	29,236	6,3781
	Afluente carmelitas	Media	79,070	26,8297
	100% de vertimientos	Media	13,120	3,4972
	Desembocadura	Media	28,914	7,7730
DQO2	Sin vertimientos	Media	1,767	,2404
	50% de vertimientos	Media	57,800	13,2465
	Afluente carmelitas	Media	161,957	51,9410
	100% de vertimientos	Media	24,014	6,4177
	Desembocadura	Media	50,214	13,8448
CAUDAL	Sin vertimientos	Media	,550	,1234
	50% de vertimientos	Media	,350	,0741
	Afluente carmelitas	Media	,043	,0042
	100% de vertimientos	Media	,236	,0263
	Desembocadura	Media	,204	,0334
CARGA ORGÁNICA	Sin vertimientos	Media	2,186	,9364
	50% de vertimientos	Media	33,086	9,3141
	Afluente carmelitas	Media	9,629	2,6777

Continuación anexo 5.

PARAMETROS	SITIO DE MUESTREO	Estadístico	Error típ.	
	100% de vertimientos	Media	12,600	3,7664
	Desembocadura	Media	17,914	4,6535