

**EVALUACIÓN DEL ESTADO AMBIENTAL DE LA QUEBRADA GUANDIBAS,
GENERADO POR VERTIMIENTOS DE LA AGROINDUSTRIA PANELERA EN
EL MUNICIPIO DE CONSACÁ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

YUDY XIMENA ALMEIDA RUALES

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2007**

**EVALUACIÓN DEL ESTADO AMBIENTAL DE LA QUEBRADA GUANDIBAS,
GENERADO POR VERTIMIENTOS DE LA AGROINDUSTRIA PANELERA EN
EL MUNICIPIO DE CONSACÁ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

YUDY XIMENA ALMEIDA RUALES

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Bióloga**

Director

Mg. LEONIDAS ZAMBRANO

Asesor

Mg. HILLDIER ZAMORA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2007**

Nota de aceptación

Director

Mg. LEONIDAS ZAMBRANO POLANCO

Jurado

Ph.D APOLINAR FIGUEROA CASAS

Jurado

Esp. GIOVANNI VARONA BALCAZAR

***Gracias a DIOS por darme la oportunidad de hacer realidad este sueño
dedico este trabajo a:***

***Mis padres quienes con su amor y confianza permitieron hacer realidad
esta meta; a mi familia por su constante apoyo y a William por ser esa
persona incondicional.***

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa su reconocimiento de gratitud a:

DIOS por permitirme estar rodeada del amor y apoyo de mi familia; **Carmen Ruales, Ilfido Almeida, Giovanni Delgado, Clara Chávez a mis tías, tíos y primos y en especial a quienes hoy desde el cielo me acompañan mi abuelo Marcial Ruales y mi tío Javier Ruales, a William por su dedicación y amor, a todos Ustedes GRACIAS** por ser el pilar en mi vida.

Magíster Leonidas Zambrano P., por guiarme en mis ideas y por su aporte en conocimientos para culminar con éxito esta investigación.

Magíster Hildier Zamora G., por su colaboración en los análisis de resultados de macroinvertebrados acuáticos.

Magíster Maria Cristina Gallego por su paciencia en los análisis estadísticos de este trabajo y por ser una gran MAESTRA.

Magíster Antonio José Valverde por sus sugerencias, correcciones y apoyo.

A la Universidad de Nariño, sección de laboratorio de aguas por colaborar en los análisis fisicoquímicos hídricos.

A mis compañeros del énfasis por su amistad y cariño; **Giovanni, Eddy, Cristian, Diana, Lorena, Piedad y Carolina.**

A mis amigas de la carrera de biología espero siempre contar con Ustedes **Piedad, Zulima y Marcela.**

A la familia **JOAQUI RENJIFO**, por su colaboración y por hacerme sentir un miembro más de Ustedes.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
1. ANTECEDENTES	3
2. JUSTIFICACION	6
3. OBJETIVOS	7
3.1 OBJETIVO GENERAL	7
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
4. MARCO TEORICO	8
4.1 LA CAÑA	8
4.1.1 Generalidades	8
4.1.2 Producción	9
4.1.3 Utilización	10
4.2 ACTIVIDADES DE POST-COSECHA DE LA CAÑA PANELERA	10
4.2.1 Corte y almacenamiento de la caña	10
4.2.2 Extracción del Jugo	10
4.2.3 Prelimpieza de los jugos	11
4.2.4 Limpieza de los jugos	12
4.2.5 Evaporación y concentración los jugos de caña	12
4.2.6 Punteo	12

4.2.7	Batido	13
4.2.8	Moldeo de la panela	13
4.2.9	Empaque	13
4.2.10	Generación de calor hornilla	13
4.3	ANÁLISIS DEL IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA	13
4.3.1	Bioindicación	14
4.3.1.1	Los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales	14
4.3.1.2	Los macroinvertebrados indicadores de la calidad del agua	14
4.3.1.2.1	Índice de diversidad de Shannon Weaver	15
4.3.1.2.2	Índice de Riqueza de Margalef	15
4.3.1.2.3	Sistema para la determinación del índice de monitoreo biológico BMWP	16
4.3.2	Caracterización fisicoquímica y la calidad del agua	16
4.3.2.1	Temperatura ambiental y temperatura del agua	17
4.3.2.2	Turbidez	17
4.3.2.3	Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno	17
4.3.2.4	Gas carbónico disuelto	17
4.3.2.5	pH	17
4.3.2.6	Acidez	17
4.3.2.7	Alcalinidad	18
4.3.2.8	Conductividad	18
4.3.2.9	Sólidos	18
4.3.2.10	Demanda bioquímica de oxígeno	18

4.3.2.11	Demanda química de oxígeno	18
4.3.2.12	Nutrientes en el ecosistema acuático: nitrógeno y fósforo	18
4.4	EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA PRODUCCIÓN PANELERA	19
5.	ZONA DE ESTUDIO	20
5.1	ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	20
5.1.1	Límites generales	20
5.1.2	Quebrada Guandibas	20
5.1.3	Geomorfología	20
5.1.4	Uso actual del suelo	20
5.1.5	Uso potencial del suelo	21
5.1.6	Vegetación predominante	21
5.2	DELIMITACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	22
5.2.1	Zona uno	22
5.2.2	Zona dos	23
5.2.3	Zona tres	25
6.	METODOLOGIA	26
6.1	FUENTES DE INFORMACION	26
6.2	TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA QUEBRADA GUANDIBAS	26
6.3	MUESTRA Y ANALISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS DE LA QUEBRADA GUANDIBAS	27
6.4	IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA QUEBRADA GUANDIBAS	28
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	30

7.1	CARACTERIZACION FISICOQUIMICA QUEBRADA GUANDIBAS	30
7.1.1	Aspecto térmico	32
7.1.2	Turbidez	33
7.1.3	Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno	34
7.1.4	Gas carbónico disuelto	35
7.1.5	pH	36
7.1.6	Acidez total	37
7.1.7	Alcalinidad total	38
7.1.8	Sustancias nitrogenadas	38
7.1.9	Conductividad y sólidos disueltos totales	39
7.1.10	Demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno	40
7.2	CARACTERIZACION Y ANALISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN LA QUEBRADA GUANDIBAS	42
7.3	RELACION DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y LA COMUNIDAD BIOTICA	48
7.4	EVALUACION CUALITATIVA DE LOS EFECTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA PRODUCCION PANELERA	48
7.4.1	Deforestación	49
7.4.2	Vertimiento de residuos líquidos y sólidos	49
7.4.3	Análisis de la matriz de influencias dependencias	52
7.4.3.1	Interpretación de los cuadrantes	56
7.4.3.1.1	Cuadrante I	56
7.4.3.1.2	Cuadrante II	56
7.4.3.1.3	Cuadrante III	56

7.4.3.1.4 Cuadrante IV	57
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Producción Mundial de Panela 1.998	9
Tabla 2. Clases, valores y características para las aguas clasificadas mediante el índice BMWP	16
Tabla 3. Zona 1 quebrada Guandibas, parámetros fisicoquímicos hídricos	31
Tabla 4. Zona 2 quebrada Guandibas, parámetros fisicoquímicos hídricos	31
Tabla 5. Zona 3 quebrada Guandibas, parámetros fisicoquímicos hídricos	32
Tabla 6. Resumen integral de los índices y estimadores biológicos por zonas de muestreo en la quebrada Guandibas	43
Tabla 7. Resumen del índice de similitud de Jaccard por zonas de muestreo en la quebrada Guandibas	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso para la elaboración de la panela.	11
Figura 2. Uso del suelo para cultivos de caña en el municipio de Consacá	21
Figura 3. Zona uno antes del vertimiento panelero, quebrada Guandibas	22
Figura 4. Salida del vertimiento del trapiche panelero San Isidro vereda Villa Inés municipio de Consacá, departamento de Nariño	23
Figura 5. Zona dos en los vertimientos de los trapiches, quebrada Guandibas	24
Figura 6. Zona dos en el vertimiento de los trapiches paneleros, para canalización de distrito de riego quebrada Guandibas	24
Figura 7. Zona tres después del vertimiento, quebrada Guandibas	25
Figura 8. Relación de la temperatura ambiental con la temperatura del agua por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas	33
Figura 9. Valores de turbiedad por zonas y épocas de muestreo quebrada Guandibas	34
Figura 10. Relación de la concentración de oxígeno por zonas y épocas de muestreo quebrada Guandibas	35
Figura 11. Valores de la concentración de gas carbónico por zonas y épocas de muestreo quebrada Guandibas	36
Figura 12. Valores de pH por zonas y épocas de muestreo quebrada Guandibas	37
Figura 13. Valores de acidez total por zonas y épocas de muestreo quebrada Guandibas	37
Figura 14. Valores de alcalinidad por zonas y épocas de muestreo quebrada Guandibas	38

Figura 15. Valores de nitritos por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas	39
Figura 16. Valores de conductividad por zonas y épocas de muestreo quebrada Guandibas	40
Figura 17. Valores de la demanda química de oxígeno por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas	41
Figura 18. Variación del índice de Monitoreo Biológico (BMWP) para las tres zonas de la quebrada Guandibas	44
Figura 19. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona uno, en época seca	45
Figura 20. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona uno, en época lluvia	45
Figura 21. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona dos, en época seca	46
Figura 22. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona dos, en época lluvia	46
Figura 23. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona tres, en época seca	47
Figura 24. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona tres, en época lluvia	47
Figura 25. Emisiones atmosféricas producidas por la producción panelera en el municipio de Consacá	49
Figura 26. Salidas de los trapiches con residuos de cenizas provenientes de la hornilla de combustión, en el municipio de Consacá	50
Figura 27. Utilización de combustible adicional para la hornilla en trapiches paneleros del municipio de Consacá	51
Figura 28. Residuos de cultivo de caña, en las salidas de los trapiches	51
Figura 29. Vertimiento proveniente de las aguas mieles de las pailas, en el interior de los trapiches, municipio de Consacá	52

Figura 30. Matriz de Influencias Dependencias del área de la quebrada Guandibas, afectada por la producción panelera, municipio de Consacá, departamento de Nariño 58

Figura 31. Ubicación de los resultados de la matriz influencias dependencias en la quebrada Guandibas, afectada por trapiches paneleros en el municipio de Consacá 59

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Localización general de la quebrada Guandibas, municipio de Consacá, departamento de Nariño
- Anexo B. Mapa base de las zonas estudiadas en la quebrada Guandibas, municipio de Consacá, departamento de Nariño
- Anexo C. Precipitación total mensual, estación Ospina Pérez municipio de Consacá
- Anexo D. Análisis de componentes principales (ACP) de la zona uno antes de los vertimientos paneleros, quebrada Guandibas
- Anexo E. Análisis de componentes principales (ACP) de la zona dos en los vertimientos paneleros, quebrada Guandibas
- Anexo F. Análisis de componentes principales (ACP) de la zona tres después de los vertimientos paneleros, quebrada Guandibas
- Anexo G. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos de la zona uno por épocas de muestreo
- Anexo H. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos de la zona dos por épocas de muestreo
- Anexo I. Composición de la estructura de macroinvertebrados acuáticos de la zona tres por épocas de muestreo
- Anexo J. Valores del índice BMWP, para la zona uno antes del vertimiento panelero
- Anexo K. Valores del índice BMWP, para la zona dos en los vertimientos paneleros
- Anexo L. Valores del índice BMWP, zona tres después del vertimiento panelero
- Anexo M. Lista de chequeo, aplicada a cada una de las zonas de la quebrada Guandibas, municipio de Consacá, departamento Nariño

RESUMEN

Un estudio ambiental fue realizado en la parte alta, media y baja de la quebrada Guandibas afectada por aguas residuales provenientes de trapiches paneleros, al noroccidente del departamento de Nariño, Colombia.

El análisis se sustentó tomando apartes de parámetros fisicoquímicos del agua en cada una de las zonas de la quebrada, así como de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, al igual que de una evaluación cualitativa ambiental, matriz de Influencias Dependencias o también llamada como matriz de Motricidad y Dependencia. En términos generales y con base en el análisis de componentes principales (ACP) aplicado a los parámetros fisicoquímicos del agua a cada una de las zonas de la quebrada Guandibas, se estableció que la conductividad, DQO, DBO₅, turbidez, CO₂, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, zona fótica (Zsd) y nitritos, fueron las variables que determinaron los patrones fisicoquímicos de las zonas de la quebrada. En relación con el análisis biológico del agua, todas las zonas presentan algún grado de alteración, que oscila de leve a moderada, por esta razón la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en dichas zonas de muestreo, esta constituido por organismos indicadores de aguas limpias a muy contaminadas. El empleo de la matriz de Influencias dependencias fue muy útil para determinar que el indicador que esta ejerciendo mayor presión sobre el ecosistema es el uso de recursos, variable relacionada con los vertimientos líquidos y sólidos, uso de especies vegetales, quema de llantas, actividades que influyen negativamente en las condiciones del sistema; además de dar a conocer que la fauna béntica, la concentración de oxígeno y DQO son los indicadores más dependientes y susceptibles a los tensores antrópicos y que el uso del suelo, pérdida de cobertura vegetal y el empleo e ingresos son influyentes sobre la calidad ambiental del ecosistema.

INTRODUCCIÓN

La atención de la sociedad y en particular del estado. Colombiano por la contaminación ambiental ha involucrado también al sector productivo desde hace un par de años; cada vez se hace necesario socialmente y exigido por el estado el monitoreo y control ambiental de las empresas, lo que obliga a que el sector productivo adecue sus estructuras, sus políticas y sus recursos para ponerse a tono con esta nueva normatividad y responsabilidad (Latorre, 1996).

Infortunadamente, los problemas ambientales que resultan de los sistemas productivos y en especial el relacionado con el procesamiento del cultivo de caña en la obtención de panela, no han sido previstos en su totalidad, en especial el relacionado con el agua, llevando a que se planteen diferentes estudios que aporten soluciones tendientes a formar programas de recuperación en estas corrientes de agua; es por ello que este estudio buscó determinar el efecto ambiental que provocan los vertimientos de las agroindustrias paneleras en la quebrada Guandibas (municipio de Consacá), sitio receptor; para lo cual se utilizó análisis fisicoquímicos del agua donde se consideraron parámetros como temperatura del agua, concentración de oxígeno, gas carbónico disuelto, demanda química de oxígeno, turbiedad, pH, entre otros los cuales son útiles para determinar la dinámica de los cuerpos de agua (Vásquez, 1998); igualmente se hizo uso de macroinvertebrados acuáticos y de un breve análisis cualitativo ambiental relacionado con el proceso productivo de la agroindustria panelera, el cual se estableció mediante información secundaria obtenida de diferentes fuentes y por observación directa para su correspondiente ejecución.

Es por ello que este estudio se convierte en un aporte importante para dar paso a un plan de gestión ambiental por parte del gremio panelero de Consacá, el cual debe estar dentro de sus prioridades a término inmediato, permitiendo que la producción panelera se ajuste a las normas ambientales colombianas reduciendo los problemas desde el punto de vista estatal y social y conllevando a mantener la armonía con el entorno, suministrando a la vez una amplia posibilidad de recuperar costos por reutilización de materiales y ampliando los mercados de comercialización.

1. ANTECEDENTES

El sector panelero, por ser una agroindustria que transforma el jugo de la caña en un producto sólido llamado panela, requiere para su proceso, infraestructura que de alguna manera genera un impacto ambiental, ya que en su actividad necesita hacer uso de materiales combustibles que expelen a la atmósfera gases generados en la combustión, así como de recursos naturales como la utilización de agua y de especies vegetales nativas para su elaboración.

Son muchas las corrientes de agua del municipio de Consacá que se encuentran involucradas como receptoras de vertimientos paneleros, entre las que se encuentra la quebrada Guandibas, sitio en el que se observa el mayor número de descargas de agua residual provenientes de trapiches, hasta el momento no se ha establecido un estudio global que involucre el conocer sobre los efectos que producen dichos vertimientos sobre la calidad del agua, sin embargo, debido a la importancia que ha tomado en los últimos años el tema de la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, las entidades gubernamentales de Nariño y en su nombre la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, han tomado medidas tendientes a que las diferentes actividades productivas industriales y agrícolas del departamento, cumplan con ciertos parámetros que garanticen la sostenibilidad ambiental y con ello se garantice de alguna manera el mantenimiento de la calidad de vida de las comunidades afectadas directa o indirectamente por cada actividad productiva¹, fue así, que mediante la utilización del expediente 1546 se estableció la evaluación de cuatro parámetros fisicoquímicos dentro de la zona del municipio de Consacá entre los que se encuentra (DBO₅, DQO, SST, SDT) utilizando su reporte para acreditación de funcionamiento de los trapiches evaluados en la zona.

En Colombia se han realizado los siguientes estudios sobre efectos ambientales provocados por el subsector panelero y la utilización en otras evaluaciones de los parámetros fisicoquímicos y biológicos con su correspondiente aporte para lograr determinar un resultado de calidad de agua:

Espinel (1997), realizó un estudio enfocado a validar y transferir directamente en fincas de medianos productores y empresas agroindustriales del Valle, tecnologías agropecuarias desarrolladas en otros países (México, República Dominicana,

¹ RODRÍGUEZ, G. y JARAMILLO, M. Impacto Ambiental. Plan Estratégico para el Fortalecimiento Y Modernización de la Agroindustria Panelera en Colombia. Corpoica- Fedepanela. 2001.

Cuba, Australia, India, Bangladesh), relacionadas con el uso de caña de azúcar, subproductos de la industria azucarera y panelera, residuos de cosechas, fuentes no convencionales de proteína y desechos orgánicos.

Zamora H y Sarria H (2000), realizaron el proyecto “Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca, mediante la utilización de sus macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de SHANNON-WEAVER Y BMWP”, el cual se llevo a cabo en las quebradas La Chapa y Tiembra en el corregimiento de Mondomo, municipio de Santander de Quilichao, determinaron que los sitios de muestreo presentan algún grado de alteración o contaminación, que oscila entre mediana hasta contaminación de grado severo.

Igualmente la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA (2001), efectuó un informe ejecutivo donde planteo el desarrollo de prácticas, tecnologías y propuestas alternativas rentables sostenibles y equitativas en cultivo y poscosecha de caña para panela y mieles en Cundinamarca; este proyecto involucro la promoción y difusión de tecnología aplicada a la renovación de socas, la producción de abono orgánico, el establecimiento de cultivos intercalados y la elaboración de ensilajes.

De igual manera, CORPOICA (2002), adelantó un proyecto para mejorar la calidad de la panela a través de implementación de los sistemas de limpieza de jugos en la producción de miel y panela, para pequeños y medianos productores de la Hoya del Río Suárez y Cundinamarca; este sistema de limpieza de jugos busca no solo mejorar la calidad de la panela sino de las mieles para consumo humano producidas en los trapiches. Igualmente espera que con la implantación del sistema de limpieza de jugos propuesto, se obtenga un producto con menor porcentaje de sólidos insolubles que permita ampliar el consumo de panela y mieles en mercados potenciales como el industrial. Adicionalmente se espera un aumento de la producción de panela, puesto que la paila propuesta para la clarificación de los jugos, aumenta la velocidad de calentamiento.

FEDEPANELA (2002), presenta el diseño de la Guía Ambiental para el Subsector Panelero; donde póstula fichas de identificación de impactos y manejo ambiental organizado de acuerdo con el recurso natural afectado ya sea el recurso suelo, agua, aire, flora, fauna y social.

Montoya (2002), realiza una guía para fortalecimiento del gremio panelero del departamento de Risaralda; donde se da un enfoque del sector panelero en sus

municipios y presenta las debilidades en la parte de manejo de suelos, y los grandes impactos negativos en el recurso hídrico por vertimientos generados en los procesos de molienda con aguas mieles y altas temperaturas.

Pérez y Solarte (2002), evaluaron el grado de contaminación de la quebrada Abejonales, generada por vertimientos de las microempresas de almidón de yuca en la vereda Mandivá del municipio de Santander de Quilichao y concluyeron que dicha actividad está afectando de manera significativa la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados y en general la calidad de su fuente de agua.

Maccio (2003), realizó el proyecto “Aprovechamiento de un fertilizante alternativo para la caña de azúcar en predios de superficie reducida”, en donde se generó una alternativa de uso adicional a la cachaza, planteando que si se consigue disminuir el volumen de cachaza por unidad de nitrógeno, se podría contar con un producto fertilizante alternativo de mayor calidad y bajo costo, apropiado a los sistemas productivos de los pequeños productores. Para ello, se usó la cachaza como sustrato para la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), y la obtención del abono o humus de lombriz, también llamado lombriz o lombricomposto, que es el producto final de su digestión, permitiendo de esta manera disminuir el efecto nocivo que sobre el ambiente genera este subproducto.

El enfoque se ha ampliado al incluir elementos que permiten diseñar propuestas tecnológicas según consideraciones ecológicas, sociales y económicas, dirigido con mayor intensidad a pequeños y medianos productores y al saneamiento ambiental de los procesos agroindustriales.

2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los propósitos de la política nacional ambiental, enmarcada en el proyecto colectivo ambiental del plan nacional de desarrollo, es la incorporación de las actividades ambientales en los procesos de planeación y gestión de los sectores dinamizadores de la economía nacional, para lo cual el Ministerio del Medio Ambiente a través de las Corporaciones Autónomas Regionales ha venido promoviendo estrategias hacia la adopción de buenas prácticas ambientales que conlleven a la sostenibilidad, la protección del medio ambiente y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, enfoque que se ha dinamizado a todos los sectores productivos del país y es así como el subsector panelero no debe de ser ajeno a dar cumplimiento a tales propósitos.

Razón por la cual la realización de este proyecto tuvo por objeto el predecir y valorar la alteración ambiental que provoca la actividad panelera del municipio de Consacá (etapas de post-cosecha), sobre la calidad del agua de la quebrada Guandibas, ayudando en la identificación oportuna de los problemas ambientales que conlleva dicha producción en relación con el entorno natural y social de la región.

De igual manera es fundamental que los actores paneleros del municipio de Consacá, inicien con un conocimiento de la llamada “cultura ambiental”, relacionando la magnitud de la actividad que genera el trapiche y sus posibles incidencias en el normal trascender de la zona de estudio (componente abiótico, biótico y social), propósito que involucró la divulgación del ejercicio en cada una de las instalaciones paneleras.

Por otra parte, la quebrada Guandibas no cuenta con un estudio que concrete un conocimiento de la magnitud del impacto ambiental al cual esta siendo sometida, situación de vital importancia para la ejecución del presente proyecto.

Se espera al mismo tiempo que este estudio sea útil para incentivar el aumento de investigaciones sobre los posibles efectos en el proceso de la producción panelera tanto a nivel atmosférico, físico, hídrico, sonoro y social; al mismo tiempo que las alternativas que se plantean en este estudio sean aplicadas en los trapiches de la zona, fomentando la introducción de tecnologías limpias apropiadas desde el punto técnico y económico de los productores paneleros del municipio de Consacá.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto ambiental que generan los vertimientos provenientes de las agroindustrias paneleras sobre la quebrada Guandibas, municipio de Consacá, departamento de Nariño.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la calidad del agua de la quebrada Guandibas, por medio de parámetros fisicoquímicos.
- Determinar la riqueza de especies de macroinvertebrados acuáticos presentes en la quebrada Guandibas.
- Identificar y evaluar cualitativamente los efectos ambientales relacionados con el proceso productivo de la agroindustria panelera.
- Elaborar recomendaciones ambientales que incentiven la implementación de tecnologías limpias en los productores paneleros del municipio de Consacá.

4. MARCO TEORICO

El agua es una sustancia natural básica en el desarrollo de la vida y en las actividades humanas, el agua, aparentemente abundante en nuestro planeta, es un recurso finito, que aunque se renueva constantemente debido al ciclo hidrológico, está siendo sometida a fuertes presiones debido a su incontrolado e inadecuado uso.

El problema de la contaminación del ambiente es tan antiguo como el hombre mismo; sin embargo, se ha destacado como muy importante en los últimos años, debido principalmente al notable incremento de las actividades productivas que generan cada día más problemas de contaminación (CORPOICA , 1996).

El ambiente ha sido el receptor de todos los productos de desechos resultantes de las actividades productivas, es conveniente mencionar, que dentro de la clasificación en nuestro país de las diferentes tecnologías según su grado de agresividad al medio ambiente; la agroindustria panelera ocupa el séptimo lugar (Latorre, 1996); esta agresividad se refiere a su incidencia negativa y es analizada desde diferentes áreas a saber: según su consumo de energía, de acuerdo con las emisiones atmosféricas, por descarga de vertimientos, por generación de residuos sólidos, etc.

Históricamente, el cultivo de la caña panelera se ha realizado con base en una agricultura tradicional, con altos costos en la mano de obra e insumos; en el país se estima que existen cerca de 70.000 unidades agrícolas que cultivan caña para la producción panelera y aproximadamente 15.000 trapiches en los que se elaboran panela (Central de Insumos y Materias Primas para la Industria Alimentaria (CIMPA), 1992).

4.1 LA CAÑA²

4.1.2 Generalidades. La caña es una gramínea del género *Saccharum*, originaria de Nueva Guinea, cultivada en zonas tropicales y subtropicales. Su forma es erecta con tallos cilíndricos de 2 a 5 metros de altura, diámetro variable de 2 a 4 cm. y nudos pronunciados sobre los cuales se insertan alternadamente

² Federación Nacional de Panela. Guía ambiental para el subsector panelero. Bogotá: Convenio Ministerio del Ambiente-SAC-Fedepanela, 2002.

las hojas delgadas. La caña es tal vez la planta con el mayor potencial para la producción de biomasa por unidad de área; como planta perteneciente al grupo de las C₄, su metabolismo le permite una mayor eficiencia en la conversión de luz solar y del bióxido de carbono en carbohidratos para llevar a cabo un rápido crecimiento y un uso más eficiente del agua.

4.1.2 Producción. La agroindustria panelera ocupa el octavo lugar de importancia económica en el país, genera 24 millones de jornales con una participación del 12,8% de la población rural económicamente activa, siendo el segundo generador de empleo después del café, tiene una participación en el Producto Interno Bruto (PIB) del 1,3% y de un 7,7% del PIB agrícola³.

Los principales departamentos productores de panela en Colombia son: Antioquia, Santander, Cundinamarca, Boyacá y Nariño; Colombia tiene 424 mil hectáreas cultivadas con caña de azúcar: el 41% se destina a la producción de azúcar, el 55% a la producción de panela y el 4% restante se destina a la elaboración de mieles, guarapos y forrajes. El cultivo de la caña panelera cubre el 7,8% de la superficie agrícola nacional y el 1,15% de la superficie total colombiana.

En la Tabla 1 se resume la producción de panela a nivel del mundo en 1998.

Tabla 1. Producción Mundial de Panela, 1.998.

	País	Producción (miles de ton)	Participación producción (%)	Consumo per capita (Kg./año)
1	India	9857	71.32	10
2	Colombia	1276	9.23	31.2
3	Pakistán	743	5.38	5
4	China	458	3.31	0.4
5	Bangla Desh	440	3.18	3.5
6	Brasil	240	1.74	1.4
7	Myanmar	354	2.56	8
8	Filipinas	108	0.78	1.5
9	Guatemala	56	0.41	5.2
10	México	51	0.37	0.5
11	Indonesia	39	0.28	0.2
12	Honduras	27	0.2	4.4
	Total Mundial	13821		

³ MARTINEZ C, Héctor J; ORTIZ H, Lila y ACEVEDO G, Ximena. La cadena agroindustrial de la panela en Colombia. En: Revista Agrocadenas Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, 2005.

Fuente: FEDEPANELA, 1998.

4.1.3 Utilización. La panela es un producto alimenticio con excelentes características nutricionales, estando a la altura de las exigencias para los productos alimenticios en el nuevo milenio. Esta se puede utilizar para la industria alimenticia en la fabricación de productos, además, como proveedora de insumos para otras industrias.

4.2 ACTIVIDADES DE POST-COSECHA O BENEFICIO DE LA CAÑA PANELERA

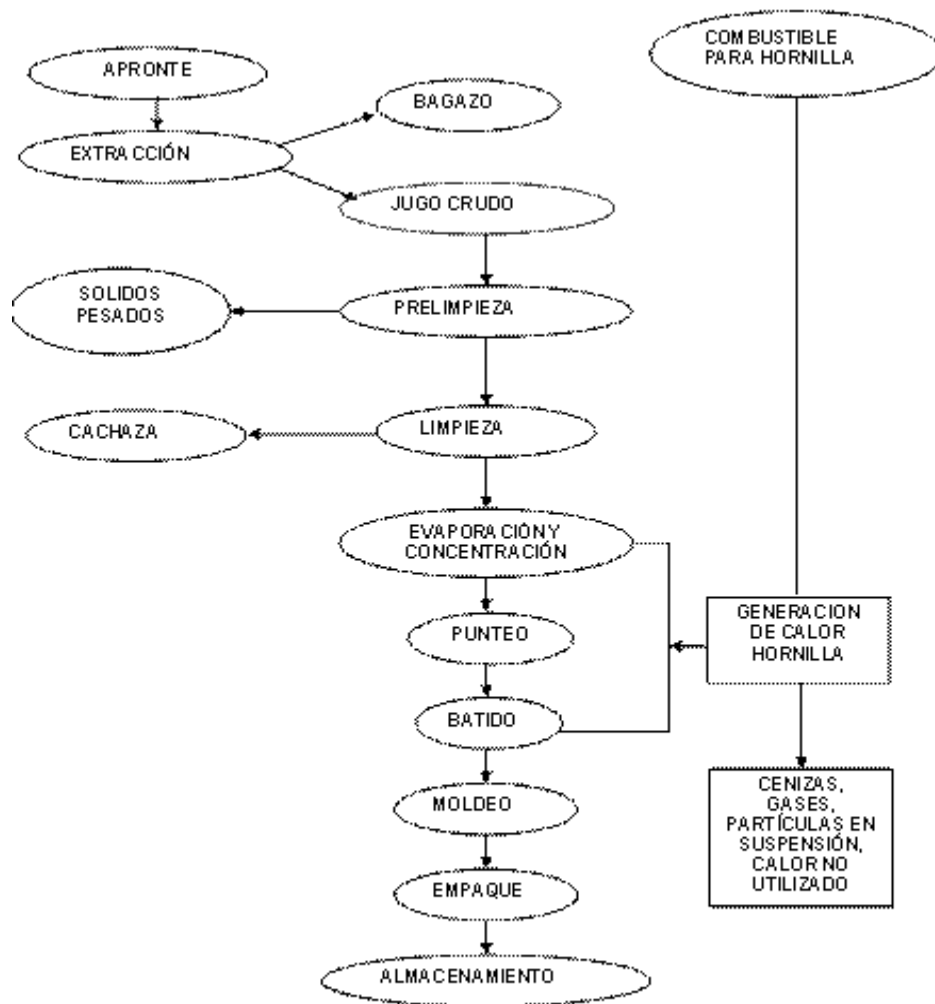
Una vez cosechada la caña, continúa con su beneficio que incluye el conjunto de operaciones tecnológicas posteriores al corte de la caña que se traducen en la obtención del producto final denominado panela.

En el proceso de la elaboración de la panela se siguen las siguientes etapas (Figura 1):

4.2.1 Corte y almacenamiento de la caña. El corte de la caña se debe realizar cuando alcanza la mayor concentración de sólidos solubles, y adquiere la madurez en sacarosa. Una vez cortada la caña debe transportarse desde el campo hasta el trapiche, donde se almacena máximo por tres días, después del cuarto día la inversión de azúcares es alta, aumentando el porcentaje de azúcares reductores.

4.2.2 Extracción del jugo. En esta etapa del proceso también llamada molienda, la caña cortada es pasada por el molino, con el objeto de ser sometida a la compresión de los rodillos o masas ranuradas para propiciar la salida del líquido o jugo de los tallos.

En esta operación se obtienen dos productos: el jugo crudo como producto principal y el bagazo húmedo, el primero continúa su proceso hasta convertirse en panela, y el segundo se lleva al sitio conocido como bagacera con el propósito de disminuir su humedad hasta que queda habilitado para ser utilizado como materia prima en la generación de calor necesaria para las diferentes fases del proceso.



Fuente: Guía panelera (2002).

Figura 1. Proceso para la elaboración de la panela.

4.2.3 Prelimpieza de los jugos. Consiste en la limpieza del jugo a temperatura ambiente una vez ha salido del molino, utilizando para ello un equipo de decantación denominado “prelimpiador”, que por efecto de gravedad envía al fondo las partículas mas pesadas; retirando una fracción importante de los sólidos presentes en el jugo como: tierra, partículas de bagazo, hojas de caña y cera.

4.2.4 Limpieza de los jugos. Se conoce comúnmente como “descachazado”, consiste en retirar con la ayuda de “remellones” las impurezas sólidas suspendidas en el jugo y que repercuten en la calidad final de la panela. La limpieza se realiza por medios físicos de separación sencilla, a través de la adición de calor y de agentes bioquímicos, como son las cortezas de especies vegetales que actúan como floculantes o aglutinantes, en la zona la especie mas utilizada es el balso (*Heliocarpus americanus*), para su utilización se retira la corteza del árbol teniendo cuidado de cortarlo por cuadros estilo domino, estos cuadros de corteza se maceran o machaca con un mazo con el propósito de liberar los mucílagos, estos se dejan en remojo hasta que forme una solución con una viscosidad de 6 cp (similar a la clara del huevo). Se emplea de está solución un volumen igual al 2.5% en volumen de jugo, dividido en dos aplicaciones, la primera cuando los jugos han alcanzado una temperatura de 50-55°C y la segunda cuando los jugos alcanzan 75°-85°C, en esta parte del proceso se genera un subproducto denominado cachaza, la cual es retirada y depositada en unos recipientes llamados cachaceras, donde se la utiliza como suplemento alimenticio para animales permitiendo eliminar de alguna manera el impacto negativo sobre el ambiente; sin embargo la cachaza se fermenta con gran rapidez limitando sus posibilidades para la alimentación animal siendo arrojada a las corrientes de agua o en lotes vecinos, propiciando la contaminación orgánica de las aguas y focos de fermentación con olores indeseables.

4.2.5 Evaporación y concentración de los jugos de caña. En esta fase del proceso se elimina la mayor cantidad de agua presente en el jugo, de tal manera que los sólidos se concentran hasta alcanzar su estado de miel, en un valor cercano a los 60 °Brix, (°Brix mide la cantidad de sólidos solubles presentes en el jugo de la caña expresados en % de sacarosa).⁴

4.2.6 Punteo. En esta fase, se logra la mayor cantidad de sólidos llegando a un valor cercano de los 90⁰ Brix; en este punto del proceso productivo se corre el riesgo de quemar la miel por efecto de la temperatura y el tiempo de las mieles en la paila por ello el encargo de esta operación debe de ser una persona con mucha experiencia y la cual evalúa dicha etapa a partir de las siguientes propiedades físicas como la viscosidad y adherencia de las mieles, que el operario evalúa a "ojo" mediante la velocidad de escurrimiento de estas sobre la falca de la paila o en el mismo remellón o cazo. Otra característica del punto de panela muy usada, es la formación de grandes burbujas o películas muy finas y transparentes denominadas "pañuelo".

⁴ CHEN, C. James. Manual de caña. México: Limusa, 1991.

4.2.7 Batido. En esta operación la miel se pasa a unas bandejas en donde con la ayuda de palas pequeñas dos operarios baten la miel y la enfrían para pasarla finalmente a la zona de moldeo.

4.2.8 Moldeo de la panela. En esta etapa se da forma a la masa de miel con la ayuda de moldes como las cocas o las gaveras, para ofrecer diversa presentaciones.

4.2.9 Empaque. Es la protección superficial del producto ante el manipuleo, acción del medio ambiente y las condiciones climáticas de almacenamiento.

4.2.10 Generación de calor hornilla. En un trapiche tradicional, la panela se produce en hornillas. Una hornilla consta de dos partes: la cámara de combustión y la zona de evaporación del jugo de caña o zona de proceso.

En la cámara de combustión el bagazo reacciona con aire para obtener energía térmica, dejando las pailas expuestas a la presión atmosférica y al calentamiento a fuego directo, permitiendo que los fondos de las pailas se expongan directamente a los gases de combustión, resultando tanto gases calientes como cenizas, las cuales son depositadas en las salidas de los trapiches con destino hacia la quebrada Guandibas.

4.3 ANALISIS DEL IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

El término calidad del agua es relativo al uso o actividad a que se destina este recurso, los efectos de los contaminantes, ya sean de origen orgánico e inorgánico, provocan en el agua una serie de modificaciones en su calidad, que repercute en la composición y distribución de sus comunidades bióticas (Roldan, 1992).

La manera más sencilla de establecer el estado trófico y sanitario del agua es a partir de la determinación de índices de calidad con base en las características biológicas y fisicoquímicas, pues así como los primeros presentan características de la composición de las comunidades bióticas, los segundos exhiben una serie de características que tienen que ver con la precisión, determinación de cuales son las sustancias contaminantes, cuantificación de las misma, concentración permisible de las diferentes sustancias contaminantes y también presenta técnicas de campo y laboratorio estandarizadas, etc. (Zamora, 2000).

A continuación se establecerá los requisitos que involucra un análisis de calidad de agua:

4.3.1 Bioindicación. Es la utilización de organismos y comunidades como indicadores ecológicos de las condiciones o estado de los ecosistemas, de acuerdo con su capacidad de colonización, en los siguientes rangos, oligomesotrófico, mesotrófico, mesoeutrófico, eutrófico y no indicadores.

4.3.1.1 Los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales. Comprenden todos aquellos organismos que se pueden observar a simple vista, o sea en términos generales, todos aquellos que tiene tamaños superiores a los 0.5 mm de largo. Estos viven sobre el fondo de los ríos y lagos, o enterrados en el fango y la arena, adheridos a troncos, vegetación sumergida y rocas; o nadando activamente dentro del agua o sobre la superficie de la misma. Los grupos mas representativos son los poríferos, celenterados, platelmintos, nematomorfos, anélidos, moluscos, insectos, crustáceos y arácnidos (Roldan, 1996).

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, presentan una serie de características que los han llevado a ser preferidos por los ecólogos y limnólogos como elementos de análisis de la calidad biológica de las aguas epicontinentales, entre otras se tienen las siguientes:

- Tamaño relativamente grande.
- Muestreo fácil.
- No se requiere de equipos costosos.
- Ciclos biológicos lo suficientemente largos.
- Alta diversidad.

4.3.1.2 Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua se basa en el hecho de que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados; cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejara, por tanto en las estructuras de las comunidades que allí habitan (Roldan, 1992).

La determinación de índices bióticos es de gran valía en los estudios ecológicos, puesto que muestran la sensibilidad o tolerancia de un grupo o grupos de especies a la contaminación y les asigna un valor tal que sumando todos ellos se obtiene una indicación del grado de contaminación de un cuerpo de agua. Por lo tanto, estos índices valoran la respuesta de la comunidad a los contaminantes.

4.3.1.2.1 Índice de diversidad de Shannon Weaver. Es una expresión matemática que se utiliza para calcular la diversidad en un ecosistema, este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, es una medida de la complejidad de la comunidad en términos de mayor a menor cantidad de poblaciones (especies), y de la abundancia relativa (densidad) de los organismos de cada una de ellas (Roldan, 1992).

Fórmula para calcular el índice de diversidad:

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

Donde:

H' = Índice de diversidad

ni = número de individuos por especie en una muestra de una población

N = número total de individuos en una muestra de una población

ln = logaritmo natural

Los valores obtenidos mediante esta fórmula oscilan entre valores de 0.0 y 5.0 y debe interpretarse en la siguiente forma:

0.0-1.5 indican aguas muy contaminadas, baja diversidad

1.6-3.0 indican aguas medianamente contaminadas, mediana diversidad

3.1-5.0 indican aguas muy limpias, alta diversidad.

4.3.1.2.2 Índice de riqueza de Margalef. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos.

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

4.3.1.2.3 Sistema para la determinación del índice de monitoreo biológico (BMWP). Consiste en la ordenación de macroinvertebrados acuáticos a nivel taxonómico de familia, en diez grupos en una escala de mayor a menor tolerancia a las alteraciones de las condiciones normales naturales de los cuerpos de agua, sobre el inventario realizado se asigna el puntaje correspondiente entre uno y diez

puntos respectivamente a cada familia y mediante la sumatoria se obtiene el valor del índice BMWP.

Los valores BMWP se correlacionan en cinco grados de contaminación (oligotrófico, oligomesotrófico, mesotrófico, mesoeutrófico y eutrófico), el valor del índice BMWP obtenido, se ubica en su respectivo rango en el tabla 2 de esta manera se obtienen los juicios sobre calidad y cartografía, que son los correspondientes al renglón del rango; para la aplicación del Índice Biológico (BMWP) se utilizara la información que se presenta a continuación.

Tabla 2. Clases, valores y características para las aguas clasificadas mediante el índice BMWP.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color Cartográfico
I	> 121	Muy Buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
II	101-120	Buena	Aguas limpias	Azul
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 H. Adaptación del Índice BMWP para Colombia, 2000.

4.3.1 Caracterización fisicoquímica y la calidad del agua. La caracterización fisicoquímica de un ambiente acuático hace referencia a todos aquellos factores ambientales que influyen en la estabilidad y productividad de un ecosistema y que influirán en el proceso de la utilización de su agua (Roldan, 1992).

El análisis fisicoquímico permite dar una visión concreta de la calidad del agua, pues sus resultados determinaran cuales son las sustancias contaminantes, concentración de las diferentes sustancias y diagnóstico de la utilidad que puede presentar el sistema después de su caracterización; es un análisis químico de métodos colorimétricos y potenciométricos que permite obtener una visión preliminar concreta y ajustada a la realidad, sobre la calidad de las aguas naturales y de su estado trófico. Los principales parámetros fisicoquímicos que se requieren para realizar un análisis de la calidad del agua son:

4.3.2.1 Temperatura ambiental y temperatura del agua. La temperatura del agua, se refiere a la cantidad de energía calórica que absorbe un cuerpo de agua y su correspondiente relación con la temperatura ambiental, es debido al alto calor específico del agua, el cual permite la disipación de la luz y la acumulación de calor (Roldan,1992).

4.3.2.2 Turbidez. La transparencia de una masa natural de agua es un factor decisivo para la calidad y productividad de estos sistemas. La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos (APHA-AWWA-WPCF, 1998).

4.3.2.3 Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno. La concentración de oxígeno en un cuerpo de agua natural esta dado por el intercambio con el medio atmosférico y por los procesos fotosintéticos. La mayor o menor cantidad de este parámetro depende principalmente de la turbiedad, la temperatura, la presión y la profundidad (Vásquez, 1998).

4.3.2.4 Gas carbónico disuelto. Este gas se origina por la descomposición de la materia orgánica, por la respiración de los animales, de las plantas y por el agua lluvia. El dióxido de carbono en el agua juega dos papeles importante; el primero esta relacionado con la acción buffer en el agua, lo que permite que no presenten cambios bruscos en el pH del agua, y el segundo quizás mas importante, es que constituye la materia prima para la fotosíntesis y en especial el carbono, elemento básico para la constitución de la materia orgánica (Roldan, 1992).

4.3.2.5 pH. Es una medida de la concentración de iones hidrógeno (H^+) en el agua, en los sistemas biológicos las variaciones extremas del pH hacia cualquier lado del punto neutro puede ser impáctate para los microorganismos. Dentro de los valores óptimos de pH esta 6.0 y 9.0 (Roldan, 1992).

4.3.2.6 Acidez. Corresponde a la suma de la acidez mineral más la acidez causada por la presencia del gas carbónico, parámetro necesario considerar, pues con base en el pH obtenido, se puede deducir su origen y los posibles efectos que sobre el ecosistema, los procesos fisiológicos y distribución de la biota se puedan presentar (Vásquez, 1998).

4.3.2.7. Alcalinidad. La alcalinidad del agua es su capacidad para neutralizar ácidos o es la forma de expresar la cantidad de iones bicarbonato y carbonato presente en el agua. El conocer la alcalinidad de un cuerpo de agua es fundamental para determinar su capacidad para mantener los procesos biológicos y una productividad sostenida y duradera (Roldan, 1992).

4.3.2.8 Conductividad. La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la variación de la temperatura (Vásquez, 1998).

4.3.2.9 Sólidos. Los sólidos pueden afectar negativamente la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior palatabilidad y pueden inducir una reacción fisiología desfavorable en el consumidor ocasional. Los sólidos totales incluyen los sólidos totales suspendidos, o porción de sólidos totales retenida por un filtro, y los sólidos disueltos totales o porción que atraviesa el filtro. Sólidos sedimentables, expresión aplicada al material que se desprende de la suspensión en un periodo determinado, su valor es expresado en función de un volumen (ml/L) o de un peso (mg/L) (APHA-AWWA-WPCF, 1998).

4.3.2.10 Demanda bioquímica de oxígeno. Se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. La prueba es muy utilizada para determinar el grado de contaminación de las aguas domésticas e industriales en términos de oxígeno que estas requieren para oxidar toda la materia orgánica que llevan en solución, bajo condiciones aeróbicas (Vásquez, 1998).

4.3.2.11 Demanda química de oxígeno. Forma de medir la concentración de la materia orgánica en los residuos domésticos e industriales. Esta prueba se obtiene tras sustituir los microorganismos oxidantes por un poderoso agente oxidante, el dicromato potásico, que en unas 3-4 horas oxida la materia orgánica, expresando los resultados en mg/L de oxígeno consumido (Ortega et al, 1997).

4.3.2.12 Nutrientes en el ecosistema acuático. El nitrógeno y fósforo, constituyen los dos elementos más importantes para la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos. Su fuente natural es la descomposición de materia orgánica, la cual al mineralizarse pone de nuevo estos iones a disposición de las

plantas y las algas. Su concentración varía desde microgramos ($\mu\text{g l}^{-1}$) en medios oligotróficos hasta varios miligramos por litro en medios eutróficos (Roldan, 1992).

4.4 EVALUACION DE LOS EFECTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA PRODUCCION PANELERA

Existe una gran variedad de metodologías para realizar una Evaluación de Impacto Ambiental, algunas simples y otras más complejas, las cuales ayudan en la identificación, cuantificación y evaluación de los impactos generados por las actividades productivas, cuyo objetivo es formar un juicio previo, ajustado y lo menos subjetivo posible sobre la importancia de los impactos, alteraciones que producen y la posibilidad de evitarlos o reducirlos a niveles aceptables. Para este caso se aplicarán los siguientes métodos e instrumentos: listas de chequeo, matriz de Influencia Dependencia, utilizado dado que los problemas ambientales conforman un sistema en que algunos tienen mayor influencia y otros aparecen como consecuencia de aquellos (dependencia), la mayor parte de los indicadores componentes de un sistema ambiental son integrantes de un todo y las modificaciones o transformaciones que se sucedan en uno de estos indicadores repercute en los demás; el establecer esta interrelación de indicadores permite identificar los susceptibles de alterarse y los resistentes dentro del conjunto de indicadores que describe un ecosistema (Figueroa et al, 1998).

5. ZONA DE ESTUDIO

5.1 ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1.1 Límites generales. El municipio de Consacá se encuentra a 55 Km. al noroccidente de la ciudad de Pasto, con una superficie de 132 km², que equivalen a 11.775 ha., limita al norte con La Florida y Sandoná, al sur con Yacuanquer, al oriente con Pasto y Tangua, al occidente con Guaitarilla y Ancuya. Se encuentra a 1.640 m.s.n.m., su temperatura promedio es de 20 °C, su precipitación media anual es de 1.158 mm, correspondiente a la zona ecológica denominada bosque húmedo Premontano (bh-PM) según la clasificación de Holdridge (1978).

La mayor parte de su territorio es montañoso, comprendido entre la margen derecha del río Guaitará y la cima del volcán Galeras; se encuentran pisos térmicos templados, fríos y páramo, lo riegan los ríos Azufral y Guaitara.

5.1.2 Quebrada Guandibas. La quebrada nace en la vereda Alto Tinajillas a una altura de 2.200 m.s.n.m., su recorrido es de 6 km. Recibe diferentes efluentes como los de la quebrada El Banco, La Chiquita, La Ciénega y El Panteón, en su recorrido pasa por las veredas Tinajillas, El Guabo, Villa Inés y Olaya Herrera desemboca en el río Guaitará una de los principales cuencas hídricas del departamento de Nariño.

5.1.3 Geomorfología. El área de estudio es denominada conjunto Guaico, esta unidad se localiza en los resaltos de relieve ligeramente plano, los suelos formados allí son de influencia coluvial y profundos, bien drenados con horizonte superficial grueso, de colores oscuros, las texturas son generalmente arenosas con abundante gravilla. Son altamente saturados, ricos en Calcio, Magnesio y Potasio, los primeros horizontes tienen altos contenidos de materia orgánica (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1977).

5.1.4 Uso actual del suelo. El uso actual del suelo a nivel de la quebrada Guandibas se caracteriza por ser netamente agrícola, el cual ha sido dividido en cultivos permanentes, semipermanentes y transitorios; prevalecen los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum sp*), café (*Coffea arabica*), predios que se encuentran entre 1-3 hectáreas determinando que estas áreas presentan características de explotación minifundista.



Figura 2. Uso del suelo para los cultivos de caña en el municipio de Consacá.

Los cultivos semestrales y de rotación se caracterizan por desarrollarse dentro de áreas muy pequeñas entre de los cuales podemos mencionar cultivos de plátano (*Musa sp*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihot sculenta*), y en menores extensiones frutales y hortalizas.

5.1.5 Uso potencial del suelo. Definido como la capacidad que posee la tierra para producir o mantener la cobertura vegetal, en el municipio de Consacá se define esta cualidad de uso con el nombre de clases, detallados en números romanos, de esta manera podemos hablar de la clase III hasta la clase VIII, donde la clase III se clasifican como tierras buenas para cultivos, las clases IV, VI y VII son tierras de poca fertilidad recomendadas principalmente para la ganadería y explotación maderera; la clase VIII son catalogadas como tierras improductivas, además a esta clasificación se inscriben letras en minúscula como la “e” la cual indica que los suelos pueden erosionarse con facilidad, la letra “s” indica que son suelos con baja fertilidad y muy ácidos.

La clase agrológica a la pertenece la zona de estudio es la Vles, que comprende una posición geomorfológica de ladera, con suelos profundos, bien drenados, de erosión ligera a moderada, debido al uso intensivo de estos suelos y a la falta de practicas conservacionistas (Diagnóstico territorial municipio de Consacá, 2002).

5.1.6 Vegetación predominante. .El levantamiento de la cobertura vegetal se hizo a partir del nombre vulgar de las especies por medio de la ayuda de los

habitantes de la zona y su correspondiente identificación científica por ayuda secundaria, lográndose determinar las siguientes especies:

Caña (*Saccharum officinarum*), Guadua (*Guadua angustifolia*), guamo (*Inga sp.*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), eucalipto (*Eucalyptus sp.*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pasto brachiaria (*Brachiaria decumbens*), balso (*Heliocarpus americanus*), higuera (*Ricinus communis*), caña brava (*Gynerium sagittatum*), lechero (*Euphorbia cotinifolia*), guayaba (*Psidium guajava*), plátano (*Musa sp.*), café (*Coffea arabica*), aliso (*Alnus acuminata*), arrayán (*Myrcia sp.*), yarumo (*Cecropia sp.*), maíz (*Zea mays*), piña (*Ananas comosus*), naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), entre otros.

5.2 DELIMITACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La primera parte del estudio consistió en hacer un reconocimiento del área, a fin de determinar la distribución y ubicación de las zonas a evaluar, tomando como criterio sitios en los cuales no se presenta efecto y aquellos que están perturbados directamente por los vertimientos de los trapiches paneleros, delimitando de esta manera tres zonas.

5.2.1 Zona uno. Localizada aguas arriba de las agroindustrias paneleras, a los 1710 m.s.n.m., la cobertura vegetal de esta zona se ha delimitado mucho principalmente por la tala, actividad que los habitantes han implementado en esta área principalmente para suplemento energético y ampliación de áreas productivas.

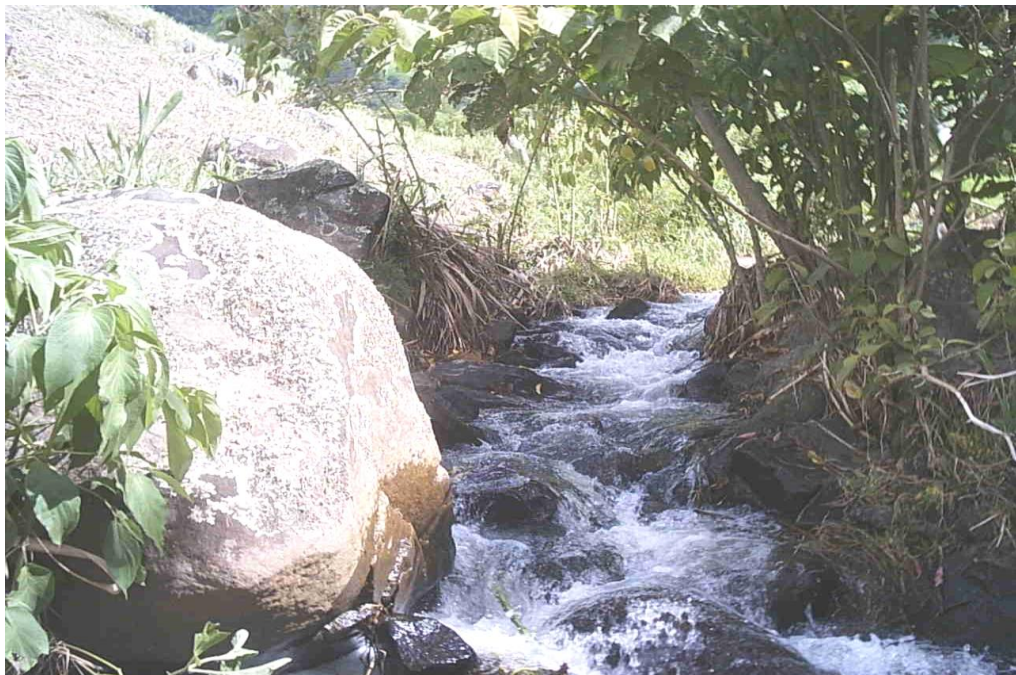


Figura 3. Zona 1 antes de los vertimientos paneleros, quebrada Guandibas.

5.2.2 Zona dos. Localizada a 10 m aguas abajo de los vertimientos paneleros, a 1700 m.s.n.m., la característica de esta zona es ser la receptora principal de los vertimientos y presentar una alta intervención hacia la vegetación la cual ha sido reemplazada por cultivos principalmente de caña, café y plátano; además de las construcciones de los trapiches paneleros y de ser desviada su agua para riego de los cultivos de caña.



Figura 4. Salida del vertimiento del trapiche panelero San Isidro vereda Villa Inés, municipio de Consacá, departamento Nariño.

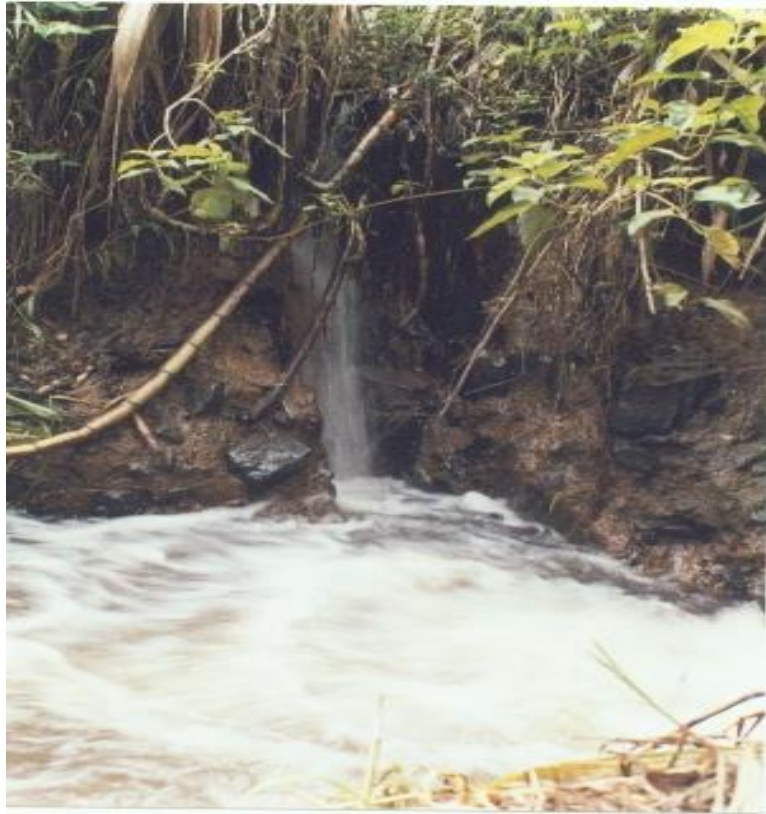


Figura 5. Zona 2 en el vertimiento de los trapiches paneleros, quebrada Guandibas.

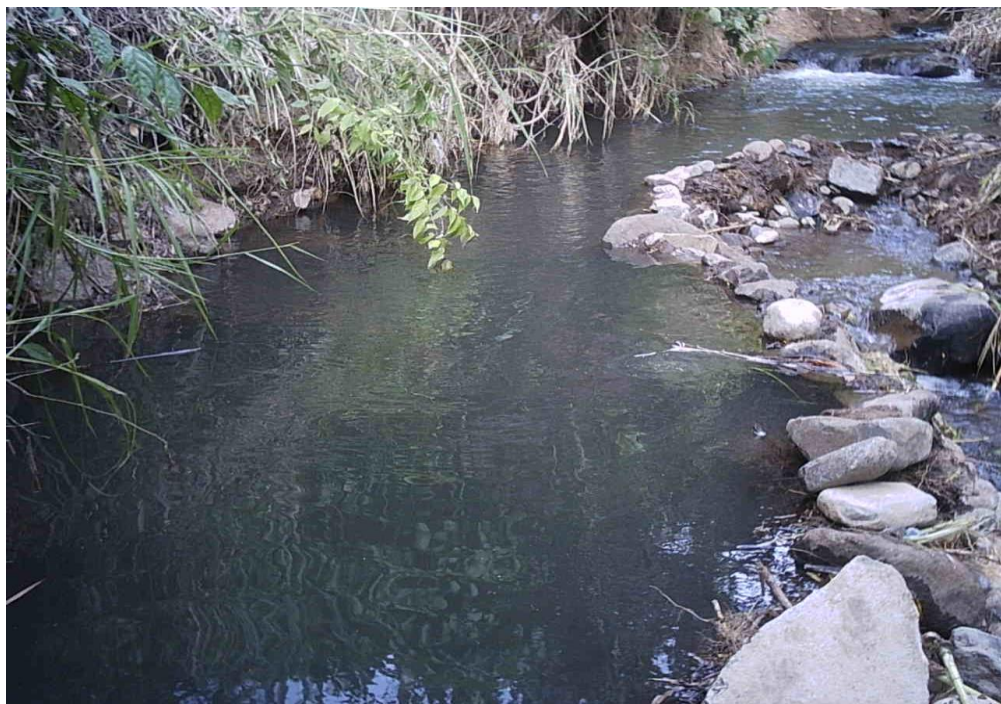


Figura 6. Zona 2 en el vertimiento de los trapiches paneleros, canalización para distritos de riego quebrada Guandibas.

5.2.3 Zona tres. Localizada aproximadamente a unos 800 m de la segunda zona, se la tomó dentro del estudio para comprobar cual es la situación de recuperación de la quebrada Guandibas.



Figura 7. Zona 3 después de los vertimientos de los trapiches, quebrada Guandibas.

6. METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló dentro del contexto de una investigación Descriptiva-Explicativa, se llevo a cabo durante un tiempo de seis meses, (enero a junio 2006) permitiendo obtener información del estado actual de la quebrada Guandibas, afectada por vertimientos de trapiches paneleros y a la vez identificar y evaluar los impactos ambientales que esta agroindustria esta generando en la zona.

6.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

La información utilizada en este trabajo fue suministrada por entidades como Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), La Federación Nacional de Productores de Panela (FEDEPANELA), IDEAM y planeación municipal de Consacá, facilitando la información a través de documentos del área donde se adelantó el trabajo, al igual que de mapas y guías ambientales del subsector panelero. La información primaria se obtuvo por encuestas no formales realizadas a la comunidad que se encuentra en el área de estudio, así como de análisis de laboratorio de fisicoquímica del agua y de macroinvertebrados acuáticos y por observación directa.

Igualmente se hizo uso de fuentes externas como textos relacionados con el tema del medio ambiente al igual que de trabajos realizados por otros autores en el área de estudio (CORPOICA, 2000; FEDEPANELA, 2002; Ministerio de Agricultura, 2005; Zamora, 2001; Vásquez, 2001, etc.), los cuales complementaron y facilitaron el análisis de los resultados obtenidos en este trabajo.

6.2 TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA QUEBRADA GUANDIBAS

La caracterización del recurso hídrico se llevó a cabo mediante la utilización de análisis físicos, químicos y biológicos del agua (macroinvertebrados acuáticos), durante seis meses (enero a junio de 2006), con el propósito de confrontar los resultados conseguidos en cada zona y así determinar cual es el estado de alteración en que se encuentra la quebrada.

Los parámetros fisicoquímicos se tomaron mediante muestras compuestas de agua en botellas ámbar de aproximadamente 1L de cada una de las zonas de muestreo, algunos parámetros fisicoquímicos fueron tomados directamente en las zonas de muestreo de la quebrada y otros por el contrario fueron

transportados al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad del Cauca para su correspondiente análisis, estas muestras se colocaron en una nevera de icopor dotada de hielo a fin de mantener la temperatura aproximadamente a 4°C para su conservación y posterior transporte; razón por la cual el muestreo se dividió en dos fases; una que comprendió la fase de campo donde se tomaron los siguientes parámetros:

• Altitud	Altímetro
• Caudal	Aforo con flotador
• Transparencia	Disco Secchi
• Temperatura ambiental	Termómetro de precisión
• Temperatura hídrica	Conductímetro
• Oxígeno disuelto	Método Winkler
• Gas carbónico	Titulométrico
• pH	Colorimétrico
• Conductividad	Conductímetro
• Acidez total	Titulométrico
• Alcalinidad total	Titulométrico
• Nitritos	Colorimétrico
• Nitratos	Colorimétrico
• Amonio	Colorimétrico
• Fosfatos	Colorimétrico
• Sólidos totales	Conductímetro (relación conductividad)

Fase de laboratorio donde se determinaron parámetros como:

• Turbiedad	Espectrofotómetro SQ 118 MERCK
• Sólidos sedimentables	Método gravimétrico
• Demanda química de oxígeno	Colorimétrico de reflujo cerrado
• Demanda bioquímica de oxígeno	Método de dilución, incubación

Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa STATISTICA 7, donde se aplicó el Análisis de Componentes Principales (ACP), el cual se empleó para establecer patrones fisicoquímicos de las zonas de la quebrada a partir de las diecinueve variables cuantificadas en campo y laboratorio. Posteriormente se explicó la relación de cada variable con respecto a las zonas y épocas de muestreo.

6.3 TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS DE LA QUEBRADA GUANDIBAS

Para el caso de los macroinvertebrados acuáticos se siguió el método de flotación, utilizando una red de bentos de 1 mm de ojo de malla y un área de 1 m², sujeta a los lados por dos soportes de 1.5 m de longitud. La red se utiliza de tal manera que una persona la sujeta, fijándola al sustrato en contra de la corriente y otra persona remueve el fondo aguas arriba, las larvas presentes

son arrastradas por la corriente y atrapadas en la red, de igual manera se procedió a complementar el muestreo con la recolección manual (piedras, lodo y vegetación), los organismos colectados fueron depositados en frascos de boca ancha con una cantidad de alcohol al 70% garantizando su preservación, posteriormente, se procedió a realizar la correspondiente rotulación de cada una de las muestras, a continuación los organismos fueron transportados al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos del departamento de Biología de la Universidad del Cauca para su posterior identificación por medio de claves y guías taxonómicas (Roldan, 1996; Fernández et al, 2001), los datos obtenidos se utilizaron para desarrollar un análisis integral de cada una de las zonas de muestreo, en base al Índice de Shannon Weaver, utilizado para calcular la diversidad en el ecosistema, índice de similitud de Jaccard, índice de Margalef y el índice de monitoreo biológico BMWP.

6.4 IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA QUEBRADA GUANDIBAS

La evaluación ambiental que se adelantó en la quebrada Guandibas asumió por objeto el identificar, caracterizar y evaluar cualitativamente los impactos que la agroindustria panelera esta produciendo, tal determinación se hizo sobre la base de información, datos y hechos recogidos y ordenados sistemáticamente de tal modo que fue posible explicar con claridad las causas, consecuencias y limitaciones que se están presentando en el área de estudio.

Para realizar la evaluación de impacto ambiental se aplicaron los siguientes instrumentos: lista de control descriptiva, verificación o “chequeo”, técnica que se utilizó previo al estudio a desarrollar, el cual consistió en un método de evaluación cualitativa que proporcionó en forma rápida una idea general sobre aquellas actividades que la agroindustria panelera esta generando sobre el ambiente y la salud de la población de Consacá.

Igualmente se hizo uso de una matriz de influencia dependencias, en un principio la matriz se elaboró teniendo en cuenta todos aquellos indicadores básicos de primer nivel, los cuales fueron ubicados en las filas (horizontales) y cruzados con los mismos indicadores en las columnas (verticales), logrando así establecer la relación de influencia o dependencia, cuando se cruza el mismo indicador se escribe cero (0) en la casilla de cruce, y cuando se da una relación de influencia o dependencia se anota uno (1); por último se realizó la sumatoria de influencias (forma vertical) y de dependencias (forma horizontal), a la par se determinaron los grados de dependencia o de influencia de cada indicador, medido según el siguiente procedimiento:

$$GD = \frac{\sum D}{\sum I}$$

Donde:

GD = grado de dependencia

$\sum D$ = sumatoria de dependencias

$\sum I$ = sumatoria de las influencias

Calculando el grado de dependencia GD para todos los indicadores de la matriz se procedió a realizar un ordenamiento de mayor a menor GD, con el objeto de escoger los indicadores más representativos dentro del análisis.

Los datos aquí obtenidos fueron llevados a un plano de coordenadas donde se graficó la relación influencias / dependencias, localizando en el eje de las "x" las dependencias y en eje de las "y" las influencias, cuya interpretación es la siguiente:

- Los indicadores localizados en el cuadrante I son los que ejercen mucha influencia, teniendo poca dependencia.
- Los que se localizan en el cuadrante II ejercen mucha influencia y a la vez sufren mucha dependencia.
- Los que se localizan en el cuadrante III tienen poca influencia y a la vez tiene mucha dependencia.
- Los indicadores que están en el cuadrante IV tiene poca influencia y también poca dependencia.

Según este análisis los sistemas que tengan el mayor número de indicadores en el cuadrante IV serán los más resistentes al cambio; en contraposición, los sistemas que tengan el mayor número de indicadores en el cuadrante II serán altamente susceptibles a los tenses y por lo tanto son más vulnerables. De esta manera se tiene una apreciación de la capacidad de recuperación de un sistema y una orientación sobre sus indicadores.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA QUEBRADA GUANDIBAS

Los valores de los parámetros fisicoquímicos hídricos obtenidos en la quebrada Guandibas entre los meses de enero a junio de 2006, se registran por meses de monitoreo en cada una de las zonas (Tablas 3, 4, 5).

Al realizar el análisis de componentes principales (ACP), con las variables fisicoquímicas de la quebrada, se estableció que en la zona uno (Anexo D), los tres primeros componentes explican el 96.4% del total de la varianza. El primer componente explica el 33.7% y esta asociado con la temperatura del agua, zona fótica, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y pH. El segundo explica el 30.86%, asociado a la turbidez, conductividad, STD, sólidos sedimentables, nitratos y ortofosfatos, el tercero explica el 17.66%, asociado con el CO₂ y la acidez total.

En tanto que para la zona dos los tres primeros componentes (Anexo E), explican el 84.0% del total de la varianza; distribuidos de la siguiente manera el primer componente explica el 46.43%, asociado con la zona fótica, turbidez, alcalinidad, acidez, conductividad, STD, nitritos, DQO, DBO₅. El segundo componente explica el 25.33%, asociado a la temperatura ambiental, oxígeno disuelto, CO₂ y ortofosfatos y el tercer componente explica el 12.2% asociado con el amonio.

Por último para la zona tres (Anexo F), los tres primeros componentes explican el 76.64% del total de la varianza, de esta manera el primer componente explica el 35.77%, asociado a turbidez, CO₂, pH, amonio, DBO₅, DQO; el segundo explica el 22.885%, asociado a temperatura del agua, oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno y acidez; el tercero explica el 17.995%, relacionado con la conductividad, STD y nitritos.

Dos componentes son visibles en el ACP de las zonas, el primero dado por variables que denotan la contaminación (Conductividad, turbidez, nitritos, ortofosfatos, DBO₅, DQO), parámetros que presentan aumentos principalmente en las zonas dos y tres las cuales están involucradas como receptoras de los vertimientos paneleros; y un segundo componente dado por variables que se encuentran directamente afectados dada una variación de los anteriores parámetros los cuales afectaran la calidad del agua dentro de los cuales se encuentra (temperatura, oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno, CO₂).

El ACP indicó que la conductividad, DQO, DBO₅, turbidez, CO₂, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, NO₂⁻, zona fótica, fueron las variables que determinan los patrones fisicoquímicos de las zonas de la quebrada Guandibas, lo cual es explicable desde el punto de vista de calidad

del agua, pues mientras que para la primera zona los parámetros se rigen a partir de valores óptimos (Roldan, 1992; Vásquez, 1998), esta condición cambia para las otras dos zonas donde los rangos de las variables aumentan considerablemente indicando que la disposición de vertimientos de los trapiches están contribuyendo a que el uso del agua de estas zonas se este condicionando, asociando de igual manera a esta afirmación los resultados del análisis biológico de las zonas dos y tres, el cual indica una disminución en la diversidad dado por la dominancia de ciertos géneros los cuales son característicos de sitios donde la disposición de materia orgánica es alta (Pinilla, 1998).

Tabla 3. Zona 1 quebrada Guandibas, parámetros fisicoquímicos hídricos.

Parámetros	ZONA UNO					
	Época seca		Época lluvia			
	Ene	Feb	Jun	Mar	Abr	May
T ambiente °C	19	20	21	20.1	19	21.5
T agua °C	16	18	16	16	15	17
Z.S.D m	0.30	0.40	0.20	0.25	0.30	0.50
Turbidez UNT	10	8.0	10	22	26	10
Oxígeno mg/L	9.0	9.1	7.40	8.06	8.43	9.40
Saturación o ₂ %	90	90	82	85	88	90
Gas carbónico mg/L	1.20	2.9	2.5	2.5	2.4	3.5
pH	7.17	7.12	6.87	7.0	7.1	7.17
Acidez total mg/L	2.20	3.5	5.0	3.5	5.0	7.0
Alcalinidad total mg/L	10	12	20	9	20	17
Conductividad uMhos/cm	52	40	39	66	55	52
Sólidos totales mg/L	20.8	18.4	16	26.4	22	20.8
Sólidos sedimentables mg/L-h	0.10	1.20	0.25	9.0	12.0	0.10
Amonio mg/L	0	0	0.02	0.01	0	0
Nitritos mg/L	0	0	0	0	0.01	0
Nitratos mg/L	0	0.57	0.36	0.57	0	0.06
Ortofosfatos mg/L	0.01	0	0	0.02	0.04	0
DBO ₅	2	6.70	1.30	7.0	2.0	7.0
DQO	4.1	12.3	3.4	14.3	4.1	15.3
Caudal m ³ /seg		0.16			0.87	

Tabla 4 Zona 2 quebrada Guandibas, parámetros fisicoquímicos hídricos.

Parámetros	ZONA DOS					
	Época seca			Época lluvia		
	Ene	Feb	Jun	Mar	Abr	May
T ambiente °C	19	20	21	20.1	19	21.5
T agua °C	19	19	18.5	20	18	20
Z.S.D m	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30
Turbidez UNT	35	25	26	45	35	45
Oxígeno mg/L	7.44	7.07	7.2	7.19	6.94	7.44
Saturación o ₂ %	80	80	78	81	75	80
Gas carbónico mg/L	4.5	4.2	4.5	3.5	3.5	4.6
pH	6.92	6.9	7.2	6.8	6.9	6.9
Acidez total mg/L	8.8	8.2	8.8	7.0	7.0	9.5
Alcalinidad total mg/L	17	27	29	17	18	19
Conductividad uMhos/cm	93	90	90	122	100	120
Sólidos totales mg/L	37.2	36	36	48.8	40	48
Sólidos sedimentables mg/L-h	12	10	12	32	30	30
Amonio mg/L	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04
Nitritos mg/L	0.01	0	0	0	0.02	0.03
Nitratos mg/L	0.35	0.45	0.57	0	0.16	0.23
Ortofosfatos mg/L	0.03	0.04	0.02	0.01	0.07	0
DBO ₅	60.3	65	27.8	68	60.3	79
DQO	123	130	33.6	138	123	161.1
Caudal m ³ /seg		0.78			3.1	

Tabla 5. Zona 3 quebrada Guandibas, parámetros fisicoquímicos hídricos.

Parámetros	ZONA TRES					
	Época seca			Época lluvia		
	Ene	Feb	Jun	Mar	Abr	May
T ambiente °C	19	20	21	20.1	19	21.5
T agua °C	18	19	17	17	18	21
Z.S.D m	0.30	0.50	0.45	0.30	0.30	0.30
Turbidez UNT	22	18	15	50	40	53
Oxígeno mg/L	7.6	7.5	7.0	7.07	6.8	7.6
Saturación o ₂ %	82	80	75	76	73	82
Gas carbónico mg/L	4.7	3.5	3.5	4.5	4.5	4.2
pH	7.02	7.0	7.2	6.9	6.9	7.02
Acidez total mg/L	9.0	9.4	9.4	8.8	9.4	8.2
Alcalinidad total mg/L	11	23	23	12	20	23
Conductividad uMhos/cm	88	103	98	130	110	110
Sólidos totales mg/L	35.2	41.2	39.2	52	44	44
Sólidos sedimentables mg/L-h	20	18	23	25	33	20
Amonio mg/L	0.02	0.05	0.07	0.03	0.04	0.06
Nitritos mg/L	0.03	0	0	0	0.03	0.01
Nitratos mg/L	0.16	0.36	0.20	0.43	0	0.23
Ortofosfatos mg/L	0.05	0.07	0.03	0.08	0.05	0.03
DBO ₅	60.5	58	10.5	60.5	79.2	82
DQO	79.2	76.1	17.4	79.2	161.5	167.2
Caudal m ³ /seg		0.7			3.3	

A continuación se presenta el análisis de cada parámetro fisicoquímico relacionado entre zonas y épocas de muestreo.

7.1 .1 Aspecto térmico. El valor promedio de temperatura del agua por zonas fue 16.33 °C zona uno, 19.08 °C zona dos y 18.33 °C zona tres, la temperatura ambiental por su parte se conservó en un promedio de 20.10 °C para las tres zonas; de esta manera se acentúa un comportamiento directamente proporcional entre temperaturas (Figura 8), valores que no manifiestan variaciones drásticas, no obstante en la zona dos donde las descargas se presentan cabe resaltar un aumento considerable en relación con las otras dos zonas, debido a que los vertimientos de los trapiches por contener un alto aporte de materia orgánica y por sus altas temperaturas en sus residuos principalmente las aguas procedentes de las pailas (vasijas donde se da la cocción del guarapo y se obtiene la miel) están generando un incremento de este valor.

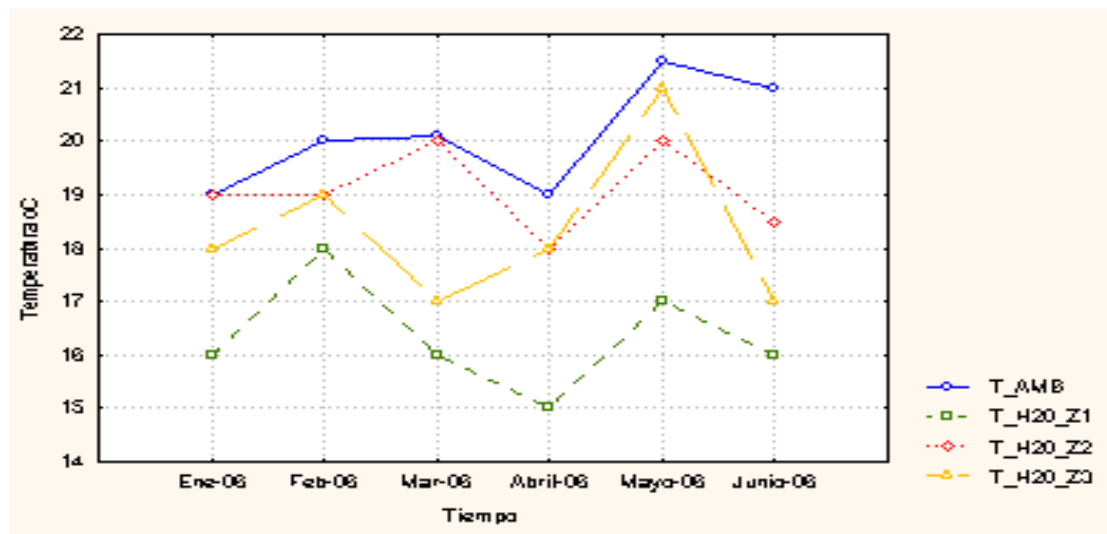


Figura 8. Relación de la temperatura ambiental con la temperatura del agua para cada zona y época de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.2 Turbidez. Los valores promedios por zonas fue 14.83 UTN zona uno, 35.17 UTN zona dos y 33.0 UTN zona tres, referencias que indican una baja turbiedad (Vásquez, 1998), no obstante las medidas dejan observar que cuando la quebrada recibe los vertimientos paneleros aumenta notablemente el valor de turbiedad para la zona dos, razón que puede explicarse debido a los aportes en cenizas, cachaza y residuos de bagazo y de cosechas a los cuales esta expuesta.

En relación con las épocas de muestreo se observa que para los meses de invierno el valor aumenta considerablemente, lo cual se explica debido al aumento considerable de material de arrastre.

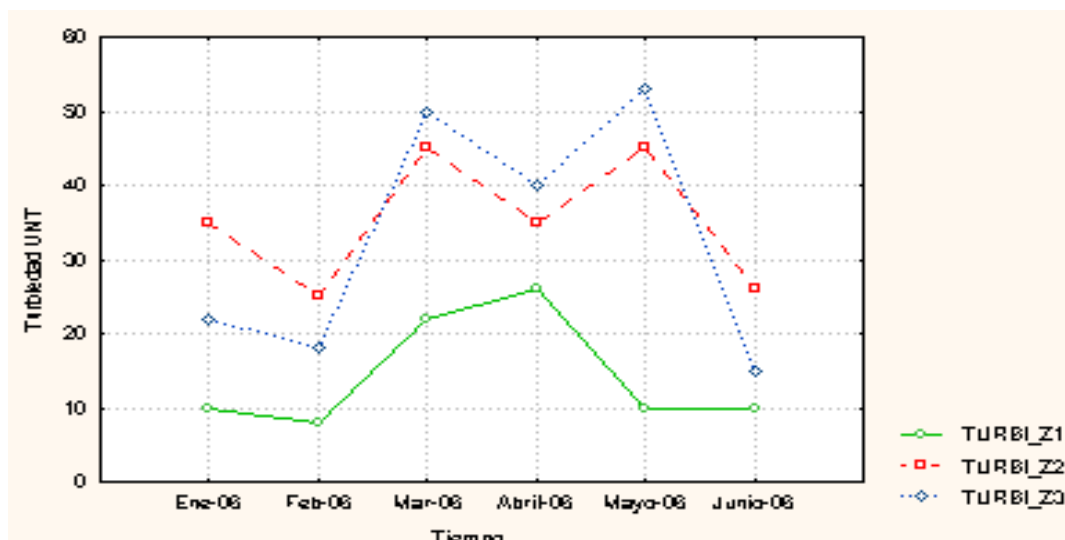


Figura 9. Valores de turbiedad por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.3 Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno. El valor reportado por zonas deja observar que los promedios se encuentran dentro de las concentraciones normales para ecosistemas hídricos (6.0-9.0 mg/L Vásquez, 1998), en este caso se reportaron promedios que van desde los 8.63 mg/L zona uno, 7.21 mg/L zona dos y 7.26mg/L zona tres, dejando ver que la zona uno presenta la mayor concentración y saturación de oxígeno, debido a que esta zona aún conserva parte de su estado natural, igualmente posee mayor abundancia de vegetación ribereña, alta velocidad de corriente, no exhibe presencia acentuada de vertimientos, valores de turbidez bajos, alta transparencia permitiendo una buena penetración lumínica preservando de esta manera la productividad del sistema, caso contrario para las dos siguientes zonas donde los registros perciben una disminución en la concentración de oxígeno, lo cual evidencia que las descargas de los trapiches por su alto contenido en materia orgánica están limitando la entrada de luz solar con efectos en el proceso de fotosíntesis, disminuyendo la producción de oxígeno, no obstante la limitación de este parámetro no es tan drástica debido a que la quebrada sigue conservando una buena hidrodinámica, al igual que una moderada vegetación ribereña.

Por épocas de muestreo se evidencia valores constantes en la concentración de oxígeno para las zonas, cabe resaltar que en teoría se espera que para las épocas de lluvia el valor de oxígeno aumente (Roldan, 1992), sin embargo el período de invierno no era tan acentuado por lo que se prevé que los referencias no fueron superiores; no obstante en el mes de mayo donde el muestreo se realizó en los días de lluvia se evidencia que los valores de oxígeno aumentan considerablemente para las tres zonas, coincidiendo con la afirmación anterior.

Los porcentajes de saturación de oxígeno evidencian valores desde el 90% hasta el 82% para la zona uno, aunque en las zonas dos y tres se llegan a registrar valores de 75% y 73% respectivamente el cual esta por debajo del mínimo óptimo porcentaje de saturación de oxígeno 80% (Roldan, 1992), evidenciándose el impacto que los trapiches están ejerciendo sobre este parámetro.

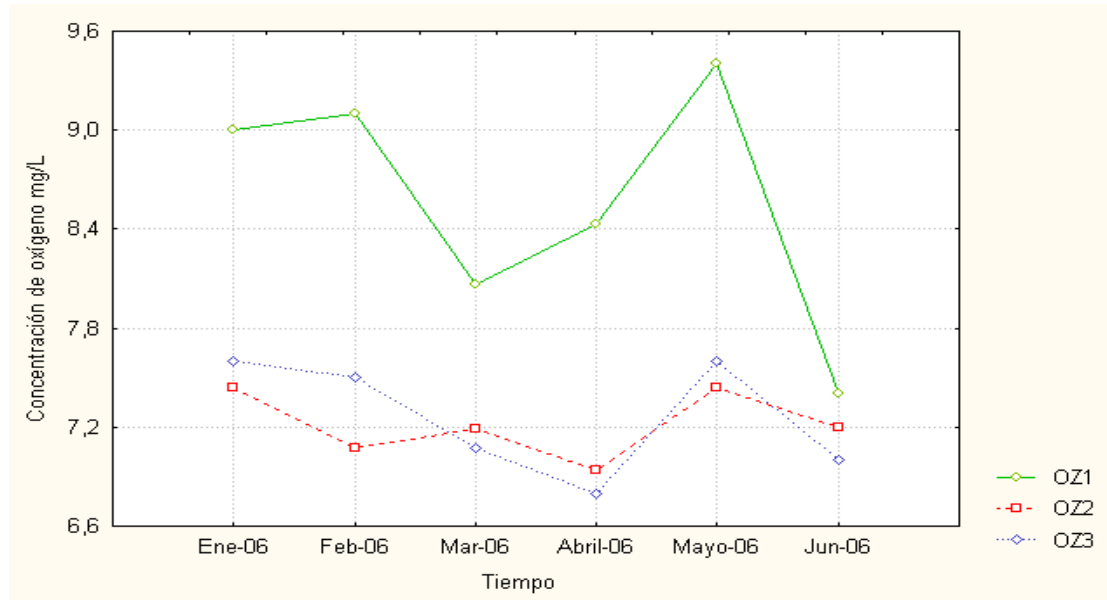


Figura 10. Relación la concentración de oxígeno por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.4 Gas carbónico disuelto (CO₂). Los valores promedios fueron 2.5 mg/L para la zona uno, 4.13 mg/L zona dos y 4.15 mg/L zona tres, el bajo valor de la zona uno en relación a las otras dos zonas se debe a que en esta zona hay escaso suministro de materia orgánica alóctona condición diferente en las zonas dos y tres donde posiblemente se deban a procesos de respiración y degradación de materia orgánica, generando mayor producción de CO₂ y por consiguiente un mayor consumo de oxígeno y por ende disminución de este parámetro en estas zonas.

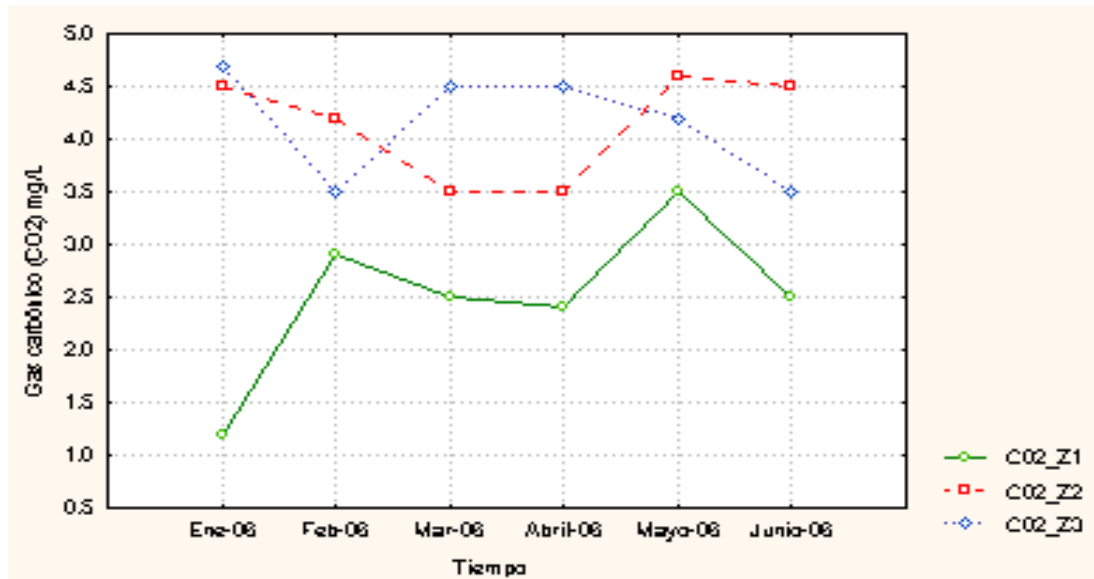


Figura 11. Valores de la concentración de gas carbónico por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.5 pH. Los valores promedios de pH para la zona uno fue de 7.1, para la zona dos 6.9 y para la zona tres 7.0, observándose que el valor tiende a ser ligeramente ácido a medida que las descargas de materia orgánica de los trapiches se hacen presentes lo cual involucra una mayor producción de CO₂ generado por la respiración, que en agua se convierte en ácido carbónico (H₂CO₃), el cual tiende a neutralizarse mediante la formación de bicarbonatos y carbonatos (Roldan, 1992), cabe tener en cuenta que para la zona dos los valores de pH no se ven transformados drásticamente debido a que dentro del proceso de prelimpieza cuando el jugo crudo (guarapo) esta en el prelimpiador se realiza un previo tratamiento de encale (calcical o cal hidrata tipo E) esto a fin de mejorar la calidad del grano de la panela; de igual manera la frecuencia de vertimientos paneleros no es continua por lo que se puede decir que esta condición permite una leve recuperación del pH del agua de la quebrada.

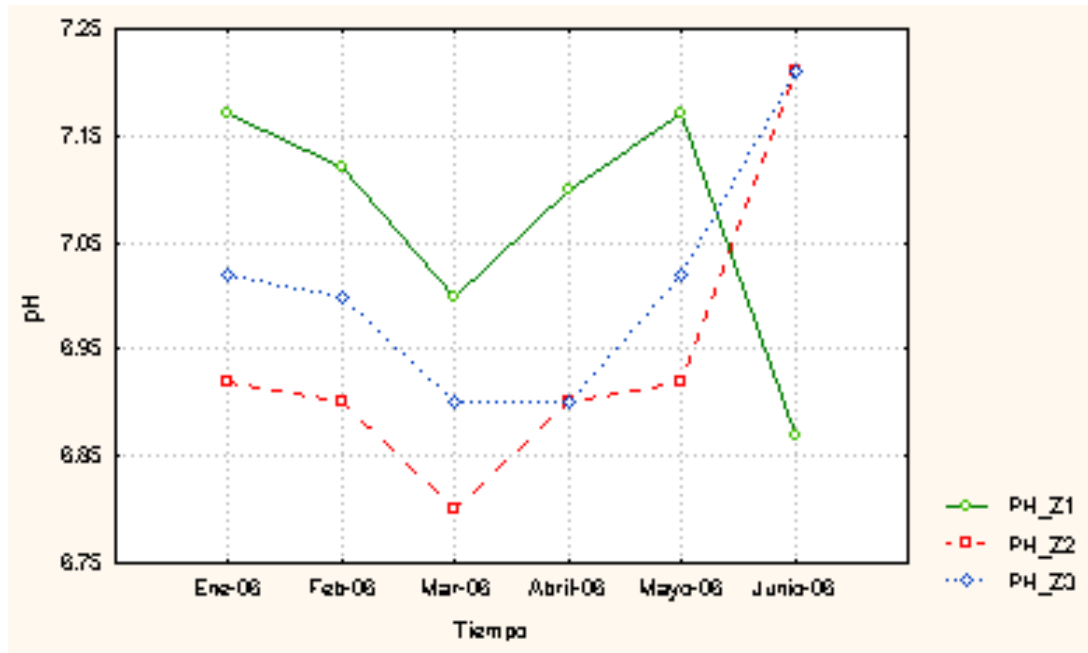


Figura 12. Valores de pH por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.6 Acidez total. Los promedios por zonas fueron de 4.37 mg/L para la zona uno, 8.22 mg/L para la zona dos y 9.03 mg/L para la zona tres, dados en función de la concentración de dióxido de carbono disuelto en el agua y la acumulación de materia orgánica en descomposición, además en la zona dos no se presenta valores que provoquen cambios drásticos en este parámetro debido al previo encale del guarapo.

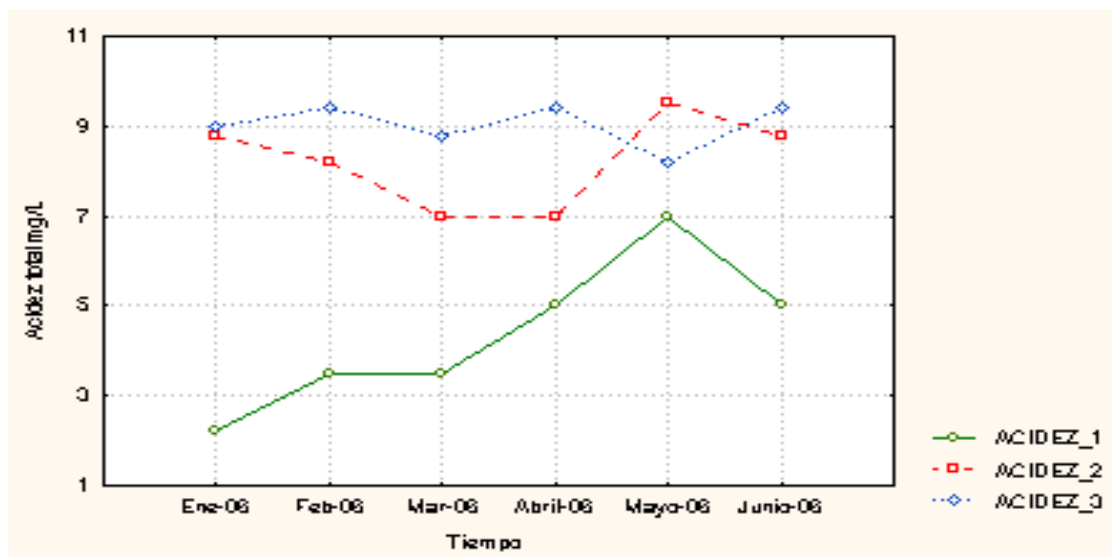


Figura 13. Valores de acidez total por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.7 Alcalinidad total. En general los datos obtenidos tanto para pH, acidez y alcalinidad exhiben que el ecosistema tiende a mantenerse dentro de las condiciones normales, puesto que el valor del pH tiende a prevalecer dentro del neutro, manteniéndose la acidez (la cual se da por la presencia de CO₂) por debajo de los valores de la alcalinidad, impidiendo que el medio se acidifique o basifique mediante el sistema buffer dióxido de carbono-bicarbonato-carbonato, lo que indica que no hay incidencia de acidez mineral.

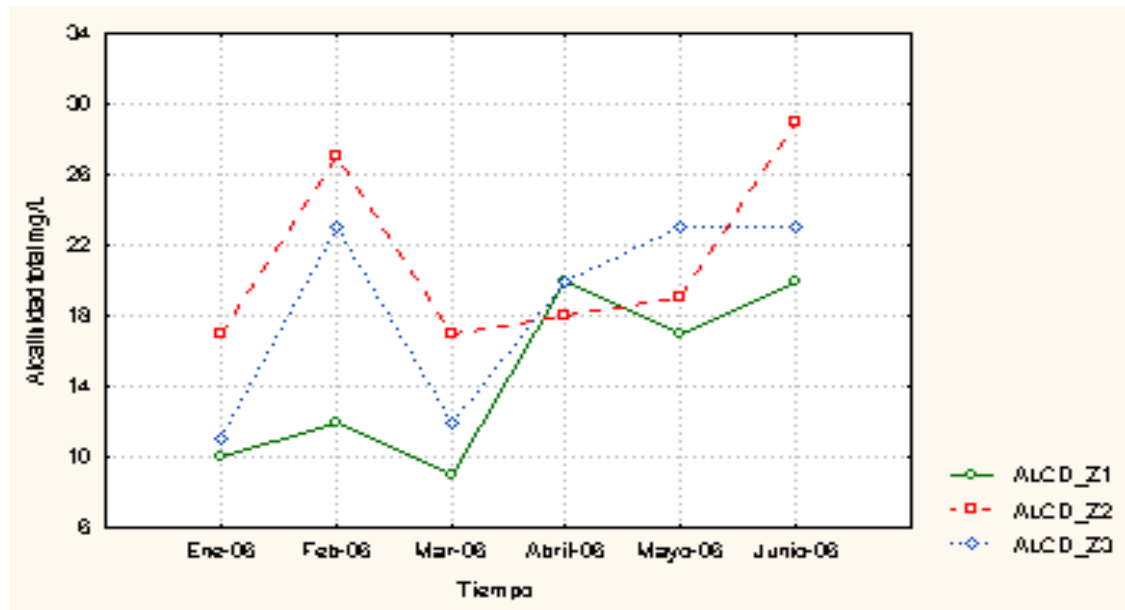


Figura 14. Valores de alcalinidad por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.8 Sustancias nitrogenadas. Los valores encontrados en relación a los nitritos para las zonas fluctúan entre 0.00-0.01 mg/L para la zona uno, 0.00-0.03mg/L zona dos y 0.00-0.03 mg/L zona tres, valores que en su defecto demuestran estar por debajo del limite superior 0.05mg/L (Roldan, 1992), no obstante se acentúa una proporción mayor de este dato para las zonas dos y tres lo cual se relaciona íntimamente con las descargas de materia orgánica y su consecución en las bajas proporciones de saturación de oxígeno.

Los valores promedios del amonio fueron 0.01mg/L zona uno, 0.05 mg/L zona dos y 0.07mg/L zona tres, valores que se encuentran en bajas concentraciones, cabe anotar que estas concentraciones se involucran directamente con las altas referencias de DBO₅ y disminución de la concentración de oxígeno en las zonas dos y tres, sin embargo los datos no se consideran limitantes para el normal desarrollo de los macroinvertebrados acuáticos.

En cuanto a los nitratos las concentraciones se encuentran dentro de rangos promedios de 0.00-0.57 mg/L, observándose que este parámetro se encuentra en valores de aguas no intervenidas aunque las descargas de los trapiches tienden a aumentar su valor y se observa que en épocas de lluvia se presenta un aumento debido al arrastre de material alóctono.

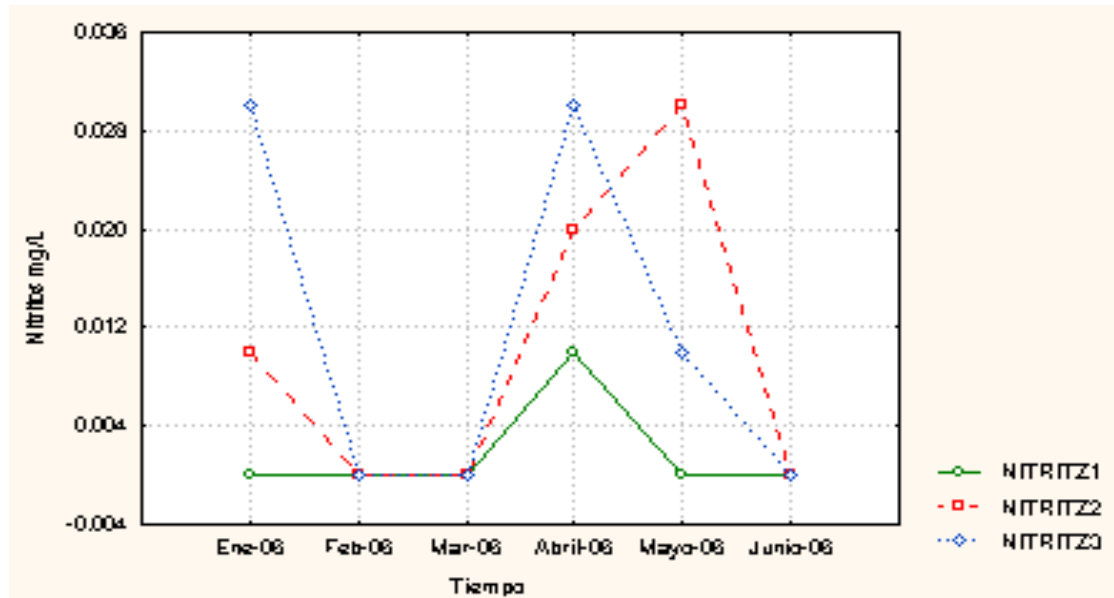


Figura 15. Valores de nitritos por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.9 Conductividad y sólidos disueltos totales. Los resultados obtenidos en la conductividad se relacionan con los sólidos totales disueltos, revelando un incremento en la cantidad de sustancias tanto de origen orgánico como inorgánico a medida que la quebrada pasa por los sitios de recepción de los vertimientos de los trapiches.

De esta manera se obtuvo promedios por zonas que van desde los 50.67 μ Mhos/cm para la zona uno, 112.5 μ Mhos/cm para la zona dos y 106.5 μ Mhos/cm para la zona tres, lo cual deja observar que para la zona uno se conservan los valores normales de conductividad (30-60 μ Mhos/cm) según (Roldan, 1992), los cuales se deben posiblemente al arrastre de nutrientes de naturaleza geoquímica debido a fenómenos de escorrentía por lluvias, erosión, aporte de sedimentos así como al contenido de materia orgánica aunque en menor proporción que para las otras dos zonas, mientras las zonas dos y tres tienden a un aumento en la cantidad de iones, incremento que se debe posiblemente a que en estas zonas se aumenta el vertimiento directo de los trapiches, lo cual puede llevar a la eutroficación del sistema por acumulación de nutrientes y a disminuir la diversidad de especies.

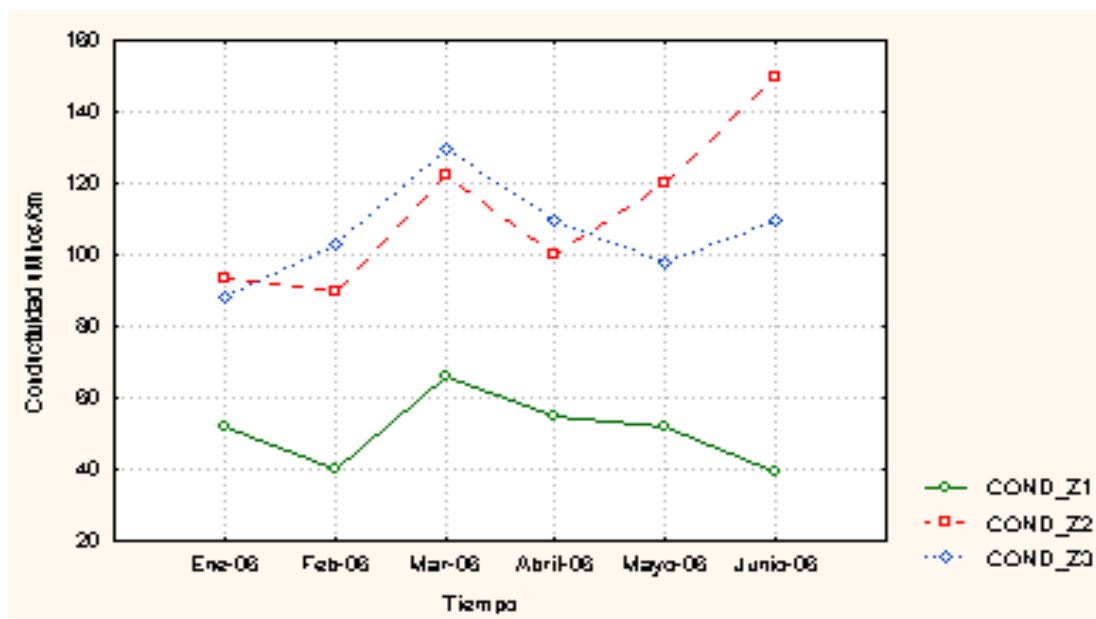


Figura 16. Valores de conductividad por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.1.10 Demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Con respecto a la relación DBO₅-DQO los resultados obtenidos muestran como tienden a aumentar gradualmente a medida que la quebrada pasa por los sitios de los vertimientos (Figura 17), de esta manera se observa que el valor mas bajo con respecto a estos parámetros lo encontramos en la zona uno donde la DQO presentó un promedio de 8.93 mg/L y la DBO₅ 4.33 mg/L, mientras que para las zonas dos y tres se registraron valores de 118.12 mg/L, 96.77 mg/L DQO y 60.07 mg/L, 58.38mg/L DBO₅ respectivamente, valores que al relacionarse con otros parámetros contribuyen a disminuir los valores de saturación de oxígeno para estas zonas.

Con respecto a los períodos de muestreo se observa que los valores aumentan para la época de lluvia en las tres zonas, percibiéndose las siguientes relaciones DQO-DBO₅ de 11.25 mg/L-5.33 mg/L zona uno, 140.7 mg/L-69.1 mg/L zona dos y 135.97 mg/L- 73.83 mg/L zona tres, debido al mayor arrastre de material alóctono proveniente de aguas arriba de la quebrada, además se debe de tener en cuenta que para las zonas dos y tres aumentan las concentraciones de materia orgánica en proceso de degradación y oxidación, tendiendo a la eutroficación de la quebrada, lo cual se debe a que entre los meses de abril a mayo el valor de la panela presento un leve aumento por lo cual la producción amplio lo que hace mayor la cantidad de vertimientos.

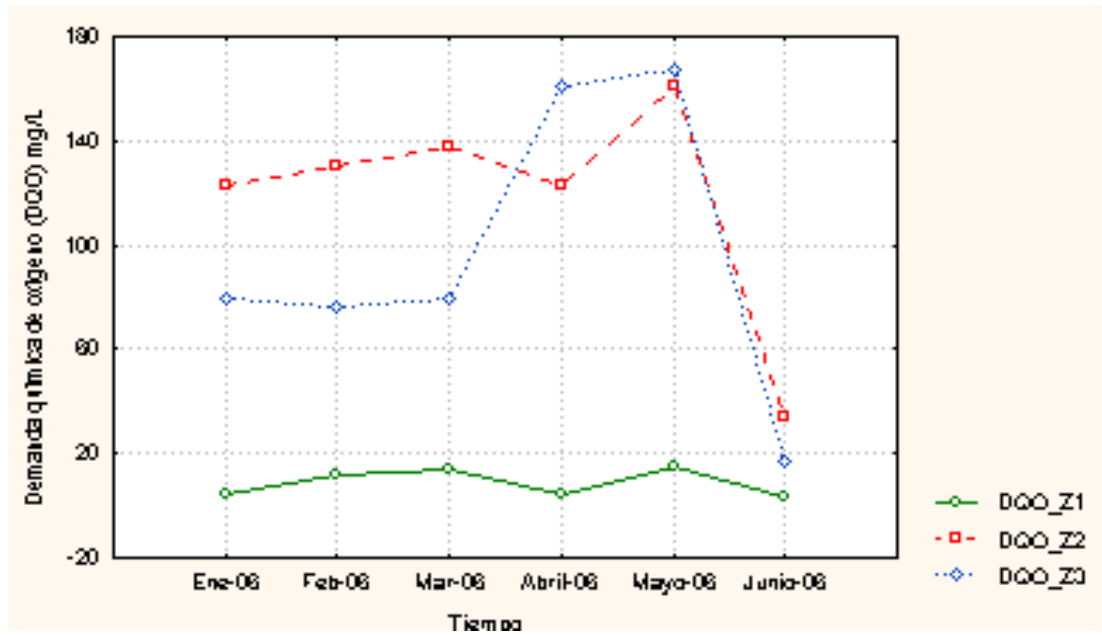


Figura 17. Valores de la demanda química de oxígeno por zonas y épocas de muestreo en la quebrada Guandibas.

7.2 CARACTERIZACION Y ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA QUEBRADA GUANDIBAS

De acuerdo con los estimadores, la eficiencia del muestreo total fue del 91.8%, considerándose como un muestreo bueno, pues se colectaron 44 especies de las 48 especies esperadas según los estimadores (Tabla 6).

En las tres zonas de la quebrada se colectaron un total de 12.232 individuos, de los cuales 1.627 (13.3%) fueron capturados en la zona uno antes del vertimiento de las agroindustrias paneleras; 6.126 (50.0%) corresponde a la zona dos en el vertimiento y 4.479 (33.68%) zona tres después de los vertimientos.

Del total de géneros colectados en la zona uno, el 99.8% pertenecen la clase Insecta y el 0.2% a la clase Crustácea, estructuralmente la comunidad esta dominada por los géneros *Anacroneuria* con el (13.95%), *Leptohyphes* con el (13.4%), *Smicridea* con el (7.06%) y *Terpides* con el (5.83%), los cuales indican una buena calidad ecológica del sistema (Roldan, 1992), no obstante en el (Anexo G), se indica los restantes organismos colectados para esta zona.

En la zona dos del total de individuos colectados, la clase Insecta, alcanzó una representabilidad del 53.8%, la clase Gastropoda el 39.5%, la clase Crustácea el 4.22%, la clase Turbellaria el 2.07% y la clase Oligochaeta el 0.22%. La estructura de esta comunidad se caracterizó por presentar dominancia por unos pocos géneros (Anexo H), dentro de los cuales se menciona *Physa* con el (39.19%), *Chironomus* con (37.49%), *Hyallela* con (4.22%), géneros que se caracterizan por exhibir una bioindicación con tendencia a la eutroficación, por lo que son abundantes en los sitios donde la disponibilidad de materia orgánica es alta (Pinilla, 1998), motivo que da ha entender que las condiciones que presenta la quebrada en esta zona tienden a estar alteradas por los vertimientos de los trapiches.

En la zona tres, la clase Insecta logró el 69.2% de representabilidad, la clase Gastropoda el 22.43%, la clase Crustácea el 4.53%, la clase Turbellaria el 3.572% y la clase Oligochaeta el 0.2%. La estructura de esta zona (Anexo I), siguió presentando dominancia por unos pocos géneros dentro de los cuales se menciona *Chironomus* con (41.39%), *Physa* con (22.08%), *Hyallela* con (4.53%), *Dugesia* (3.57%).

Al relacionar la riqueza de especies entre épocas y zonas de muestreo, se logró establecer que el mayor número de ejemplares capturado según las épocas, fue en el período seco (enero, febrero y junio) con un total de 7.185 organismos, circunstancia que disminuyo en el periodo de lluvia (marzo, abril y mayo) con un total de 5.047 individuos, concluyendo según la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis aplicada a el valor de riqueza entre zonas, que el numero de individuos disminuye independientemente de la época, verano-invierno y que aunque la cantidad de estos es mayor en verano la diferencia no se considera significativa.

Tabla 6. Resumen integral de los índices y estimadores por zonas de muestreo.

Zona de muestreo	Taxa	Riqueza		Estimadores				Shannon	Dominancia	Margalef
		Ace	Ice	Chao2	Jack2	MMMean	Wiener H'n		(DMg)	
Zona 1	34	1.627	36.8	37.3	39.0	40.8	37.3	3.02	0.066	4.645
Zona 2	36	6.126	50.3	43.2	57.3	50.3	36.6	1.70	0.312	3.344
Zona 3	37	4.479	37.6	37.7	37.8	39.0	39.4	1.96	0.232	3.879
Muestreo total	44	12.232	44.2	44.8	46.0	47.9	44.7	2.29	0.203	3.956

El análisis de la estructura comunitaria a partir del índice de diversidad (H'n), expresa que las tres zonas presentan condiciones de aguas medianamente contaminadas con una mediana diversidad, sin embargo la diversidad de las zonas dos y tres se ven drásticamente disminuida principalmente por el valor de la dominancia relativa, relacionando así que los vertimientos de las agroindustrias paneleras están influyendo en la estabilidad de las comunidades bióticas de estas zonas, llevando a deducir que si la disposición de vertimientos persiste sin ningún control, estos tenderán a modificar la existencia de macroinvertebrados de la quebrada, conduciendo a un desequilibrio al sistema.

Por su parte el índice de riqueza de especies (DMg), evidencia el menor registro para la zona dos, debido posiblemente al efecto que provocan los vertimientos paneleros aumentando considerablemente la disposición de materia orgánica y por consecuente la dominancia de unas ciertas especies, las cuales aprovecha el estado de esta situación. Sin embargo cabe destacar que a medida que la quebrada avanza en su recorrido se percibe una leve recuperación del sistema puesto que se observa un incremento en la proporción de especies capturadas.

Según el índice de Jaccard (Tabla 7), el mayor grado de similitud de especies colectadas entre zonas se presento en las estaciones dos y tres, seguida por las zonas uno y tres, mientras que las zonas uno y dos presentan el valor mas bajo, demostrando que los vertimientos paneleros intervienen directamente en el establecimiento de las especies, hecho expuesto en las capturas para las zonas dos y tres las cuales se caracterizan por una alta dominancia relativa; sin embargo la zona tres presenta una leve recuperación.

Tabla .7. Resumen del índice de similaridad de Jaccard por zonas de muestreo en la quebrada Guandibas.

MEDIDA DE JACCARD	
Z1-Z2	0.636
Z2-Z3	0.780
Z1-Z3	0.659

De acuerdo al índice biótico de calidad BMWP, las zonas presentaron valores promedios de 170 zona 1, 158 zona 2 y 181 zona 3, infiriendo que las zonas uno, dos y tres, sus aguas pertenecen a la clase I, con características de aguas muy limpias, lo cual se puede explicar de acuerdo con la hipótesis de perturbación intermedia, donde los vertimientos paneleros están creando una perturbación en la zona dos sitio receptor, estableciendo una oportunidad para que nuevos géneros de macroinvertebrados se establezcan en esta zona, igualmente la calificación dada por el índice de monitoreo biológico BMWP, fue establecida a partir del nivel taxonómico de familia, por lo que puede repercutir en el valor tan alto registrados en los juicios de calidad de las zonas dos y tres por lo que se sugiere utilizar un sistema de evaluación a nivel de género o especie a fin de obtener datos mas ajustados a la realidad de estas zonas.

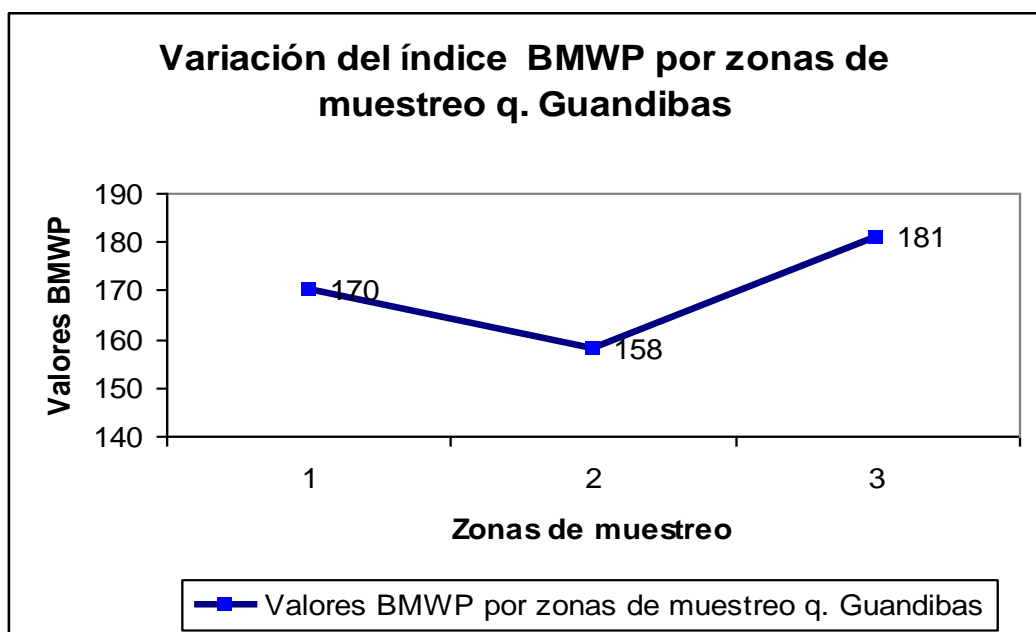


Figura 18. Variación del Índice de Monitoreo Biológico (BMWP), para las tres zonas de la quebrada Guandibas en el municipio de Consacá, departamento de Nariño.

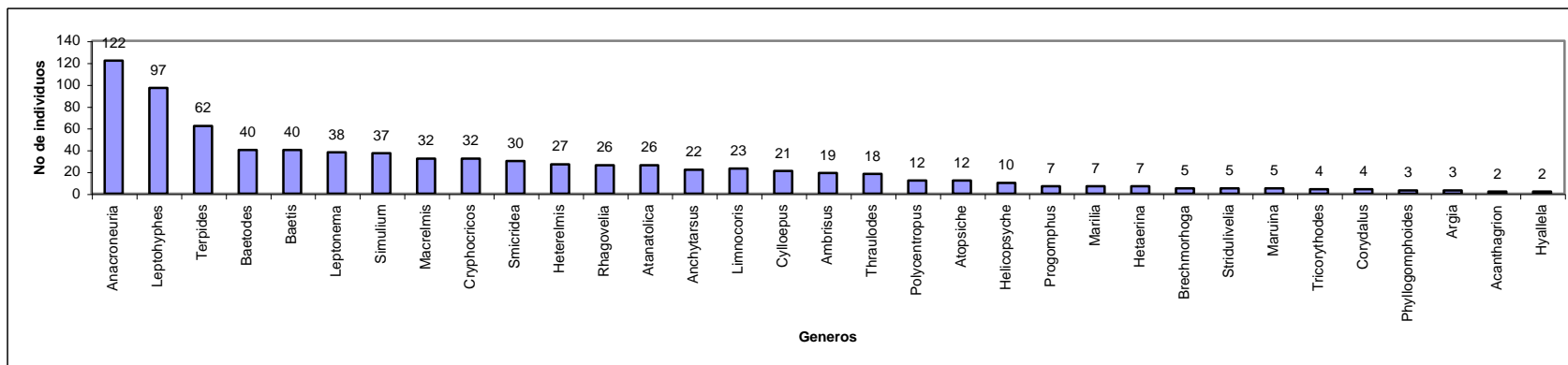


Figura 19. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona 1, en época seca.

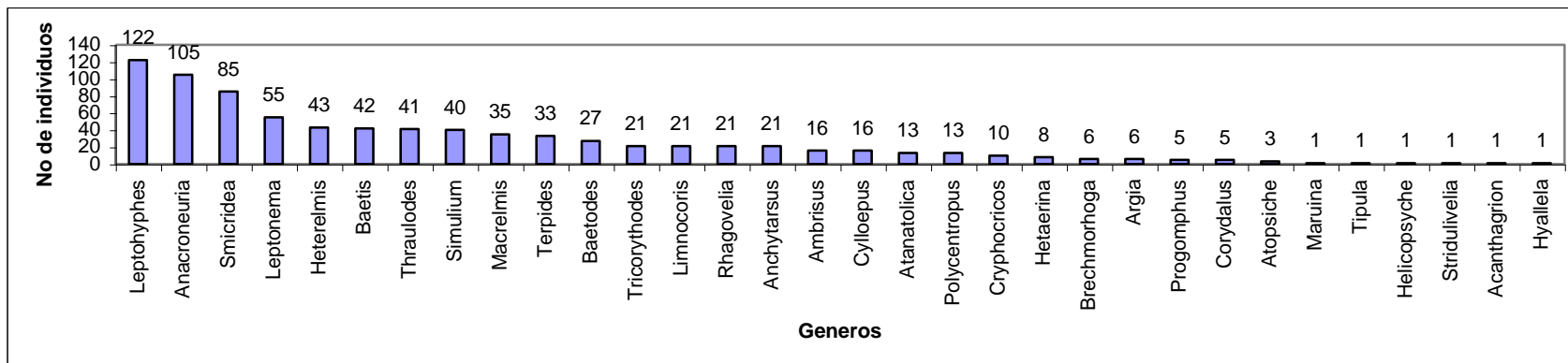


Figura 20. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona 1, en época lluvia.

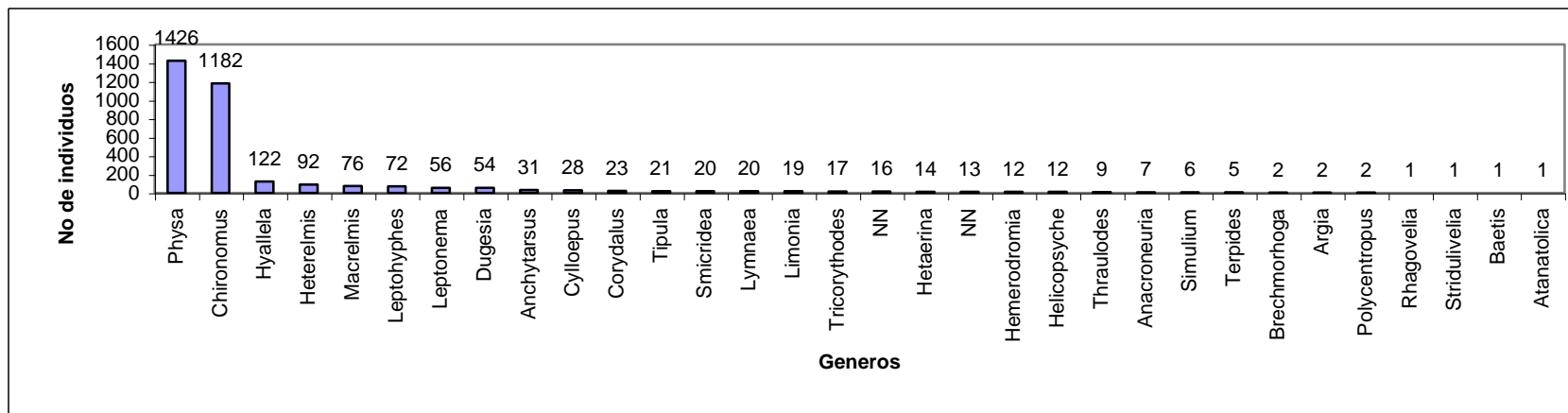


Figura 21. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la zona 2, en época seca.

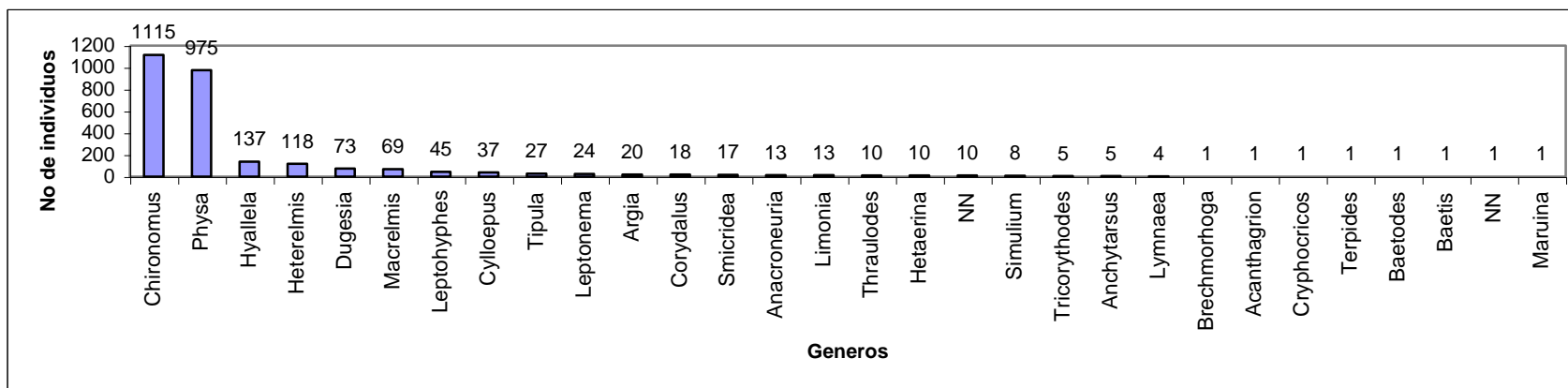


Figura 22. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona 2, en época lluvia.

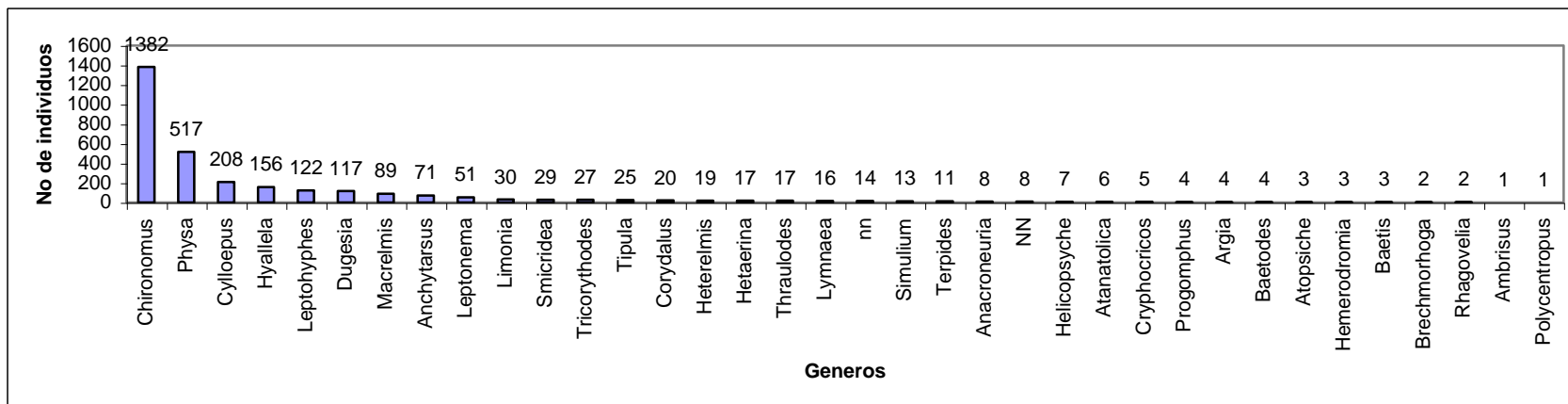


Figura 23. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona 3, en época seca.

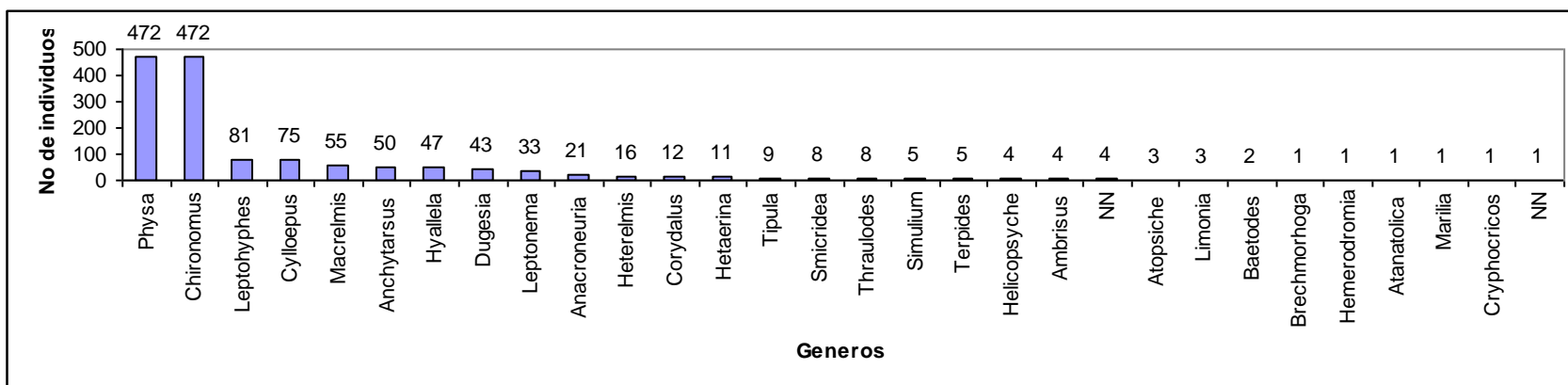


Figura 24. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona 3, en época lluvia.

7.3 RELACION DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y LA BIOTA ACUÁTICA (MACROINVERTEBRADOS)

Haciendo un análisis integral de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con los parámetros fisicoquímicos por zonas y épocas encontrados en la quebrada Guandibas, se puede decir que la zona uno presenta una leve intervención antrópica, lo que ha dado paso a interacciones admisibles entre las variables fisicoquímicas y el establecimiento de organismos propios de aguas limpias, representada con un mediano valor de diversidad.

En tanto las zonas dos y tres caracterizadas por una mayor intervención, manifiestan resultados con una mediana alteración, lo cual es evidente al referirse a los índices biológicos y parámetros fisicoquímicos, que se afirman en mayor proporción para la zona dos, reconociéndose una leve recuperación en la zona tres; de esta manera se logro establecer que los vertimientos de los trapiches paneleros generan un impacto moderado a nivel de la quebrada Guandibas, condicionando de una manera significativa los parámetros fisicoquímicos del agua como la turbiedad, DQO, oxígeno disuelto, CO₂ y conductividad y a la vez repercutiendo en la calidad biológica, ya que el impacto sin ser drástico da paso a que los géneros mas sensibles disminuyan y que se establezcan géneros de aguas alteradas; sin embargo cabe resaltar que la cantidad de vertimientos que salen de los trapiches no están llegando en su totalidad a la quebrada pues parte de esta agua esta siendo desviada para la utilización de riego, con lo que se establece que la cantidad de carga y descarga del efluente es amortiguado fácilmente por el caudal de la quebrada, igualmente los vertimientos no son continuos lo cual favorece la recuperación del sistema.

7.4 EVALUACION CUALITATIVA DE LOS EFECTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA PRODUCCIÓN PANELERA

En el municipio de Consacá son muy numerosos los problemas ambientales que se derivan de inadecuados usos de materiales y de deficientes prácticas en el procesamiento de la panela, infortunadamente la legislación ambiental colombiana tiene escasa o ninguna aplicabilidad dentro del sector panelero nacional, dejando al productor en libertad de hacer poco o nada en cuanto al manejo racional de los recursos naturales, práctica que está conllevando a afectar significativamente recursos como el suelo, agua, aire, flora y fauna; acciones que implican pérdidas drásticas al medio ambiente y consecuentemente al bienestar socioeconómico de las poblaciones implicadas. Dentro de los problemas se mencionan.

7.4.1 Deforestación. Agricultores de la zona en su afán por ampliar el área productiva de sus fincas y mejorar la eficiencia térmica de las hornillas de los trapiches han implementado prácticas de tala y quema de bosques protectores, atentando contra los componentes del sistema (suelo, atmósfera, agua, flora y fauna) propiciando un cambio total del uso del suelo y llevando a una fragmentación de bosques y homogenización del paisaje, manifestándose en graves desequilibrios en el ecosistema.

La presencia de las construcciones de los trapiches cercanos a la quebrada en estudio evidencian un impacto negativo sobre esta, pues su utilización como receptora de vertimientos sólidos y líquidos, ha provocado pequeños deslizamientos de tierra ocasionado pérdida de la capacidad productiva del suelo y a su vez acumulación de sedimentos.



Figura 25. Emisiones atmosféricas producidas por la producción panelera en el municipio de Consacá.

7.4.2 Vertimiento de residuos líquidos y sólidos. A medida que la quebrada avanza en su recorrido y llega a la zona de los vertimientos de los trapiches, se observa el deterioro del recurso hídrico, debido a que las descargas de las agroindustrias se hace sin un previo tratamiento, propiciando la contaminación orgánica del agua y focos de fermentación con olores indeseables llegando a convertirse en un problema de salud pública.

De igual manera debido a que la producción de la panela no es continua (días laborales de lunes a viernes) al finalizar la jornada de trabajo en los días del fin

de semana se procede a realizar limpieza de las instalaciones del trapiche, donde continua produciendo vertimientos que de alguna manera están asociados a la carga de materia orgánica aportada DBO_5 /día y al aumento de sólidos totales disueltos (cenizas) producto de la operación de la hornilla, circunstancia que tienden a restringir el uso del agua de la quebrada.



Figura 26. Salidas de los trapiches con residuos de cenizas provenientes de la hornilla de combustión, en el municipio de Consacá.



Figura 27. Utilización de combustible adicional para la hornilla de combustión en los trapiches paneleros del municipio de Consacá.



Figura 28. Residuos del cultivo de caña.



Figura 29. Vertimiento proveniente de las aguas mieles de las pailas que generan la cocción de la miel en los trapiches, municipio de Consacá.

7.4.3 Análisis de la matriz de Influencia dependencia de la zona de la quebrada Guandibas, afectada por la agroindustria panelera. La matriz del ecosistema tiene por objeto el realizar la identificación de las situaciones más apremiantes que presenta el sitio de estudio, las cuales son causantes de su deterioro y cambio ambiental; para tal fin se determinó el número de variables o indicadores tanto dependientes como influyentes los cuales se identificaron como representativos para la evaluación.

La matriz (Figura 30), fue elaborada con la información obtenida después de un reconocimiento del área de estudio, a partir de la aplicación de la lista de chequeo descriptiva, información suministrada por habitantes de la región y por observación directa de las diferentes actividades que implica la obtención de la panela como producto final.

De esta manera la matriz del ecosistema, evidencia las relaciones existentes entre las actividades de la producción panelera y los factores afectados por la misma, según esta matriz la relación entre los diferentes indicadores de acuerdo con su influencia y su dependencia en orden descendente es la siguiente:

Conforme a las influencias, el uso del suelo influye en quince (15) variables, empleo e ingresos sobre diez (10) variables, uso de recursos en nueve (9), la pérdida de cobertura vegetal sobre ocho (8), la precipitación sobre siete (7), el horizonte orgánico, caudal y la morfología del suelo sobre seis(6), la temperatura, DQO y turbiedad sobre cinco(5), la temperatura del agua, concentración de oxígeno, CO₂ y DBO₅ sobre cuatro(4), la calidad visual, fauna béntica y partículas sólidas sobre tres (3), el monóxido de carbono, salud y organización comunitaria sobre dos (2) y el nivel de ruido sobre uno (1) variable.

De acuerdo con las dependencias, la concentración de oxígeno es dependiente de nueve (9) variables, el CO₂ y la fauna béntica de ocho (8), el uso del suelo y la DBO₅ de siete (7), la DQO, turbiedad, calidad visual y cobertura vegetal de seis (6), emisión de monóxido de carbono, partículas sólidas, caudal, salud, empleo e ingresos de cinco(5), perdida de horizonte orgánico, temperatura del agua de cuatro(4), temperatura ambiental y organización comunitaria de tres (3), uso de recursos y morfología del suelo de dos (2) y nivel de ruido de una (1) variable.

Con la ayuda de la información anterior se puede establecer el grado de dependencia (GD) de cada indicador o variable mediante la sumatoria de las Dependencias sobre la sumatoria de las Influencias, de esta manera los valores encontrados según el GD, se organizaron de mayor a menor valor con el fin de determinar cuales son los más sensibles a los cambio, los cuales en su orden fueron: fauna béntica (2.6), monóxido de carbono y la salud (2.5), concentración oxígeno (2.25), gas carbónico y calidad visual (2.0), DBO₅ (1.75), partículas sólidas (1.6), organización comunitaria (1.5), DQO y turbiedad (1.2), los demás indicadores presentaron valores menores a uno (1.0).

Según lo anterior los parámetros con mayor grado de dependencia fueron la fauna béntica, emisiones de monóxido de carbono, problemas de salud a nivel de trabajadores de trapiches y habitantes de la zona, concentración de oxígeno, gas carbónico, calidad visual y DBO₅. Indicando que son mucho más dependientes que los demás indicadores debido a su gran sensibilidad ante cualquier tensor, según este caso las actividades relacionadas con la producción panelera.

De acuerdo con los datos logrados en la zona dos, sitio receptor de los vertimientos paneleros y su relación con la fauna béntica (Tabla 6), estos evidencian una disminución en la diversidad y una tendencia a una dominancia de unos ciertos géneros los cuales son bioindicadores de aguas alteradas (Pinilla, 1998), en tanto que dentro del análisis ambiental el bentos depende de ocho variables las cuales están sujetas a los parámetros fisicoquímicos del agua así como a el uso de recursos, uso del suelo, empleo, por lo que se puede inferir que las condiciones a las cuales esta siendo sometida la quebrada están afectando drásticamente la dominancia de la biota y con el tiempo pueden llegar a ocasionar daños irreversibles.

En segundo lugar se distingue igualmente el valor dado para el indicador monóxido de carbono, el cual se origina dentro de la actividad panelera por la operación de motores de combustión interna que se utilizan para accionar los molinos o trapiches durante el proceso de molienda, en una hornilla con un diseño adecuado, el bagazo de la molienda utilizado como combustible debería ser suficiente para que el agua del jugo de caña se evapore y pueda producirse la panela. Sin embargo, la forma rudimentaria como se fabrica la panela en Colombia es muy ineficiente en términos energéticos, y en la mayoría de los trapiches tradicionales Nariñenses es necesario utilizar también otros combustibles debido a la baja eficiencia térmica de las hornillas. Los combustibles más usados son: madera, guadua (*Guadua angustifolia*), carbón y caucho de llantas usadas, lo que tiene serias consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud humana. Por un lado, en algunas zonas la deforestación ha sido severa y, por otro, la combustión del caucho produce altos índices de contaminación por la liberación de grandes cantidades de micro partículas y bióxido de azufre (Velásquez et al, 2005). Las micro partículas contaminan los suelos y las fuentes de agua, y el bióxido de azufre tiene efectos irritantes sobre las vías respiratorias, creando problemas de bronquitis, aparte de los olores insoportables generados por la combustión.

Adicionalmente el tipo de combustión que se presenta en la hornilla, genera material particulado, emisiones de gases como CO₂ y calor no aprovechado contribuyendo al deterioro atmosférico. De igual manera, dentro de la actividad agrícola de la caña, se usan fungicidas, insecticidas y otros plaguicidas, los efectos asociados con estos productos químicos son los siguientes: la baja biodegradabilidad, hace que su toxicidad persista largo tiempo en el medio ambiente, especialmente los clorados y los fosforados; además de la destrucción del control biológico y disminución de la polinización (FEDEPANELA, 2002); asimismo se puede asociar a esta actividad el mecanismo de adecuación rápida del terreno (quemadas) de las socas de caña después de su cosecha, haciendo que persista la contaminación atmosférica y el aumento considerable de material particulado, afectando tanto la salud, la calidad ambiental, el componente del suelo y las condiciones fisicoquímicas del agua.

Sobre las dependencias se logra apreciar que dentro de los indicadores del componente abiótico las condiciones químicas del agua son las más afectadas, entre las cuales se menciona la concentración de oxígeno (9) y gas carbónico (8), gases que se ven alterados tanto por la influencia de otros parámetros fisicoquímicos del agua así como por problemas de uso de suelo, erosión, drenaje de los cultivos de caña que están conectados de una u otra manera a la quebrada, al igual que por los vertimientos de los trapiches donde se involucran desechos tanto líquidos como sólidos; acciones que tienden a ampliar la disposición de materia orgánica a degradar, contribuyendo a reducir la concentración de oxígeno en esta zona y lo contrario ocurrirá en relación con el CO₂, DQO-DBO₅, los cuales tienden a aumentar y por consiguiente a limitar la calidad del agua de las zonas afectadas.

La siembra, cosecha y distribución de la caña panelera genera trabajo; indiscutiblemente el empleo en el campo trae como consecuencia el bienestar social y el incremento de ingresos, por otra parte aunque la actividad panelera fomente el empleo podemos darnos cuenta que la jornada de trabajo dentro de los trapiches son muy extenuantes, influyendo negativamente en la salud de los trabajadores pues se exponen a actividades que involucran graves riesgos y sin ninguna protección de salud laboral.

Las actividades que se ejecutan dentro de la producción panelera están creando una serie de alteraciones en los recursos de la región, los relacionados con el uso del suelo, implican acciones de invasión de riberas por cultivos de caña, deforestación de cuencas hidrográficas debido al uso continuo de leña en los trapiches, quema de residuos de caña y rastrojos, cambio de la vegetación por cultivos permanentes como el café, frutales y cultivos de pan coger, igualmente se observa la formación de desagües hacia la quebrada, lo que aumenta el impacto negativo en la calidad de dicho cuerpo influyendo en los demás componentes del ecosistema. De igual manera se relaciona con la pérdida del horizonte orgánico, se calcula que por cada tonelada de caña que se cosecha, se extrae del suelo 0.70 kg de N, 0.22 Kg. de P y 1.38 Kg. de K (Quintero, 1995); consumiendo de esta forma macro y micro nutrientes que lo empobrecen más, aparte de la erosión que lo afecta por un mal manejo de riego y de la labranza del terreno relacionándose con actividades como el uso del suelo y la pérdida de cobertura vegetal.

En relación al componente biótico, la pérdida de la cobertura vegetal es la que más influye en otras variables, afectando directamente los procesos erosivos y uso del suelo, debido a que dentro de la producción panelera se utiliza una gran cantidad de terreno tanto para la implementación de los cultivos de caña al igual que para la construcción de los trapiches, alterando la capacidad orgánica de los suelos y el arrastre de material hacia las corrientes hídricas, interviniendo negativamente en la calidad del agua, comunidades acuáticas y en el paisaje.

En general se manifiesta que este ecosistema está siendo afectado por todas las actividades del proceso productivo de la caña panelera y con disposición a aumentar sus efectos, puesto que la producción por parte de los trapiches paneleros tiende a crecer, debido a la elaboración de biocombustible y a la demanda que los productos naturales como la panela están teniendo en el mercado; por lo que se requiere el apoyo de entidades encargadas de la preservación de los recursos naturales, esto con el fin de adoptar buenas prácticas ambientales que conlleven a la sostenibilidad ambiental y a mejorar la competitividad del sector panelero.

Todo lo anterior lleva a proyectarse a término inmediato el disminuir el problema de contaminación que está provocando los trapiches paneleros, iniciando con un cambio de actitud de los productores de caña y propietarios de trapiches en relación con el ambiente, cambios que permitan actuar de una manera concordante con los principios de conservación, de ahí que se debe

impulsar una correcta gestión ambiental en el entorno de la producción panelera, pues de lo contrario esta agroindustria no solo tendrá problemas desde el punto de vista del control estatal y social, sino que estará desaprovechando una amplia posibilidad de recuperar costos por reutilización de subproductos y materiales de la producción panelera, al igual que de ampliar sus posibilidades de mercados.

7.4.3.1 Interpretación de los cuadrantes. Los resultados de la matriz de influencias dependencias se muestran en la (Figura 31).

7.4.3.1.1 Cuadrante I. Área caracterizada por agrupar situaciones de mucha influencia y poca dependencia. Las variables que se hallan en este cuadrante al tener pocas dependencias son resistentes al cambio, pero si llegan a ser afectadas influyen en muchos indicadores (Figueroa et al, 1998). La variable que se encontró en este cuadrante corresponde al uso de recursos, esto indica que es una variable muy influyente sobre otras y se debe de tener en cuenta en el momento de formular planes de mitigación, lo cual es explicable desde el punto de vista ambiental pues esta variable esta relacionada con los vertimientos líquidos y sólidos, uso de especies vegetales, quema de llantas, actividades que influyen negativamente en las condiciones del sistema.

7.4.3.1.2 Cuadrante II. Los indicadores localizados en este cuadrante ejercen mucha influencia y a la vez sufren muchas dependencias, serán altamente susceptibles a los tenses y por tanto son más vulnerables. Las variables que se encontraron en este cuadrante son: uso del suelo, pérdida de cobertura vegetal, empleo e ingresos; dentro de la actividad panelera la extensión de los cultivos de caña, han modificado el paisaje, lo cual involucra la alteración total de sus componentes; la disminución de la cobertura vegetal ha propiciado la alteración de aporte de nutrientes al suelo, incremento de la susceptibilidad a procesos erosivos, destrucción de hábitat, alteraciones en las redes tróficas, aumento de los procesos de escorrentía propiciando la acumulación de sedimentos; de igual manera el empleo es una variable muy influyente para la comunidad pues la actividad panelera incentiva la economía de la región y a su vez estas variables son muy dependientes del sistema porque cualquier cambio que sufran implicara la modificación de los parámetros con los cuales tiene interdependencia como son los ingresos económicos, el paisaje, el componente orgánico del suelo, la salud y las condiciones fisicoquímicas del agua.

7.4.3.1.3 Cuadrante III. Tienen poca influencia y a su vez mucha dependencia resultando de esta manera de difícil manejo dentro del sistema. Se encontró variables como: Oxígeno, CO₂, DQO, DBO₅, monóxido de carbono, fauna béntica, calidad visual, partículas sólidas, caudal, turbiedad y salud. Estas variables son muy frágiles y dependen mucho de los cambios del sistema y de su relación con otros parámetros por lo que tienden a ser más susceptibles a

las alteraciones, dentro de la producción panelera y su consecuente eliminación de vertimientos tanto líquidos como sólidos, están causando a nivel de la fauna béntica un cambio en la diversidad de especies, haciendo que los organismos que prevalecen en estas zonas tiendan a una bioindicación con características a la eutroficación; a nivel atmosférico la generación de calor en las hornillas de los trapiches (uso de bagazo, llanta y leña), así como las constantes quemadas de las socas de los cultivos de caña, en si producen las mismas consecuencias de la deforestación, como es el empobrecimiento de la vida edáfica, volatilización de nutrientes, produciendo un aporte a la atmósfera de carbono y nitrógeno que significa una pérdida de biomasa y carbono almacenado en el suelo y la vegetación, contribuyendo al desgaste de la capacidad productiva del suelo y por consecuente a la utilización de abonos químicos a fin de mejorar la producción, conduciendo a un aporte de nutrientes a la quebrada y a que esta pierda sus condiciones estables. Algunos parámetros fisicoquímicos del agua como son el oxígeno, CO₂, DQO, DBO₅ guardan una estrecha relación pues un aumento o disminución en algunos de ellos afectara la condición estable del sistema, propiciando un inicio de desequilibrio del mismo.

7.4.3.1.4 Cuadrante IV. Los indicadores de este cuadrante se caracterizan porque tienen poca influencia y también poca dependencia, por lo cual tienden a ser mas resistente al cambio, en este cuadrante se encontraron la temperatura ambiental e hídrica, horizonte orgánico, organización comunitaria, ruido, precipitación y morfología.

Figura 30: Matriz de Influencias-dependencias del área de la quebrada Guandibas, afectada por la producción panelera, en el municipio de Consacá, departamento de Nariño.

		COMPONENTE ABIOTICO														C. BIOTICO			C. ANTROPICO								
		CLIMA		SUELO		AIRE		RUIDO	AGUA						PAISAJE	FAUNA	FLORA										
		Número de orden	Temperatura	Precipitación	Morfología	Horizonte orgánico	Monóxido de carbono	Partículas sólidas	Nivel de ruido	Temperatura	Oxígeno disuelto	Gas carbónico	DBO5	DQO	Turbiedad	Caudal	Calidad visual	Macroinvertebrados (MAE)	Cobertura vegetal	Uso de recursos	Organización comunitaria	Uso del suelo	Salud	Empleo / Ingreso	ΣDEPENDENCIAS	GRADO DE DEPENDENCIA	
		N. orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
COMPONENTE ABIOTICO	CLIMA	Temperatura	1	1			1												1						3	0.6	
		Precipitación	2	1	1															1			1			3	0.42
	SUELO	Morfología	3		1	1										1						1				2	0.33
		Hor. orgánico	4		1	1	1													1		1				4	0.66
	AIRE	Mon. de carbono	5				1	1					1								1	1		1	5	2.5	
		Partículas sólidas	6				1	1	1									1			1	1		1	5	1.66	
	RUIDO	Nivel ruido	7						1	1														1	1	1	1.00
	AGUA	Temperatura	8	1						1	1					1				1	1					4	1.00
		Oxígeno	9	1	1						1	1	1	1	1	1			1							9	2.25
		Gas carbónico	10	1	1						1	1	1	1	1	1			1							8	2.00
		DBO5	11				1				1	1	1	1	1	1			1							7	1.75
		DQO	12				1					1	1	1	1	1							1	1		6	1.2
		Turbiedad	13		1	1			1							1							1	1		6	1.2
		Caudal	14		1	1											1			1	1		1	1		5	0.83
PAISAJE	Calidad visual	15													1		1	1	1	1	1	1	1	6	2.00		
C. BIOTICO	FAUNA	MAE	16							1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	8	2.6		
	FLORA	Cobertura vegetal	17	1		1	1												1	1	1	1	1	6	0.75		
		Uso de recursos	18															1		1	1	1	1	2	0.22		
ANTR OPICO		Org. comunitaria	19																1	1	1	1	3	1.5			
		Uso del suelo	20		1	1	1											1		1	1	1	7	0.46			
		Salud	21				1	1	1					1				1				1	5	2.5			
		Empleo/ingresos	22			1													1	1	1	1	5	0.5			
		ΣINFLUENCIAS		5	7	6	6	2	3	1	4	4	4	4	5	5	6	3	3	8	9	2	15	2	10		

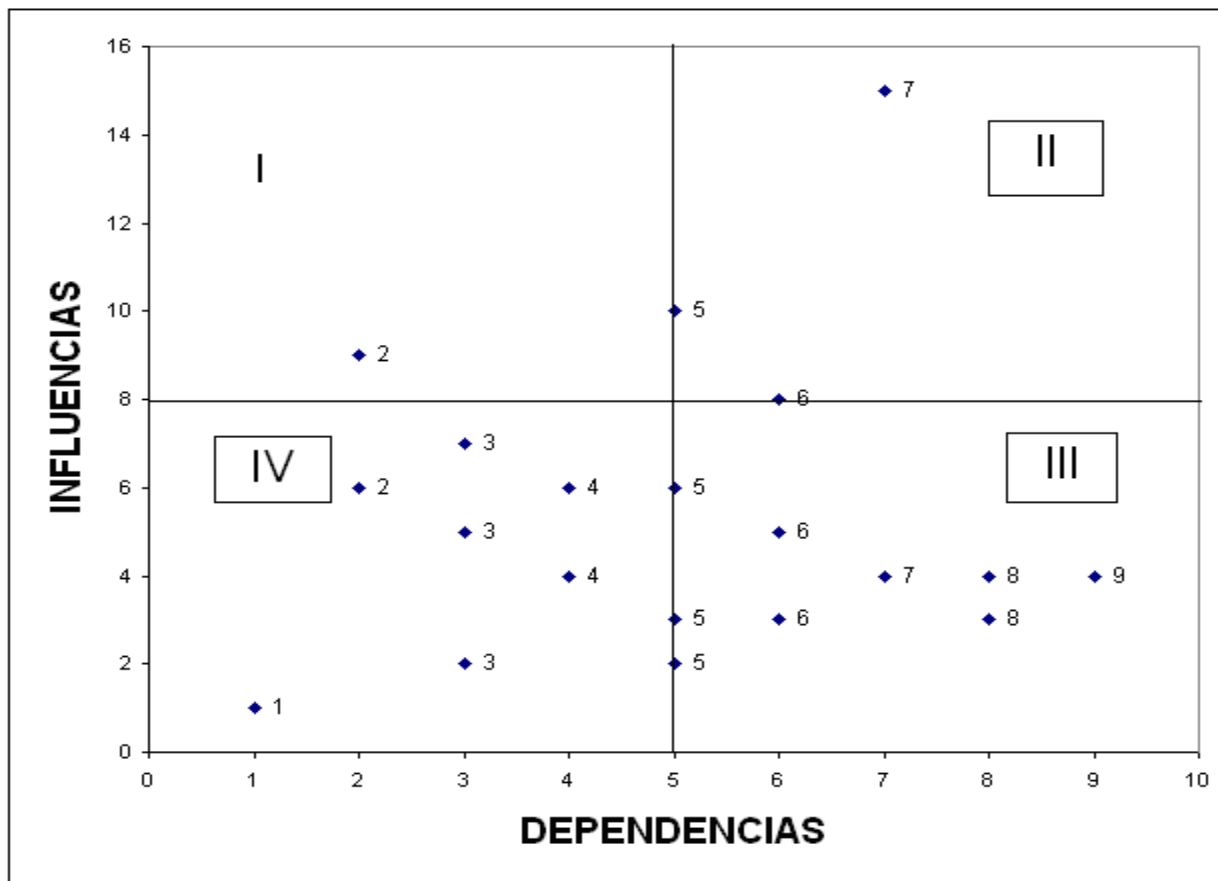


Figura 31. Ubicación de los resultados de la matriz Influencias –Dependencias en la quebrada Guandibas, afectada por la producción panelera en el municipio de Consacá, departamento de Nariño.

CONCLUSIONES

Después de haber analizado los impactos que provoca la agroindustria panelera en la quebrada Guandibas se concluye:

- La quebrada Guandibas exhibe una intervención de leve a moderada, de esta manera la zona uno presenta parámetros fisicoquímicos que no mostraron variaciones significativas (ACP), con características propias de aguas oligotróficas, con buena vegetación ribereña, mínimas descargas de materia orgánica, alta velocidad de corriente, razones que permiten una buena oxigenación, pH neutro, bajos niveles de DQO, turbiedad y conductividad; en tanto que para las zonas dos y tres estas diferencias aumentan, pues se presenta una considerable variación en los parámetros fisicoquímicos como conductividad, DQO, DBO₅, turbidez, CO₂, NO₂⁻, esto debido a la disposición de los vertimientos de los trapiches, parámetros alterados para la zona dos, mientras que la zona tres manifiesta una leve recuperación.
- De acuerdo a los valores de los índices biológicos estos manifiestan una correlación, donde la zona uno presenta una mediana diversidad (3.00), baja dominancia (0.06), alta riqueza (4.64); datos que para las zonas dos y tres se modifican debido a la intervención por parte de los trapiches paneleros, sin embargo estos vertimientos no llegan a limitar el establecimiento de organismos propios de agua limpias, aunque da paso a una alta dominancia relativa de organismos mesoeutróficos y eutróficos, los cuales son causantes de la disminución en los valores de diversidad para estas zonas (1.70) y (1.96) respectivamente.
- De acuerdo con los valores de riqueza de especies determinados en las zonas de la quebrada Guandibas, estos no presentaron diferencias significativas tanto entre épocas como entre zonas.
- En relación a el BMWP, las tres zonas evaluadas en la quebrada Guandibas pertenecen a la clase I, con características de aguas muy limpias, lo cual se puede explicar de acuerdo con la hipótesis de perturbación intermedia, donde los vertimientos paneleros están creando una perturbación en la zona dos sitio receptor, estableciendo una oportunidad para que nuevos géneros de macroinvertebrados se establezcan en esta zona.

- igualmente la calificación dada por el índice de monitoreo biológico BMWP, establecido en este estudio fue a partir del nivel taxonómico de familia, por lo que puede repercutir en el valor tan alto registrado en los juicios de calidad de las zonas dos y tres por lo que se sugiere implementar un sistema de evaluación a nivel de género o especie a fin de obtener datos mas ajustados a la realidad de estas zonas.
- El empleo de la matriz de Influencia-Dependencia fue muy útil para determinar que el indicador que está ejerciendo una mayor presión sobre el ecosistema es el uso de recursos, variable relacionada con los vertimientos líquidos y sólidos, uso de especies vegetales, quema de llantas, actividades que influyen negativamente en las condiciones del sistema; además de dar a conocer que la fauna béntica, la concentración de oxígeno y demanda química de oxígeno (DQO) son los indicadores más dependientes y susceptibles a los tensores antrópicos y que el uso del suelo, la pérdida de cobertura vegetal y el empleo e ingresos son muy influyentes sobre el ecosistema.
- El efecto significativamente benéfico que genera la actividad panelera es la creación de microempresas, beneficiando a un numeroso grupo de familias de la región en la obtención de empleos directos e indirectos.
- Se espera que para futuras investigaciones dadas en la quebrada Guandibas estas se establezcan en una mayor cantidad de áreas a fin de conocer una referencia más exacta del punto de recuperación por parte de la quebrada, permitiendo establecer juicios más acordes de su calidad.

RECOMENDACIONES

A partir de la elaboración de este trabajo se plantean las siguientes recomendaciones:

- Incentivar la utilización de subproductos de la producción panelera en la alimentación de animales (cachaza, residuos vegetales, melote), el uso de residuos orgánicos en la elaboración de abono orgánico, aprovechando tanto el estiércol como la ceniza en la obtención de abono con destino al cultivo de caña, o a otros cultivos como los de pancoger (yuca, plátano, algunos frutales, café, pastos y especies de huerta casera) e impulsar la diversificación del cultivo de caña a través de cultivos intercalados. Este conjunto de manejo puede incidir de manera determinante en la cadena productiva y en la estructura de costos, de manera que se incentive la aplicación de prácticas sostenibles y competitivas para los agricultores paneleros articulando al productor a otros mercados o fuentes de ingresos.
- Realizar adecuaciones en las instalaciones de los trapiches paneleros (implementar rejillas en los desagües, impulsar la creación de desarenadores, trampas de grasas), que permitan minimizar los impactos ambientales y dar pasó al establecimiento de sistemas productivos más limpios.
- Continuar con el programa de seguridad alimentaría para familias paneleras (RESA PANELERO) en el municipio de Consacá, permitiendo que pequeños y medianos productores de caña, realicen buenas prácticas agrícolas BPA y tengan nuevas alternativas en su alimentación.
- Ampliar el ajuste de sistemas de deshidratación de bajo costo a pequeña escala en los trapiches del municipio de Consacá, permitiendo favorecer la diversificación de uso y su aplicación al caso de caña, pero también a la producción de extractos, concentrados de frutas o la producción de pulpas, jaleas, dulcería para pequeños o medianos productores, con la perspectiva de generación de valor agregado o industrialización rural.
- Diseñar las nuevas plantas de trapiches comunitarios del departamento, teniendo en cuenta los trabajos realizados por el Grupo de Investigación en Panela de la Universidad Nacional (GIPUN), acerca de la construcción de una hornilla mejorada. Este grupo sugiere modificar la cámara de combustión, las

pailas de evaporación, el conducto de gases y la chimenea, lo cual permite la autosostenibilidad de la hornilla, es decir, que solamente use bagazo como combustible, eliminando el impacto ambiental y el costo adicional que implica para los productores la utilización de combustibles complementarios.

- Promover por medio del gremio nacional de panela (FEDEPANELA) alianzas con paneleros de otras regiones del país que permitan la transferencia de tecnologías limpias en el cultivo de la caña, en el proceso de elaboración y uso de productos y subproductos de la producción panelera.
- Promover por parte de la Federación de Panela (FEDEPANELA), investigaciones relacionadas con el impacto que causa la producción de la caña panelera sobre el ambiente, donde se establezcan estudios que impliquen la evaluación de las actividades de campo y las de beneficio o post cosecha de la caña, que permitan obtener más exactitud sobre el grado de alteración y así plantear programas de gestión que incluyan medidas de prevención y mitigación para la preservación de los recursos naturales.
- Desarrollar programas de asistencia técnica y capacitación a los propietarios y empleados de los trapiches en temas ambientales a fin de promover buenas prácticas de manufactura (BPM), permitiendo mejorar la calidad de la panela, ampliando los mercados y protegiendo la salud de los consumidores.
- Implementar sistemas de propagación de árboles multipropósito en los entornos de los cultivos de caña, enfocando esta intención hacia una reforestación proteccionista de los suelos del municipio de Consacá.
- Mantener condiciones de higiene y seguridad laboral dentro de los trapiches a fin de proteger la integridad del personal y la calidad de la panela.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) y WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: Board, 1998.

BERNAL de R, Ines. Análisis de alimentos. Bogotá: Guadalupe, 1993.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Aprendiendo del pasado para proyectarnos hacia el futuro: Adopción e impacto de la tecnología de panela en la Hoya del Río Suárez y Cundinamarca. Cali: CORPOICA y CIAT.2002.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. Artículos técnicos sobre el cultivo de la caña y la elaboración de panela. Santander: CORPOICA, 1996.

CHEN C, James. Manual de caña. México: Limusa, 1991.

DIAGNOSTICO TERRITORIAL MUNICIPIO DE CONSACA. Tomo I, 2002.

ESPINEL M. Rubén G. La Fundación CIPAV y su participación como ONG Colombiana en el desarrollo agropecuario sostenible para el Trópico. Cali: Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria

FEDERACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE PANELA. Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Bogotá: CORPOICA y FEDEPANELA, 1998.

————— y LA SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Guía ambiental para el subsector panelero. Bogotá: Convenio Ministerio del Ambiente-SAC-FEDEPANELA, 2002.

FERNÁNDEZ, H.; DOMÍNGUEZ, E.; ANGRISANO, E., ARCHANGELSKY, M., HUBBARD, M., COSCARON, C., KOROB, P., MOLINERI, C., LIZARRALDE, M., PESCADOR, M., PAGGI, A., ROMERO, F., PERALTA, M y ROSSO, B. Guía para la determinación de artrópodos bentónicos sudamericanos. Argentina: H. R. Fernández y E. Domínguez, 2001.

FIGUEROA C, Apolinar; CONTRERAS R, Rafael y SÁNCHEZ D, Juan. Evaluación de impacto ambiental un instrumento para el desarrollo. Cali: Corporación Universitaria Autónoma de occidente y Centro de Estudios Ambientales para el Desarrollo Regional, 1998.

FULA A, Ismael y MALDONADO F, Gustavo. Prácticas, tecnologías y propuestas alternativas rentables sostenibles y equitativas en cultivo y poscosecha de caña para panela y mieles en Cundinamarca. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2001.

GONZALEZ M, Luís J. Hidrología práctica y gestión ambiental. Popayán: Universidad del Cauca, 2004.

GUISANDE G, Cástor; BARREIRO F, Aldo; MANEIRO E, Isabel; RIVEIRO A, Isabel; VERGARA C, ALBA y VAAMONDE L, Antonio. Tratamiento de datos. España: Díaz de Santos, 2006.

HERNÁNDEZ S, Roberto; FERNÁNDEZ C, Carlos y LUCIO B, Pilar. Metodología de la investigación. México: McGraw Hill, 1998.

HOLDRIDGE L, R. Ecología basada en zonas de vida. San José de Costa Rica: IICA, 1978.

INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI" SUBDIRECCION AGRICOLA. Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Bogotá: Instituto, 1977.

LATORRE E, Emilio. Empresa y medio ambiente en Colombia. Bogota: Fescol – Cerec, 1996.

MACCIO, Juan Manuel. Aprovechamiento de un fertilizante alternativo para la caña de azúcar en predios de superficie reducida. En: Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. Argentina: INTA, 2003.

MARGALEF, Ramón. Limnología. España: Omega, 1983.

MARTINEZ C, Héctor J; ORTIZ H, Lila y ACEVEDO G, Ximena. La cadena agroindustrial de la panela en Colombia. En: Revista Agrocadenas. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005.

MARTINEZ V, Paola A. Efecto de los vertimientos de aguas residuales domésticas en la calidad biológica de la quebrada Quitacalzón. Popayán, 2003. Trabajo de grado. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

MOJICA, Pablo y PAREDES Víctor. El cultivo de la caña panelera y la agroindustria panelera en el departamento de Santander. Bucaramanga: Centro Regional de Estudios Económicos, 2004.

MONTOYA, Jorge Augusto. Nodo regional de producción más limpia en el Eje Cafetero. Risaralda: Facultad de Ciencias Ambientales CRIE, 2002.

MORENO, C. E. Métodos para medir la biodiversidad. España: Manuales y Tesis SEA, 2001.

ORTEGA D, Ramón y RODRÍGUEZ M, Ignacio. Manual de gestión del medio ambiente. España: MAPFRE, 1997.

PEREZ R, Nancy y SOLARTE E, Ana. Evaluación de la contaminación de la quebrada Abejonales generada por vertimientos de las microempresas del almidón de yuca en la vereda Mandiva del municipio de Santander de Quilichao. Popayán, 2002. Trabajo de grado. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología.

PINILLA A, Gabriel. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1998.

PRADA F, Luz Esperanza. Mejoramiento de la calidad de la panela a través del sistema de limpieza de jugos para pequeños y medianos productores. Bucaramanga: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2000.

———. Manual de laboratorio para análisis de caña de azúcar. Bucaramanga: Centro de investigación para el mejoramiento de la industria panelera, 1992.

QUINTERO D, Rafael. Fertilización y nutrición. En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali: Cassalett, C.; Torres, J.; e Isaacs, C. (eds.), 1995.

RODRÍGUEZ, Gabriel y JARAMILLO Mario. Impacto ambiental plan estratégico para el fortalecimiento y modernización de la agroindustria panelera en Colombia. Bogotá: FEDEPANELA Y CORPOICA, 2001.

ROLDAN P, Gabriel. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Medellín: Universidad de Antioquia, 1996.

———. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992.

SAWYER N, Clair; PERRY L, McCarty y PARKIN F, Gene. Química para ingeniería ambiental. Bogotá: McGraw-Hill, 2001.

SOLANO, P y PRESTON, T. Utilización de jugo de caña y cachaza panelera en la alimentación de cerdos. Cali: CIPAV, 1990.

VÁSQUEZ Z, Guillermo León. Evaluación de la calidad de aguas naturales. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Instituto de Postgrado, 1998.

VELÁSQUEZ, Héctor; AGUDELO, Andrés y ALVAREZ, Jorge. Mejorando la producción de panela en Colombia. En: Revista Agroecología. Medellín, 2005.

VILLARREAL, H., ALVAREZ, M., CÓRDOBA, S., ESCOBAR, F., FAGUA, G., GAST, F., MENDOZA, H., OSPINA, M y. UMAÑA, A. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá: Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2006.

ZAMORA G, Hildier y SARRIA, Helberth. Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca, mediante la utilización de sus macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de SHANNON-WEAVER Y BMWP. En: Revista Unicauca Ciencia 6: 21-41, 2001.

_____. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. En: Revista Unicauca Ciencia 4 (1), 2000.

ZEREGA M, Luís; HERNÁNDEZ Teofilo y VALLADARES Jesús. Efectos de la labranza sobre el suelo y el cultivo de la caña de azúcar. En: Agronomía Tropical, 48 (4): 501-513, 1998.