

**INCIDENCIA DE LA INDUSTRIA DEL CURTIDO DE PIELES ANIMALES EN LA
CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CERRITO, VALLE DEL CAUCA**

**MAURO FELIPE MONCADA PEREIRA
MARISOL CALDERÓN CABEZA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2007**

**INCIDENCIA DE LA INDUSTRIA DEL CURTIDO DE PIELES ANIMALES EN LA
CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CERRITO, VALLE DEL CAUCA**

MAURO FELIPE MONCADA PEREIRA
MARISOL CALDERÓN CABEZA

Trabajo de grado para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y de los
Recursos Naturales

Director
MARIO ANDRÉS GANDINI
Ingeniero Sanitario

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2007

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

ELIZABETH MUÑOZ

Jurado

ALEJANDRO SOTO

Jurado

GLORIA AMPARO JIMÉNEZ

Jurado

MARIO ANDRÉS GANDINI

Jurado

Santiago de Cali, 20 de febrero de 2007

Esta tesis se la dedicamos primero que todo a Dios por darnos la oportunidad de estudiar y trabajar juntos durante este tiempo.

A nuestros padres y familiares por su apoyo a lo largo de nuestra carrera profesional.

A ti nonito Enrique por sembrar en mí tu espíritu ambientalista.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Mario Andrés Gandini por su colaboración en la realización de este trabajo.

Al profesor Alejandro Soto por apoyarnos en las pruebas de laboratorio.

A Hernando Sánchez Gutiérrez. Taxista de El Cerrito, Valle del Cauca por acompañarnos y guiarnos en la localidad.

A Curtiembres Ríos por permitirnos el ingreso y recolección de información para la realización de este documento.

Al Programa de Administración del Medio y Ambiente y de los Recursos Naturales por confiar en nosotros y permitirnos lograr la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	17
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	18
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	18
1.2 ORIGEN DEL PROBLEMA	18
2. OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GENERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3. JUSTIFICACIÓN	25
4. MARCO CONCEPTUAL	26
4.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	26
4.1.1 Potencial de Hidrógeno (pH)	26

4.1.2 Oxígeno Disuelto (OD)	28
4.1.3 Conductividad	30
4.1.4 Salinidad	30
4.1.5 Sólidos Disueltos	30
4.1.6 Demanda Química De Oxígeno	30
4.1.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	30
4.1.8 Coliformes fecales	31
4.1.9 Presencia de cromo	31
4.1.10 Fuentes de agua	34
4.2 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	34
4.3 PROCESO DEL CURTIDO	34
4.3.1. Saladero	35
4.3.2 Remojo y ablandado	35
4.3.3 Pelambre o depilado	36
4.3.4 Descarnada y dividida	37

4.3.5 Desencalado y piclado	37
4.3.6 Curtido	37
4.3.7 Escurrida y rebajada	38
4.3.8 Recurtido y teñido	38
4.3.9 Vacío, templado y secado	38
4.3.10 Pintura y plancha	38
5. MARCO NORMATIVO	39
6. METODOLOGÍA	41
6.1 ÁREA DE ESTUDIO	41
6.1.1 Generalidades del municipio	41
6.1.2 Acueducto	43
6.1.3 Sistema de Alcantarillado	44
6.1.4 Hidrología	45
6.1.4.1 El río Cerrito	45
6.1.4.2 Tramo urbano del río Cerrito	47

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	48
6.2.1 Primer semestre año 2005	48
6.2.1.1 Zonas de muestreo	49
6.2.1.2 Parámetros, métodos y frecuencia de los muestreos	51
6.2.1.3 Equipos y materiales utilizados en el laboratorio	52
6.2.2 Segundo semestre del año 2005	56
6.2.2.1 Metodología para la recolección de macroinvertebrados del río Cerrito	57
6.2.3 Zonas De Muestreo	59
6.2.4 Equipos y materiales que se utilizarán en el laboratorio	59
7. RESULTADOS	62
7.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO	62
7.2 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	63
7.3 TURBIEDAD	64
7.4 DEMANDA BIOQUÍMICA OXÍGENO A LOS 5 DÍAS	65
7.5 DEMANDA QUÍMICA OXÍGENO	66

7.6 OXÍGENO DISUELTO	67
7.7 CROMO TOTAL Y HEXAVALENTE	68
7.8 MACROINVERTEBRADOS	73
8. CONCLUSIONES	78
9. RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	86

LISTA TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores comunes del pH ⁰ .	27
Tabla 2. Niveles para el Oxígeno Disuelto.	28
Tabla 3. Población urbana y rural. Proyección 1995 – 2005.	42
Tabla 4. Evolución del empleo industrial en El Cerrito.	42
Tabla 5. Programación de visitas y actividades realizadas.	49
Tabla 6. Equipos utilizados en cada parámetro.	52
Tabla 7. Equipos utilizados en la toma de muestras.	53
Tabla 8. Mediciones realizadas y frecuencia de en el laboratorio.	53
Tabla 9. Programación de visitas y de actividades realizadas.	57
Tabla 10. Mediciones realizadas y frecuencia de en el laboratorio.	59
Tabla 11. Equipos utilizados en cada parámetro.	60
Tabla 12. Equipos utilizados.	60
Tabla 13. Datos tomados del tubo de desagüe de una curtiembre al río Cerrito.	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Flujograma proceso de producción de pieles y desechos arrojados en el proceso.	22
Figura 2. Diagrama de la producción del cuero en Curtiembres Ríos en Cerrito, Valle del Cauca.	36
Figura 3. Potencial de hidrógeno en cada zona de muestreo.	62
Figura 4. Sólidos disueltos totales en cada zona de muestreo.	63
Figura 5. Valor de turbiedad en cada zona de muestreo.	64
Figura 6. DBO ₅ en cada zona de muestreo.	65
Figura 7. DQO en cada zona de muestreo.	66
Figura 8. Oxígeno disuelto en cada zona de muestreo.	67
Figura 9. Cromo total y hexavalente en cada zona de muestreo.	78
Figura 10. Fases de crecimiento de un insecto.	75

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Santa Elena	50
Foto 2. Entrada Cerrito	50
Foto 3. Salida Cerrito	50
Foto 4. Vía Rozo	50
Foto 5. Guppy Hembra	76
Foto 6. Guppy Macho	77

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Saladero	86
Anexo 2. Descarnada y dividida	86
Anexo 3. Desencarnada y dividida	86
Anexo 4. Desencalado y piclado	86
Anexo 5. Curtido	86
Anexo F. Escurrida y rebajada	86
Anexo 6. Recurtido y teñido	87
Anexo 7. Pintura y plancha	87
Anexo 8. Mapa ubicación municipio de El Cerrito	88
Anexo 9. Ubicación zonas de muestreo	89
Anexo 10. Muestras de laboratorio	90
Anexo 11. Tubo	90
Anexo 12. Tabla de resultados de los parámetros en abril de 2005	90
Anexo 13. Tabla de resultados de los parámetros DQO, DOB y coliformes fecales en abril de 2005.	91
Anexo 14. Curtiembres Ríos.	91
Anexo 15. Curtiembres Ríos.	91
Anexo 16. Tabla de resultados de los parámetros en noviembre de 2005.	92
Anexo 17. Tabla de resultados de los parámetros DQO, DOB y coliformes fecales en noviembre de 2005	92
Anexo 18. Datos de los parámetros tomados el día 27 de Noviembre de 2006.	93
Anexo 19. Datos tomados de la Estación de monitoreo las Brisas el 05 de diciembre de 2005. (CVC)	94
Anexo 21. Datos tomados de la Estación de monitoreo Vía Principal el 05 de diciembre de 2005. (CVC)	94
Anexo 22. Datos tomados de la Estación de monitoreo antes desembocadura río Cauca el 05 de diciembre de 2005. (CVC)	95
Anexo 23. Datos tomados en la Estación de monitoreo Las Brisas el 23 de octubre de 2006. (CVC)	95
Anexo 24. Datos tomados de la Estación de monitoreo Vía Principal el 23 de octubre de 2006. (CVC)	96
Anexo 25. Datos tomados de la Estación de monitoreo antes desembocadura río Cauca el 23 de octubre de 2006. (CVC)	96

RESUMEN

La preservación, aprovechamiento y transformación del cuero es lo comúnmente conocido como curtido de pieles, el cual para llevar a cabo estas actividades debe realizar un tratamiento el cual demanda grandes cantidades de insumos tales como cromo, sulfuros, sal, anilinas entre otros. Dado que en Colombia la mayoría de las curtiembres no manejan sus residuos sino que por el contrario son vertidos directamente a fuentes hídricas, hoy en día a causa de esto encontramos ríos como el río Cerrito (objeto de estudio), que han perdido gran parte de sus características dado a la cantidad de residuos compuestos por agentes químico-tóxicos y por una alta carga de materia orgánica, que afectan directamente el equilibrio ecológico presente.

Para determinar la incidencia de las curtiembres en la calidad del agua del río Cerrito se realizaron varias pruebas físico-químicas en diferentes zonas a lo largo del recorrido del río durante un periodo de 2 años. Los resultados obtenidos dieron un mayor aumento en el año 2006 en los niveles de Cromo, Sólidos disueltos Totales, Turbiedad y por consiguiente un aumento tanto en la DBO_5 como en la DQO. Estos resultados muestran que la incidencia de las curtiembres es alta ya que a lo largo de las zonas de muestreo se puede ver cómo aumentaron los niveles de contaminación en las zonas en donde las curtiembres ya han realizado sus descargas, a demás de contraer problemas de salubridad a la comunidad dado que las características del cromo son de carácter mutagénico y teratogénico.

ABSTRACT

Leather's preservation, advantage and transformation are commonly known as skin tanned. To do these activities, it is necessary to make a special treatment which requires so many quantities of raw materials like chromium, sulphides, salt, and anilines among others. In Colombia most of the tanneries don't treat its residuals otherwise they throw residuals directly into the hydric sources, nowadays we find rivers as Cerrito river (object of this study) which has lost a big part of its characteristics due to this large quantity of residuals which are compounds by chemical-toxic and a high charge of organic material affecting the ecological balance.

To define the tanneries' incidence into the water's quality of the Cerrito River it were maiden some physical-chemistries tests in different zones throughout the river during 2 years. The result obtained shows an increase of Chromium, total dissolved solids, turbidity and consequently a high result of DBO and DQO. These results show that tanneries' incidence is high in the zones where the tests were made. Contamination levels increased in the zones where tanneries had thrown.

INTRODUCCIÓN

El proceso del curtido de pieles, que es la preservación, aprovechamiento y transformación del cuero animal, consiste en la aplicación de un tratamiento químico, con el objeto de inmunizarlo contra ataques bacterianos, y de otros tratamientos adicionales con grasas y aceites para darle flexibilidad. También se manejan tratamientos físicos con el fin de adaptar la piel y separarla de los materiales que en la industria del cuero no se utilizan.

Se puede decir que la industria de las curtiembres en Colombia y en el Valle del Cauca aún predomina como una actividad artesanal muy tradicional. Sin embargo, su alta demanda en el mercado logra generar importantes problemas de contaminación ambiental, debido a la utilización de agentes químicos tóxicos como cromo y sulfuro, y también una cantidad significativa de materia orgánica, sólidos suspendidos y grasas que provienen de los residuos resultantes de varias partes del proceso.

El manejo de los desechos cárnicos y agentes químicos de las curtiembres o tenerías, ha sido un tema polémico debido a los altos índices de contaminación en los cuerpos de aguas causados por el vertimiento inadecuado de estos desechos que básicamente se encuentran sin ninguna clase de tratamiento.

La investigación realizada en el trabajo a continuación basa sus actividades en la recolección de información primaria y secundaria de la industria de las curtiembres y lo concerniente al municipio de El Cerrito en el Departamento del Valle del Cauca, también en la observación, entrevistas informales, recopilación fotográfica y toma de muestras de agua del río Cerrito para posteriormente analizarlas en el laboratorio con el fin de determinar la incidencia que tienen las curtiembres del municipio sobre la calidad del agua del río Cerrito.

Para dimensionar el grado de contaminación y la incidencia de la industria, se calculan los parámetros de pH, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, porcentaje de saturación, oxígeno disuelto, turbiedad, coliformes fecales, demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno y presencia de cromo que en este caso es el parámetro de mayor importancia para este trabajo debido a que es el principal elemento utilizado en la producción y adaptación del cuero.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la industria del curtido de pieles el agua juega un papel muy importante en el tratamiento de las pieles animales, todos sus procesos requieren de agua para facilitar y adaptar el cuero a las condiciones necesarias. En este caso, las curtiembres ubicadas en la zona urbana del municipio de El Cerrito son empresas familiares y evidencian un nivel de infraestructura bajo, las cuales arrojan grandes cantidades de agua con material resultante de los procesos: químicos, sales, materia orgánica, entre otros. Esto desechos son vertidos directamente al río Cerrito y al alcantarillado municipal generalmente sin ningún tratamiento previo que pueda minimizar el impacto ambiental negativo en la calidad del agua, el suelo, aire/atmósfera y la fauna y flora del sitio y definitivamente sólo contribuye a la contaminación de estos recursos. Las fuentes de contaminación de la industria del curtido son los efluentes, los desechos sólidos y las emisiones atmosféricas¹.

1.2 ORIGEN DEL PROBLEMA

- Ausencia tratamiento a los vertimientos antes de disponerlos a los receptores finales, sistema de alcantarillado o cuerpo de agua.
- Ausencia de tecnología para el tratamiento de los efluentes de los mataderos de ganado, debido a que estos son de difícil tratamiento por ser muy heterogéneos: tienen grasas, celulosa, lignina (fibras), proteínas (sangre), y pedazos enteros de piel, carne y pelo.
- Ausencia de implementación de tecnologías más limpias para la cadena productora del cuero, la mayoría de las curtiembres funcionando son microempresas artesanales.

¹CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES CNPMLTA. El impacto ambiental de la industria curtidora. Medellín, 2006. p. 3.

- En ocasiones los desechos que vierten las curtiembres pasan directamente a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Ptars.) por el sistema de alcantarillado, con el agravante de que estas fueron diseñadas para tratar cargas domésticas en promedio de 100.000 habitantes y los desechos de un bovino equivalen a los que producen 300 personas.
- La cantidad de químicos utilizados como Cromo y sulfuro en el tratamiento de las pieles se presenta en grandes proporciones, se utiliza metales pesados como el cromo que por su composición, lo hace un contaminante peligroso para la calidad de los ecosistemas y para la salud de las personas.
- Se utiliza muchas cantidades de sales y se eliminan grandes cantidades de materia orgánica.
- Falta mayores mecanismos de control y mayor cumplimiento de las normas que estipulan las cantidades de desecho permitidas que se pueden verter a las fuentes de agua.

Según la COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE², y su Guía para la Prevención de la Contaminación Industrial, curtiembre. Santiago de Chile, 1999, la fuerte carga contaminante generada tiene los siguientes orígenes:

- Componentes constitutivos del cuero. Corresponde a todos los componentes del cuero distintos del colágeno, las proteínas no estructuradas y mucoproteínas, que se encuentran en la sangre y líquido linfático, todo lo cual desde el punto de vista de la curtiembre es indeseable, son estructuras proteicas que reaccionan ávidamente con el cromo, generando cuerpos insolubles y que al quedar en el tejido interfibrilar hacen perder al cuero propiedades importantes como son la blandura, flexibilidad, elasticidad y "buen quiebre". Se produce un aumento de la DBO5.
- El pelo. Es un componente del cuero en bruto, compuesto de queratina. Es química y bioquímicamente muy estable y es de los principales desechos de la industria. Su destrucción en los procesos conlleva a un drástico aumento de la DBO5 en el efluente así como también, un importante aumento de los sólidos suspendidos.

² COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para la Prevención de la Contaminación Industrial: curtiembre, región metropolitana. Santiago de Chile, 1999. p. 13.

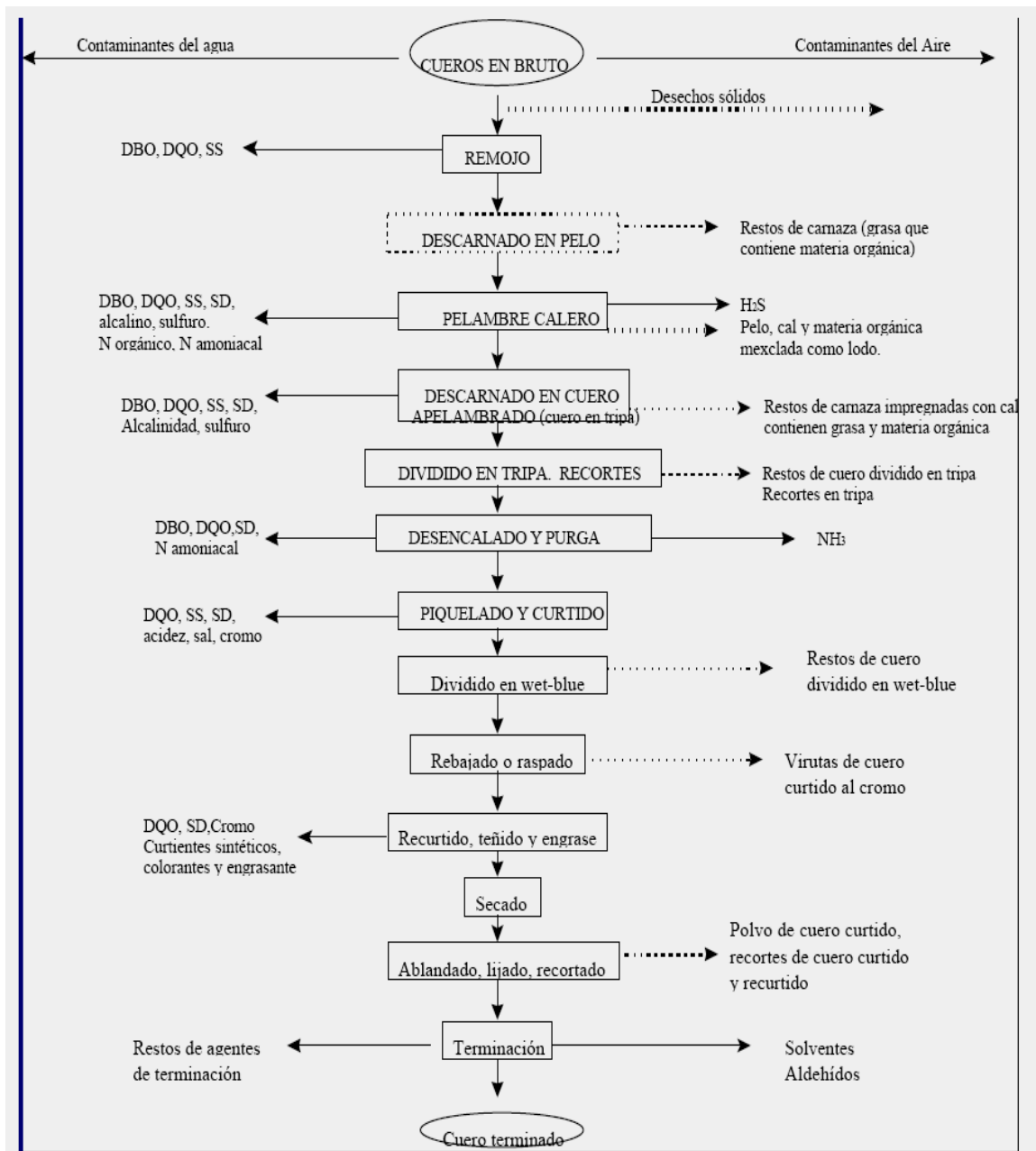
- Las grasas. Se encuentran abundantemente como tejido adiposo adherido en el lado carne del cuero. Hace parte del total de desechos en el efluente de las curtiembres.
- Sulfuro. El sulfuro es un producto fundamental en el proceso de destrucción del pelo o pelambre. Se trata de un elemento altamente tóxico en medio acuoso, por su carácter reductor provoca una drástica disminución del oxígeno disuelto en los cursos de agua y además cuando las soluciones acuosas que lo contienen bajan su pH del valor 10, se desprende ácido sulfhídrico gaseoso que al ser inhalado en determinadas concentraciones puede llegar a ser mortal. La presencia del sulfuro por ejemplo en el proceso de pelambre explica que este proceso por si solo sea responsable del 76% de la toxicidad total del efluente.
- Cal. Insumo esencial para la separación del pelo de las pieles. Se usa principalmente por su bajo costo y por su poca causticidad como álcali. Es muy poco soluble y los baños de las pieles se preparan siempre con un exceso de cal que queda en suspensión, contribuyendo a elevar los valores de sólidos suspendidos en los efluentes. Es el único material usado por la curtiembre que da sólidos en suspensión, en circunstancias que la mayoría de las materias en suspensión proceden de las pieles.
- Alcalinidad. En si misma la alcalinidad propia de algunos procesos es un elemento de contaminación, ya que por su alto valor de pH debe ser neutralizada antes de su descarga.
- Salinidad. Esta se genera principalmente en el remojo y corresponde a sal común proveniente de la etapa de conservación del cuero, cerca del 60% de la salinidad es desecho para el efluente.
- Nitrógeno amoniacal. Usado en las operaciones de desencalado en el pelambre.
- Tensoactivos. Estos productos son ampliamente usados como humectantes y como agentes de limpieza de los cueros. Dan altos valores de DQO y de toxicidad.
- Cromo. Es el principal agente curtidor de la industria, por ende es el desecho químico más vertido en el efluente que además contamina los otros residuos

descargados. Los altos niveles de cromo utilizados pueden indicar la alta contaminación de los residuos que se arrojan e ilustra la posibilidad de que exista una contaminación más extensa en el ambiente que rodea el sitio³.

A continuación en la Figura 1 se muestra el proceso de curtido de pieles aplicable a las curtiembres en donde se identifica claramente el tipo de desechos que son vertidos por la industria al ambiente en cada etapa del proceso y el recurso afectado; agua, aire y suelo.

³LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN DE GREENPEACE. Identificación y trascendencia ambiental de contaminantes orgánicos y metales pesados asociados con la curtiembre: Departamento de Ciencias Biológicas. Exeter, Reino Unido, 2000. p. 3.

Figura 1. Flujoograma proceso de producción de pieles y desechos arrojados en el proceso.



Fuente: COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para la Prevención de la Contaminación Industrial: curtiembre, región metropolitana. Santiago de Chile, 1999. p. 10.

Con la anterior identificación del tipo de desechos arrojados por la industria al ambiente, es muy importante considerar e identificar los recursos que son directamente afectados por la industria y los daños que pueden ocasionarse indirectamente sino se toman medidas que permitan disminuir las cargas contaminantes originadas en cada etapa del proceso. Hay que tener en cuenta que por ser un tipo de industria con mano de obra de origen humano y con mecanismos de producción en su mayoría artesanales, las personas juegan el papel más importante en el desarrollo de la misma, así mismo su seguridad y su salud son relevantes a la hora de tomar decisiones y mejorar los procesos. Tanto el medio ambiente como el ser humano son el motivo para que nuestros propios actos se desarrollen acorde a nuestras necesidades y la sostenibilidad de los ecosistemas. Se listan los principales problemas que la industria del curtido de pieles genera al corto, mediano y largo plazo.

- Afectación a la salud humana: por ingestión, respiración y contacto.
- Afectación a comunidades de especies animales y vegetales ubicadas en el sitio de disposición de los desechos.
- Deterioro de la calidad del agua y del aire.
- Afectación del suelo.
- Aumento de niveles de presión sonora y vibraciones.
- Olores.
- Sobreexplotación de recursos utilizados por la industria (extracción de materias primas).
- Presión sobre insumos (principalmente agua y energía) por consumos excesivos.
- Deterioro paisajístico. Sitio de disposición de los residuos.
- Destrucción de la capa de ozono.
- Calentamiento del planeta.
- Afectación del ciclo hidrológico por emisiones de gases y material particulado a la atmósfera.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la incidencia de la industria del curtido de pieles en la calidad del agua del río Cerrito, Valle del Cauca.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el impacto de la materia orgánica resultante del proceso de curtido de pieles animales en el oxígeno disuelto como eje fundamental de la vida acuática del río Cerrito.
- Estimar el impacto del cromo, principal insumo, en la industria del curtido de pieles animales en la calidad del río Cerrito y el riesgo en la salud humana.

3. JUSTIFICACIÓN

Las curtiembres son una de las industrias más importantes que existe en Colombia y en el mundo, debido a que hacen parte de la cadena productiva del cuero en donde se fabrica gran cantidad de artículos que los seres humanos consumen diariamente. Esta industria produce gran cantidad de desechos los cuales por lo general son arrojados al suelo y a las fuentes hídricas sin ninguna clase de tratamiento previo haciendo que la vida animal, vegetal y sobre todo la humana se vea afectada por la contaminación generada en los recursos aire/atmósfera, suelo y sobre todo el recurso hídrico.

Tomando en consideración al río Cerrito como un espacio geográfico estratégico para el desarrollo económico, social y biofísico del municipio, y con las múltiples oportunidades que conllevaría el tenerlo libre de contaminación y agentes patógenos como por ejemplo: Desarrollo turístico, recreación ecológica, explotación sostenida del recurso acuícola y desarrollo paisajístico de calidad; es de vital importancia contribuir al estudio de la incidencia de la industria del curtido de pieles en la calidad del agua del río Cerrito y así generar conciencia y estrategias a futuro para el tratamiento de las pieles y la regeneración del río como un bien y un servicio ambiental necesario para el desarrollo de la comunidad.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

4.1.1 Potencial de Hidrógeno (pH). El Potencial de Hidrógeno ó más conocido como pH, indica la concentración del número de iones libres de hidrógeno (H^+) para determinar tanto de acidez como de basicidad en una sustancia⁴.

El resultado de una medición de pH es generado de acuerdo a la cantidad o exceso entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra con un pH de 7⁵.

El pH se rige sobre una escala la cual va de 0 a 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida. Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución (Tabla 1)⁶.

⁴ pH y alcalinidad [en línea]: Medida de la calidad del agua: pH. Holanda: Lenntech, 1998. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.lenntech.com/espanol/pH-y-alcalinidad.htm>

⁵ Ibid., <http://www.lenntech.com/espanol/pH-y-alcalinidad.htm>

⁶ pH [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2006. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/PH>

Tabla 1. Valores comunes del pH

ALGUNOS VALORES COMUNES DEL PH	
Sustancia/Disolución	pH
Disolución de HCl 1 M	0
Jugo gástrico	1,5
Zumo de limón	2,4
Refresco de cola	2,5
Vinagre	2,9
Zumo de naranja o manzana	3
Cerveza	4,5
Café	5,0
Té	5,5
Lluvia ácida	< 5,6
Saliva (pacientes con cáncer)	4,5-5,7
Leche	6,5
Agua pura	7,0
Saliva humana	6,5-7,4
Sangre	7,35 – 7,45
Orina	8,0
Agua de mar	8,0
Jabón de manos	9,0 – 10,0
Amoniaco	11,5
Hipoclorito de sodio	12,5
Hidróxido sódico	13,5

Fuente: pH [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2006. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/PH>

4.1.2 Oxígeno Disuelto (OD). “Es la medida del oxígeno disuelto en el agua, expresado normalmente en ppm (partes por millón) o en mg de O₂/l. la temperatura es muy importante tenerla en cuenta a la hora de ir a medir el oxígeno disuelto ya que: a mayor temperatura menos oxígeno se disuelve”⁷.

El oxígeno disuelto es un elemento esencial para la supervivencia de todas las especies acuáticas y la falta de éste hace crítica su supervivencia, es por esto la importancia del conocimiento de la cantidad de OD en el recurso hídrico debido a que un bajo resultado podría ser un indicador de polución, lo que sería perjudicial para los peces. A continuación en la tabla 2 se muestran unos indicadores de resultados:

Tabla 2. Niveles para el Oxígeno Disuelto

TABLA INDICATIVA DE Oxígeno Disuelto	
Nivel de OD (in ppm)	Calidad del Agua
0,0 - 4,0	Mala Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a disminuir.
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 – 12,0	Buena
12,0 +	Repita la prueba El agua puede airearse artificialmente.

Fuente: Libro electrónico ciencias de la tierra y del medio ambiente [en línea]: Oxígeno disuelto. Stevens Institute of Technology, 2007. [consultado 7 de Marzo de 2005]. Disponible en Internet:

<http://www.ciese.org/curriculum/dipproj2/es/fieldbook/oxigeno.shtml>

⁷Libro electrónico ciencias de la tierra y del medio ambiente [en línea]: Glosario. España: Escuela Superior de Ingenieros – TECNUN, 2006. [consultado 4 de Marzo de 2005]. Disponible en Internet: <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/Glosario.html>.

- “5–6 ppm. Suficiente para la mayor parte de las especies.
- <3 ppm. Dañino para la mayor parte de las especies acuáticas.
- <2 ppm. Fatal para la mayor parte de las especies”⁸.

Los sistemas acuáticos tienen sus propios medios naturales para oxigenar sus aguas, pero la principal es el oxígeno absorbido de la atmósfera directamente o por el movimiento del agua, el cual permite que este absorba más oxígeno. Otra fuente de oxígeno son las plantas acuáticas, incluyendo las algas; durante la fotosíntesis, las plantas eliminan dióxido de carbono y lo reemplazan con oxígeno.

No es posible establecer un contenido ideal de oxígeno en el agua, ya que hay aspectos positivos y negativos de su presencia. Sin embargo, si el agua contiene amoníaco o hierro y manganeso en sus formas reducidas, es preferible que el OD esté cercano al punto de saturación⁹.

Las aguas superficiales no contaminadas, si son corrientes, suelen estar saturadas de oxígeno y a veces incluso sobresaturadas; su contenido depende de la aireación, de las plantas verdes presentes en el agua, de la temperatura y de la hora del día (mañana o tarde), etcétera.

Por otra parte, durante el verano el caudal de un río disminuye, por lo que también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por lo tanto, el consumo de este por los seres vivos acuáticos aumenta por unidad de volumen. Por eso no es extraño que haya grandes diferencias entre el verano y el invierno en lo que se refiere al OD.

Se ha demostrado la existencia de una estrecha relación entre la distribución de oxígeno y la productividad de materia orgánica, viva o muerta. Por otro lado, la cantidad de OD en un cuerpo de agua está relacionada con su capacidad de autodepuración.

⁸ Oxígeno disuelto: kit para ensayo de agua manual de instrucciones. Estados Unidos, 2001. p. 11.

⁹ Libro electrónico ciencias de la tierra y del medio, Op. Cit., <http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.htm>

4.1.3 Conductividad. Es la cantidad de electricidad que un cuerpo de agua puede conducir, la cual depende de la presencia de iones. Esta expresada en μs^{10} .

4.1.4 Salinidad. La salinidad es una importante propiedad de las aguas industriales y de las aguas naturales. El método usual para determinar salinidad emplea un medidor de conductividad graduado en valores de salinidad o en concentración de KCl o aún de NaCl. El valor de salinidad es dado en %.

4.1.5 Sólidos Disueltos. Corresponden a materia orgánica e inorgánica en pequeñas cantidades, sales solubles y gases disueltos que se determinan en la muestra filtrada, evaporada y secada. Se subdividen en sólidos disueltos fijos y sólidos disueltos volátiles.

4.1.6 Demanda Química De Oxígeno. La demanda química de oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar químicamente la materia orgánica presente en el agua y es útil para monitoreo y control¹¹.

Las muestras que contengan sólidos sedimentables deben mezclarse con un homogeneizador para obtener una muestra representativa. En el análisis de aguas residuales con alta DQO deben hacerse disoluciones preliminares, para reducir el error inherente en la medida de pequeños volúmenes de muestra.

4.1.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). La demanda bioquímica de oxígeno es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales y naturales. Esta prueba permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

La muestra se incuba por 5 días a 20°C en presencia de un sistema biológico aclimatado. Una comparación entre el contenido de oxígeno de la muestra, al principio y al fin de la incubación, constituye la medida del DBO.

¹⁰Glosario del agua [en línea]: Holanda: Lenntech, 1998. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.lenntech.com/espanol/glosario-agua.htm#C>

¹¹ Demanda química de oxígeno [en línea]: método de reflujó abierto. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2006. [consultado 15 de Abril de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.ideam.gov.co/temas/calidad/dqo.pdf>

Las muestras para determinación de la DBO se deben analizar con prontitud; si no es posible, refrigerarlas a una temperatura cercana al punto de congelación, ya que se pueden degradar durante el almacenamiento, dando como resultado valores bajos. Sin embargo, es necesario mantenerlas el mínimo tiempo posible en almacenamiento, incluso si se llevan a bajas temperaturas. Antes del análisis calentarlas a 20°C.

4.1.8 Coliformes fecales. Grupo bacteriano presentes en los intestinos de los mamíferos y los suelos, que representan una indicación de la contaminación fecal del agua. Son fáciles de identificar y contar en laboratorio por su capacidad de fermentar la lactosa¹².

4.1.9 El cromo¹³. El cromo es un elemento natural que se encuentra en rocas, animales, plantas, el suelo, en polvo y gases volcánicos. Este está presente en el medio ambiente en distintas formas. Las formas más comunes son el cromo (0), el cromo (III) y el cromo (VI). No se ha asociado ningún sabor u olor con los compuestos de cromo.

El cromo (III) ocurre en forma natural en el ambiente y es un elemento nutritivo esencial y promueve la acción insulina. El cromo (VI) y el cromo (0) son producidos generalmente por procesos industriales. El cromo metálico, que es la forma de cromo (0), se usa para fabricar acero. El cromo (VI) y el cromo (III) se usan en cromado, en tinturas y pigmentos, curtido de cuero y para preservar madera.

El cromo entra al aire, el agua, y el suelo principalmente en las formas de cromo (III) y cromo (VI). En el aire, los compuestos de cromo están presentes principalmente como partículas de polvo finas las que eventualmente se depositan sobre la tierra o el agua.

¹²Bacterias coliformes (opcional) [en línea]: New York: Stevens Institute of Technology, 2007. [consultado 26 de mayo de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.k12science.org/curriculum/dipproj2/es/fieldbook/coliform.shtml>

¹³Toxfaqs [en línea]: cromo (chromiun). Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR, 1991. [consultado 20 de mayo de 2006]. Disponible en Internet: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html

El cromo puede adherirse firmemente al suelo y solamente una pequeña cantidad puede disolverse en el agua y así pasar a suelo más profundo y al agua subterránea.

Los compuestos de Cr tienen un nivel diferente de toxicidad según su estado de oxidación, si se presenta de forma (III) trivalente no es tóxico, incluso es benigno y es un elemento nutritivo esencial que ayuda al cuerpo a utilizar azúcar, proteínas y grasa. La presencia de cromo afectaría la salud humana si se encuentra en estado de oxidación (VI) ó por arriba es muy peligroso. Respirar niveles altos de cromo (VI) puede causar enfermedades nasales, y perforaciones en el tabique nasal. Ingerir grandes cantidades de cromo (VI) genera malestar estomacal y úlceras, convulsiones, daño del hígado y el riñón, cáncer de pulmón, reacciones alérgicas en la piel y puede hasta causar la muerte¹⁴.

Los síntomas en la salud humana que se presentan más fácilmente son:

- En la piel se presenta dermatitis ó úlceras de la piel.
- En los ojos con conjuntivitis.
- En el sistema respiratorio con perforaciones del tabique nasal, sinusitis y laringitis.
- En los pulmones ocasiona bronquitis y neumonía.
- En el sistema gastrointestinal ocasiona anorexia, náuseas, gastritis, úlcera duodenal y colitis.

La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembres), se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua, pues si está presente en grandes cantidades, el cromo (VI) se reducirá a cromo (III), que se podrá absorber en las partículas o formar complejos insolubles. Estos complejos pueden permanecer en suspensión y ser incorporados a los sedimentos.

¹⁴ Toxfaqs, Op. cit., http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html

En teoría, el cromo (VI) puede resistir en este estado en aguas con bajo contenido de materia orgánica, mientras que con el pH natural de las aguas, el cromo (III) formará compuestos insolubles, a menos que se formen complejos. Se desconoce la proporción relativa de cromo (III) y cromo (VI) en las aguas.

En el tracto gastrointestinal de los humanos y los animales, se absorbe menos de 1% del cromo (III) y alrededor de 10% del cromo (VI). La forma química, la solubilidad del compuesto en agua y el tiempo de permanencia en los órganos modifican la velocidad de la absorción.

Los compuestos de cromo (VI), que son fuertes agentes oxidantes, tienden a ser irritantes y corrosivos; también son considerablemente más tóxicos que los compuestos de cromo (III) si la dosis y la solubilidad son similares. Se ha postulado que esta diferencia en la toxicidad puede estar relacionada con la facilidad con la que el cromo (VI) atraviesa las membranas celulares y con su subsecuente reducción intracelular e intermediarios reactivos.

Debido a su gran solubilidad, el Cr (VI) es más difícil de remover que el Cr (III). La cloración puede convertir por oxidación el Cr (III) en Cr (VI) y crear un problema en el tratamiento del agua.

A escala experimental, la remoción del cromo trivalente puede ser efectiva mediante la coagulación con alumbre o sulfato férrico, y en los sistemas de ablandamiento con cal. En este último proceso, el factor pH es muy importante.

Con un pH entre 10,6 y 11,3, la remoción puede llegar a 98%, mientras que a 9,2, la eficiencia baja a 70%.

La remoción del Cr (VI) es muy difícil mediante el tratamiento convencional de coagulantes. Se ha encontrado que el sulfato ferroso es razonablemente efectivo como reductor del Cr (VI) a Cr (III) (13). El ablandamiento cal-soda puede remover entre 80 y 90% de Cr (III), pero el Cr (VI) no se remueve a pH 9,5.

La EPA recomienda, como factor de seguridad, que el límite para cromo en fuentes de agua destinadas a consumo humano no exceda 0,1 mg/L como cromo total y otras guías como la Organización Mundial de la Salud son más exigentes: 0,05 mg/L.

4.1.10 Fuentes de agua. En este caso el agua superficial tiene normalmente una calidad muy variable, contiene concentraciones de minerales, turbiedad, color, sustancias productoras de sabor y olor, y está expuesta a contaminación continua o accidental, ya sea biológica o química.

Dependiendo de su origen y de las condiciones del medio en que se encuentre, las características varían notoriamente, siendo las causas de tales diferencias, no solamente los fenómenos naturales como el arrastre de material insoluble de las orillas y de los afluentes que componen el sistema hidrográfico, sino también la contaminación producida por la actividad industrial, el uso extensivo de pesticidas y abonos químicos en las zonas de cultivo, la explotación minera, la descarga de basuras y el vertimiento de desechos líquidos domésticos e industriales en las corrientes y otros residuos propios de las actividades cotidianas de los asentamientos humanos.

4.2 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Son animales visibles a simple vista que habitan en el sustrato de quebradas, ríos, lagos y aguas marinas. Estos son útiles para averiguar el impacto de las aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales y las diferentes actividades humanas que alteran la calidad del agua

Muchos macroinvertebrados tales como hidozoos, turbelarios, anélidos y moluscos, pasan toda su vida como acuáticos; pero otros como en el caso de un gran número de insectos, pasan su vida larval en el agua y su estado adulto como terrestres y voladores

En el neotrópico se asume que los periodos de verano e invierno son los que más influyen en la transformación de la larva de los insectos a adultos pero hay especies que lo hacen todo el año¹⁵.

4.3 PROCESO DEL CURTIDO

Actividad industrial que se dedica a la preservación, aprovechamiento, transformación y procesamiento de las pieles animales con fines comerciales.

¹⁵ VARGAS Isabel Cristina. Inventario preliminar de los Macroinvertebrados Bentónicos en el río Quindío y la Quebrada Cristales. Armenia, 1997. 11 p.

El proceso de curtido puede variar dependiendo del tipo de industria, si es a gran escala, mediana ó pequeña. Por general en Cerrito predominan procesos artesanales. El proceso del curtido de pieles en la industria de las curtiembres en El Cerrito (Valle del Cauca) descrita a continuación, aplica para una mediana empresa ubicada dentro de nuestra área de estudio. La empresa se llama Curtiembres Ríos y labora desde el año de 1993 (Figura 2).

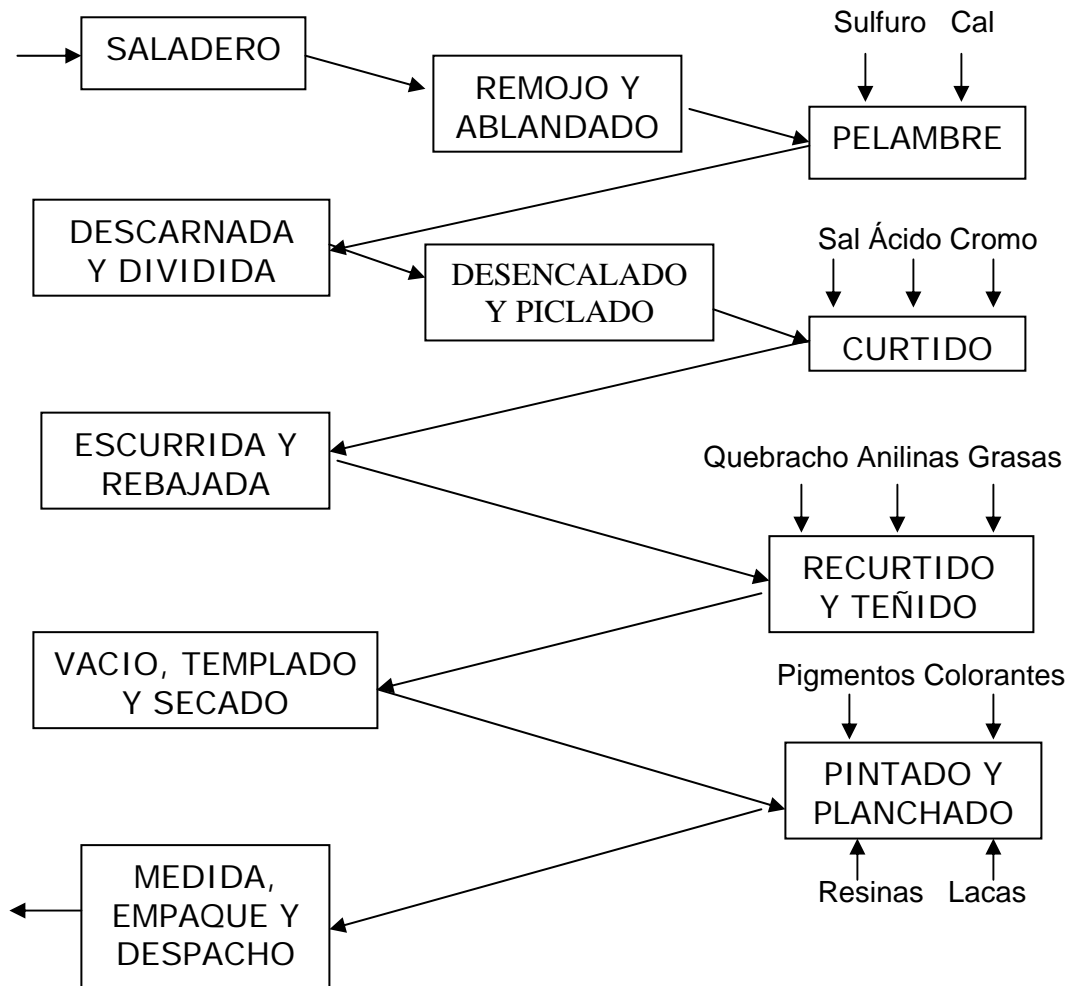
4.3.1 Saladero. Las pieles con las cuales se realiza el proceso llegan a la industria previamente salada por los mataderos que descarnan a las reses. Esto se hace con el fin de que la piel no se dañe mientras se le da inicio al proceso. Mientras tanto la piel es acumulada. La materia prima proviene principalmente de Neiva y Santander de Quilichao (Anexo 1.).

4.3.2 Remojo y ablandado. Es preciso lavar las pieles antes de remojarlas, proceso que toma aproximadamente 12 horas. Luego las pieles se remojan durante varias horas con agua pura para separar la sangre y parte de la sal, lo cual se efectúa en cubas especiales de ablandado, mediante renovación permanente del agua. El remojo se realiza con agua a 25°C, adicionando aditivos emulsificantes y ceniza de soda a un pH de 6,6 (Anexo 2).

Figura 2. Diagrama de la producción del cuero en Curtiembres Ríos en Cerrito, Valle del Cauca.

PROCESOS MECÁNICOS

PROCESOS QUÍMICOS



4.3.3 Pelambre o depilado. El aflojado del pelo se basa en una destrucción de la capa mucosa, con la cual se deshace la conexión entre la epidermis y la hipodermis, de modo que después puede separarse fácilmente en forma mecánica la epidermis juntamente con los pelos. Esto se logra básicamente de dos formas: encalado ó apelambrado. El encalado, además de aflojar el pelo, debe producir una hinchazón y un aflojamiento del tejido de la piel, además de una saponificación parcial de la grasa de la piel. Cuanto más intensa y más larga es la acción del encalado, más se afloja el tejido de la piel y más blando, suave y extensible resulta el cuero. Este proceso dura aproximadamente 3 horas donde se

agrega aditivos emulsificantes como precal, cal y sulfuro de sodio. La temperatura varía entre 25 a 28°C y el pH es 12. Cuando es necesario acelerar el aflojamiento del pelo, o cuando deben protegerse los pelos o la lana, que se deterioran bajo la acción de la cal, se emplea el procedimiento del "apelambrado". Se procede entonces de modo tal que la cal se aplica en estado pastoso sobre la piel, permaneciendo en este estado durante algunas horas.

4.3.4 Descarnada y dividida. Después del depilado se coloca la piel sobre un caballete con el lado de la carne hacia arriba, y con un cuchillo de descarnar se separa el tejido celular de la hipodermis, incluyendo las porciones a él adheridas de carne y de grasas. Este trabajo se realiza también con máquinas provistas de rodillos y cuchillos que hacen más rápido y homogéneo el proceso. La piel que se dispuso inicialmente en la máquina se divide en dos partes, la parte superior que es con la que se hace el cuero, y la parte inferior, la cual a su vez también es dividida en dos capas, estas capas son vendidas para la elaboración de guantes. En esta parte del proceso es donde más se producen desechos cárnicos como el cebo y la carnaza, los cuales también son vendidos para la elaboración de jabón, gelatinas y embutidos (Anexos 2 y 3).

4.3.5 Desencalado y piclado. Después del descarnado, y hasta el principio del curtido, las pieles se designan con el nombre de "pieles en verde". En esta etapa es necesario eliminar la cal residual que permanece en la piel, por lo que se le somete a un lavado durante un tiempo de 90 minutos, con adición de sulfato de amonio, bisulfito de sodio y otros aditivos. El posterior "piclado" tiene como objetivo preparar las pieles para que tengan las condiciones necesarias para comenzar el curtido. El pH del caldo es reducido a 3,7 adicionando ácido sulfúrico, formiato de sodio y cloruro de sodio. El proceso dura casi 3 horas (Anexo 4).

4.3.6 Curtido. El agente curtiente aún más usado es el cromo. El curtido se inicia en un caldo débil de cromo, generalmente ya usado, y se termina reforzándolo por grados y aumentando la basicidad hacia el final. Para ello las pieles en verde se procesan en grandes tambores rotatorios denominados "fulones". Normalmente se emplea un procedimiento de dos baños: El primer baño consta de una solución de bicromato potásico, acidulada generalmente con ácido clorhídrico, a veces con ácido sulfúrico y otros aditivos, durante un tiempo de 7 a 11 horas, con un pH de 3,7 y a una temperatura de 28°C. En el segundo baño (recurtido) se emplea sal de cromo y otros aditivos, entre ellos curtientes vegetales como el extracto de quebracho. Entre ambos baños se realiza un reposo en caballete por varias horas, como también un desaguado, clasificación y rasado de las pieles. El recurtido también se puede combinar con un teñido de las pieles. Hasta esta etapa las pieles en este estado son también vendidas y exportadas (Anexo 5).

4.3.7 Ecurrida y rebajada. La piel se deja escurrir y luego se le quitan los sobrantes para darle un calibre a esta. Los desechos se venden para la elaboración de forros parecidos al cartón que se utilizan en las puertas de los carros. Posteriormente, las pieles son sometidas a diversos procesos de terminación (Anexo 6).

4.3.8 Recurtido y teñido. Se agregan las anilinas para darle un buen aspecto a la piel (Anexo 7).

4.3.9 Vacío, templado y secado. La piel se temple para que quede lo más uniforme y plana posible, posteriormente se deja secar durante 1 día al aire libre, para luego ser esmerilada. Aquí se pule y se le da un aspecto de terciopelo al cuero.

4.3.10 Pintura y plancha. Se le agregan los colorantes, pigmentos y lacas a la piel para darles el aspecto final, además después de esto es planchada y queda lista para medirla, empacarla y disponerla para el cliente final y sus canales de distribución a nivel local, nacional y algunas exportaciones (Anexo 8).

En el siguiente capítulo se trata la normatividad más importante que se debe considerar para efectos de interés sanitario que aplica para el tipo de actividades que desarrolla la industria del cuero.

5. MARCO NORMATIVO

El marco normativo más importante para la realización de este trabajo fue:

La Resolución N° 1074 del 28 de Octubre de 1997 en la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos.

El ministerio de Agricultura y desarrollo rural mediante Decreto 1541 de 1978 artículo 211, prohibió a toda persona natural o jurídica verter sin tratamiento, residuos sólidos, líquidos o gaseosos, en cantidades que puedan contaminar o eutroficar las aguas, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora y fauna e impedir su empleo para otros usos.

El Decreto 1594 de Junio 26 de 1984¹⁶, en donde se dictan las principales disposiciones para el Cromo Hexavalente, el principal contaminante de las curtiembres. A continuación se hace referencia en algunos artículos según la destinación del recurso afectado y las cargas contaminantes permitidas.

ARTICULO 20. Considérense sustancias de interés sanitario las siguientes:

Arsénico, plomo, bario selenio, cadmio, acenafteno, cianuro, acroleína, cobre, acrilonitrilo, **cromo**, benceno, mercurio, bencidina, níquel, entre otras.

ARTICULO 38. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional si la concentración de Cromo Cr+6 no sobrepasa 0.05 mg/l.

ARTICULO 39. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano indican que para su potabilización se requiere solo desinfección. Si la concentración de Cromo Cr+6 no excede 0.05 mg/l.

¹⁶ MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594. Bogotá D.C., Junio 26 de 1984. p. 2.

ARTICULO 40. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola determinan que la concentración de Cromo Cr+6 permitida es 0.1 mg/l.

ARTICULO 41. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario, determinan que la concentración de Cromo Cr+6 permitida es 1.0 mg/l.

ARTICULO 74. Las concentraciones para el control de la carga de sustancias de interés sanitario, determinan que la concentración de Cromo Cr+6 permitida es 0.5 mg/l.

6. METODOLOGÍA

6.1 ÁREA DE ESTUDIO

6.1.1 Generalidades del municipio. Dentro de la división política del Departamento del Valle del Cauca el Municipio de El Cerrito hace parte de los 42 municipios que lo conforman, el cuenta con una extensión de 437 Km² y un área de ocupación de la cabecera de 3 Km² corresponde al 2.2 % de la superficie total del departamento. El Municipio de El Cerrito cuenta con una población aproximada de 62.114 habitantes (Ver Anexo 9).

El Municipio de El Cerrito se encuentra ubicado en la parte derecha del Río Cauca a una altura de 987 m.s.n.m en las coordenadas de latitud, 3° 41´ 40” y longitud de 76° 19´ 33”. Las condiciones climáticas son excelentes ya que su temperatura media es de 24 ° C.

Los límites del Municipio son: Al norte con los Municipios de Guacarí, Ginebra y Buga, al oriente con el Departamento de Tolima y el Municipio de Palmira, al sur el Municipio de Palmira y al occidente el Municipio de Vijés.

El municipio de Cerrito tiene una proyección poblacional urbana y rural la cual se indica en la tabla 3:

Tabla 3. Población urbana y rural. Proyección 1995 – 2005.

AÑO	Nº habitantes Total	Nº habitantes Cabecera	Nº habitantes Resto
1995	54.753	32.600	22.153
1996	55.531	33.191	22.340
1997	56.317	33.790	22.527
1998	57.083	34.381	22.702
1999	57.834	34.967	22.867
2000	58.570	35.546	23.024
2001	59.299	36.125	23.174
2002	60.018	36.700	23.318
2003	60.725	37.273	23.452
2004	61.424	37.843	23.581
2005	62.114	38.410	23.704

Fuente: ALCALDÍA DE EL CERRITO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cerrito: sistema físico – espacial. Valle del Cauca, 2000. p. 5.

La generación de empleo para los habitantes del municipio de El Cerrito principalmente en su cabecera es generada por la industria de las tenerías ó llamadas también curtiembres y por los ingenios azucareros ubicados en la zona. En la siguiente tabla se muestra la evolución del empleo industrial en el municipio de El Cerrito hasta el año 1995 (Tabla 4).

Tabla 4. Evolución del empleo industrial en El Cerrito.

	TENERIAS			AZÚCAR		
	1974	1988	1995	1974	1988	1995
Nº Empleados	11	67	463	652	407	492
Crecimiento L.P.		12.9%	27.6%		-3.4%	2.71%

Fuente: ALCALDÍA DE EL CERRITO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cerrito: sistema físico - espacial. Valle del Cauca, 2000. p 17.

En la zona plana la actividad económica gira en torno a la producción cañera, los ingenios proporcionan mano de obra remunerada en el proceso de corte, sin

embargo las estadísticas mencionadas no captan este volumen. No obstante el proceso de mecanización del corte hará descender los volúmenes de contratación generando en el largo plazo una disminución en la oferta de trabajo¹⁷.

El desarrollo de las tenerías ha tenido significativos incrementos en el personal, su producción para el año 1995, alcanzaba en promedio unas 19,000 pieles al mes. Pero actualmente las proyecciones son muy distintas debido al incremento considerable en su producción y el desarrollo de este sector en el país.

El Valle del Cauca ocupa actualmente el tercer lugar en cuanto a producción de pieles por mes, por debajo de departamentos como Cundinamarca y Antioquia. Y también el Valle del Cauca ocupa el tercer puesto en cobertura a nivel nacional por debajo de Cundinamarca y el departamento de Nariño.

Hoy en día el Valle del Cauca cuenta con 22 curtiembres de las cuales el municipio de El Cerrito cuenta con 20 curtiembres que se encuentran ubicadas al borde o laderas del río Cerrito, en la vía que conduce al municipio de Rozo. Estas tenerías constituyen en gran cantidad la economía del municipio donde 2 ó 3 son empresas grandes que producen en promedio 10.000 pieles al mes, con un número aproximado de 200 a 220 empleados cada una, y las empresas restantes son medianas y pequeñas empresas, las cuales abarcan una producción de 1.000 pieles al mes cada una, teniendo una cantidad de 15 a 25 empleados en sus instalaciones. Aproximadamente el sector produce 43.000 pieles al mes y genera 1015 empleos directos.

6.1.2 Acueducto. Esta Planta funciona desde el año de 1978 y es abastecida por el río Cerrito, sin embargo a este se le inyecta agua del río Amaime para poder cubrir la demanda total de agua requerida para abastecer al municipio de El Cerrito.

“Acuavalle es la entidad que maneja en la Cabecera Municipal los servicios de Acueducto y alcantarillado y en el corregimiento de Santa Helena el servicio de Acueducto, realiza funciones de mantenimiento e inversión en obras según la concertación con el Municipio estableciendo un plan trienal de inversiones”¹⁸.

¹⁷CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES CNPMLTA. Proyecto Gestión Ambiental en la industria de curtiembre en Colombia, 2004. p. 17.

¹⁸ALCALDÍA DE EL CERRITO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cerrito: sistema físico - espacial. Valle del Cauca, 2000. p. 29.

La fuente de abastecimiento para la cabecera municipal es el río Cerrito con un aforo de 200 l/s.

El sistema utilizado para el abastecimiento del recurso hídrico se compone de:

- 2 Bocatomas laterales con rejillas, cuya función es inyectar el agua a la Planta de Potabilización. A su vez retiene sólidos de gran tamaño.
- Desarenadores.
- Planta de tratamiento convencional.
- Unidades de almacenamiento (3 tanques).
- Red de distribución.

6.1.3 Sistema de Alcantarillado. “Todo el sistema de alcantarillado de la Cabecera Municipal se desarrolla de sur a nororiente. Existen 4 entregas al río Cerrito y 1 al río Zabaletas”¹⁹.

El sistema de alcantarillado recoge las aguas residuales y aguas lluvias de la zona céntrica, el sector del ferrocarril y los nuevos barrios aledaños al río.

- **Entrega 1:** Aliviadero del alcantarillado, colector final en Ø30” ubicado carrera 19A con calle 8, recoge la zona sur oriental.

- **Entrega 2:** Un colector llega al río en Ø24” ubicado en la calle 6 con Carrera 16, alivia el sistema de la zona oriental. Es insuficiente.

- **Entrega 3:** Aliviadero de la entrega 2, colector final en Ø10” ubicado en la Calle 6 con Carrera. 15, presenta obstrucción y represamiento.

- **Entrega 4:** Al occidente un colector de Ø20 recoge las aguas de la zona baja del ferrocarril y las dispone al Río Zabaletas.

- **Entrega 5:** Entrega de la Urbanización Coincer directamente al río, en la Carrera 14 en un colector de Ø20”.

¹⁹ALCALDÍA DE EL CERRITO, Sistema físico – espacial, Op. cit., p. 30.

6.1.4 Hidrología

6.1.4.1 El río Cerrito

El río Cerrito es considerado el río tutelar del municipio, sus aguas abastecen el acueducto del perímetro urbano del municipio, aproximadamente 39.000 habitantes. Tiene una longitud de 42 Km hasta su desembocadura al Río Cauca. Las quebradas que hacen sus aportes al Río Cerrito según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de El Cerrito²⁰, son:

- **Quebrada La Negra:** Márgen derecha aguas abajo nace en la finca San Antonio a una altura de 2.200 metros sobre nivel del mar. Tiene un recorrido de 2 Km. Y presenta buena cobertura boscosa. Esta quebrada abastece de agua a 47 familias del Corregimiento del Pomo 20l/s.
- **Quebrada La Ventura:** Nace en la finca La Ventura a una altura de 2.100 m.s.n.m. Hace un recorrido de 2 Km., presenta buena cobertura en bosque. 5lts/seg.
- **Quebrada Mata De Guadua.** Nace en la finca San Antonio a una altura de 1.600 m.s.n.m. Tiene una pendiente muy inclinada en su recorrido. Aporte promedio de 4l/s.
- **Quebrada Juan Sarco.** Nace en la finca Los Potrillos a una altura de 2.500 m.s.n.m. Cobertura boscosa regular. La parte alta de esta quebrada está desprotegida, presenta una longitud aproximada 750 metros y un caudal de 4l/s.
- **Quebrada Los Potrillos.** Nace en la finca Los Potrillos a una altura de 2.300 m.s.n.m, tiene un recorrido de 4 Km y un caudal de 2l/s. Regular cobertura boscosa. Esta finca está destinada a las explotaciones ganaderas y presenta sobrepastoreo.
- **Quebrada La Rumorosa.** Nace a una altura de 1.900 m.s.n.m. Regular cobertura boscosa. 2l/s. Tiene un recorrido de 850 metros aproximadamente.

²⁰ ALCALDÍA DE EL CERRITO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cerrito: subsistema biofísico. Valle del Cauca, 2000. p. 6.

- **Quebrada El Cidral.** Propiedad del Sr. Alberto Silva. Hace un aporte de 2l/s. Presenta una buena cobertura boscosa. Recorrido de 700 a 800 metros. Uso inadecuado del suelo por ganadería.

- **Quebrada La Cabaña.** Nace a una altura de 1.900 m.s.n.m. tiene un recorrido de 300 a 400 metros. Regular cobertura boscosa, tiene un caudal de 4l/s. Esta quebrada aporta sus aguas para el abastecimiento del acueducto de 44 familias beneficiarias de la parcela mirador del Paraíso.

- **Quebrada Naranjales.** Nace en la hacienda la Esperanza a una altura de 2.300 m.s.n.m. Su recorrido es de 3 Km. Posee poca cobertura boscosa por tener un recorrido por terrenos muy pendientes 23l/s. Utilizada para ganadería.

- **Quebrada Guayaro.** Nace en la finca Bello Horizonte a una altura de 2.300 m.s.n.m., presenta una cobertura regular y presenta un caudal de 27l/s.

- **Quebrada Las Vegas.** Nace a una altura de 3.600 m.s.n.m tiene un recorrido de 10 km hasta depositar sus aguas al Río Coronado. Presenta una cobertura boscosa regular y tiene un caudal de 15l/s.

- **Quebrada La Sangrienta.** Nace en la finca número siete ubicada en el Corregimiento el Pomo a una altura de 1.800 m.s.n.m. Tiene un recorrido de 7 Km. Presenta grandes problemas de erosión causado por el vertimiento de aguas lluvias que provienen de la carretera. Sus aguas son utilizadas para el consumo humano, abastece el acueducto de la vereda El Rosario. Sus aguas se depositan en el río Amaime. Mala cobertura boscosa 15l/s.

- **Quebrada La Italia.** Nace a una altura de 3.200 m.s.n.m. Tiene un recorrido de 2 Km. Presenta buena cobertura boscosa 7l/s.

- **Quebrada Fuente De Peña.** Nace frente a la finca la Peña a una altura de 3.200 m.s.n.m. Presenta buena cobertura y un recorrido de 3.5 Km. Apta para ganadería 7l/s.

- **Quebrada Corazón.** Nace en el Cerro de Cresta de Gallo a una altura de 3.200 m.s.n.m. con regular cobertura boscosa y un recorrido de 7 Km. Tiene gran

importancia para la comunidad del corregimiento de Santa Luisa, debido a que sus aguas son empleadas para la producción agropecuaria. 40l/s.

6.1.4.2 Tramo urbano del río Cerrito. Los riesgos naturales en el casco urbano del municipio se generan alrededor del río Cerrito. Desde el barrio Cincuentenario, y en una longitud de 1,5 Km se presenta un grave deterioro sobre el río; Inicialmente por las explotaciones inadecuadas de materiales de arrastre. Los materiales se extraen del lecho y también se explotan las orillas lo cual genera mayor inestabilidad al cauce.

Estas acciones junto con el carácter meándrico del río en este tramo, han originado la desestabilización del río Cerrito en esta parte, reflejada por fuertes procesos de socavación lateral que no solo afectan a las orillas del río, sino a las obras de infraestructura, en especial al estribo izquierdo del puente sobre la vía a Buga, el cual ya ha sido reparando.

El desequilibrio de esta parte del río no solo se debe a las explotaciones del lecho, también ha contribuido la desviación y relleno del cauce natural del río en esta parte, por lo cual el cauce actualmente existente es joven y busca su equilibrio.

En esta parte ya se han presentado inundaciones sin daños, pues la zona corresponde a un parque ecológico en proyecto de desarrollarse, lo cual indica que bajo estas condiciones es el único uso aceptable.

Aguas abajo del puente sobre la vía a Buga se observa la invasión de las márgenes del río Cerrito por numerosas viviendas que se encuentran a lado y lado, frecuentemente afectadas por inundaciones²¹.

Algunas de las obras viales como el puente peatonal en el barrio El Prado ubicado en la cra 3 bis Calle 4 representan un riesgo debido a que el puente tiene galibo insuficiente, obstaculizando el paso de las crecientes y convirtiéndose en fuente de empalizadas. En ambos casos las inundaciones tienen mayores efectos sobre las viviendas por esta causa.

²¹ ALCALDÍA DE EL CERRITO, Subsistema biofísico, Op. cit., p. 54.

El Río Cerrito se ha convertido en el principal receptor de desechos sólidos como escombros, basuras y desechos de las curtiembres; así mismo en el alcantarillado municipal y el sitio de vertimiento de residuos industriales líquidos.

El caso de mayor impacto es la disposición de los desechos sólidos de las curtiembres en el río, en algunos casos se han realizado verdaderos muros de contención con desechos de las curtiembres, que aunque bien intencionados contribuyen a las inundaciones. Todas estas actividades disminuyen la capacidad del cauce o aumentan el caudal, facilitando las inundaciones y los efectos negativos que generan para la salud de los pobladores.

La invasión del cauce del río Cerrito no solo la han generado las viviendas; sino varias de las industrias ubicadas al lado del río que también han invadido con muros y cerramientos el cauce, restringiendo su capacidad e incrementando los efectos por inundación sobre las viviendas de la margen opuesta.

En general la margen más afectada por las inundaciones es la derecha, la izquierda presenta mayor número de áreas libres, sin embargo en esta zona es donde se plantean algunas de las zonas de expansión del municipio.

Un caso especial de inundación se presenta en el barrio Santa Bárbara, donde un área amplia se ve inundada a pesar de su retiro del río. Esto ocurre por el alcantarillado, éste descarga en el río Cerrito sobre la cra 20, cuando ocurren las inundaciones las aguas negras se regresan por la tubería inundando desde las casas hacia las calles. Las inundaciones por esta causa han alcanzado niveles de hasta 1,5 m, y además perjudican la salud de quienes habitan el sector.

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

6.2.1 Primer semestre año 2005. Para la realización del trabajo, las visitas de campo, los ensayos, la toma de muestras, las pruebas de laboratorio, etc, se llevó a cabo un cronograma de actividades, el cual constó primero de 4 visitas al municipio de El Cerrito en el primer semestre del año 2005. En la primera visita se dedicó exclusivamente el tiempo a hacer el reconocimiento del área desde el municipio de El Cerrito, hasta el corregimiento de Santa Elena, cercanías del Florido en donde funciona la Planta de Tratamiento de Agua Potable que abastece al municipio de El Cerrito en la parte urbana. Además se llevó a cabo la identificación de la zona industrial del municipio donde funcionan las curtiembres,

en esta instancia también se definieron las zonas del río Cerrito en las cuales en las próximas visitas se iba a realizar los respectivos muestreos.

A partir de la segunda visita hasta la cuarta visita se realizó la toma de muestras y se investigó en las diferentes instituciones como la Alcaldía, puestos de salud, Curtiembres Ríos, etc, información necesaria de aspectos socioeconómicos, causas de morbilidad, información en general del municipio e información sobre el manejo y el desarrollo de la industria del curtido. Esta recolección de información sustenta y apoya la realización de nuestro trabajo.

Para tener un registro más claro del estado actual del río y de la incidencia actual de las curtiembres en este, se realizaron entrevistas a las personas de la comunidad y se tomó una serie de fotografías para dejar un archivo fotográfico exacto de las visitas, incluso del trabajo en el laboratorio. A continuación se muestra la tabla 5 de programación de visitas y las actividades realizadas.

Tabla 5. Programación de visitas y actividades realizadas.

VISITA	FECHA	ACTIVIDAD
1	30 de Enero	Reconocimiento de la zona y entrevistas.
2	24 de Abril	Toma de muestras, entrevistas y recolección de información.
3	28 de Abril	Toma de muestras, entrevistas y recolección de información.
4	5 de Mayo	Toma de muestras.

6.2.1.1 Zonas de muestreo. Para esta investigación fueron elegidas 4 zonas de muestreo a lo largo del río Cerrito, desde el corregimiento de Santa Elena, hasta el municipio de El Cerrito (Entrada del municipio, salida del municipio y la vía a Rozo) (Anexo 10).

“**Santa Elena**”, la primera zona de muestreo fue en el municipio de Santa Elena donde predomina el monocultivo de la caña y aún hay parches de bosque seco tropical que aún se encuentran conservados. En esta zona el agua es dispuesta para su tratamiento en la Planta de Tratamiento de agua Potable de Acuavalle. En este punto de muestreo se encuentran 2 bocatomas que hacen parte de las fases de tratamiento del agua en la Planta.

Foto 1. Santa Elena



Foto 2. Entrada Cerrito



“**Entrada Cerrito**”, la segunda zona de muestreo se encuentra en la entrada del municipio de El Cerrito cerca a la entrada del municipio por la vía que conduce a Palmira. Este punto fue localizado debajo de un puente, donde hay predominio de relictos de guadua y viviendas a los 2 márgenes del río.

Foto 3. Salida Cerrito



“**Salida Cerrito**”, tercera zona de muestreo se estableció en la zona industrial donde se encuentran localizadas la mayoría de las curtiembres un puente ubicado al final de la última tenería contiguo a la estación eléctrica de EPSA, en la vía a rozo.

Foto 4. Vía a Rozo



“**Vía a Rozo**” el cuarto punto de muestreo fue ubicado aproximadamente 500 metros después del puente localizado hacia la vía que conduce al municipio de Rozo. En la segunda, tercera y cuarta zona no se cumple con la norma que estipula el área de protección de 30 metros que debe tener un río en sus márgenes. Por el contrario se encuentra urbanizado y con calles y carreteras a su lado.

6.2.1.2 Parámetros, métodos y frecuencia de los muestreos. Los muestreos fueron realizados en la 2,3 y 4 visita.

Para la segunda y tercera visita los parámetros a medir en el laboratorio fueron: pH, temperatura, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, turbiedad, cromo ⁺⁶, Na₂CrO₄ y CrO₄⁻².

Para la cuarta visita los parámetros a medir fueron: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO₅).

La toma de muestras se realizó con la debida precaución, se utilizó guantes para evitar cualquier contacto con el agua, una nevera térmica para la conservación de la muestras antes de ser llevadas al laboratorio, botas pantaneras y la ropa adecuada para las actividades. Los recipientes utilizados para la toma de muestras fueron envases de plástico transparentes de 650 ml y de 1 litro. Estos envases fueron previamente acondicionados, marcados con una numeración de 1 a 7 y el nombre de la zona de estudio.

El método utilizado para la toma de muestras en todas las zonas fue el de **mezcla compuesta**, el envase era purgado con agua del mismo río antes de realizar la muestra y luego se procedía a llenar la tercera parte en una orilla, luego la otra tercera parte en el centro del cauce y la otra tercera parte se tomaba en la otra orilla del río, en tres puntos a lo ancho del río.

Para la segunda visita, es decir, la primera toma de muestras se utilizaron 7 envases plásticos, 6 fueron de 650 ml y uno de un litro respectivamente. Para la primera zona de muestreo se tomaron 2 muestras cada una de 650 ml. Para la segunda se tomó también 2 muestras de 650 ml, para la tercera zona también se tomó 2 muestras de la misma cantidad, y para la cuarta zona se tomó una sola muestra, pero esta vez de 1 litro.

Para la tercera visita no se realizó muestreo en la primera zona en Santa Elena debido a la difícil accesibilidad y demás factores que no facilitaban la realización. Entonces, se tomó en la segunda zona en la entrada Cerrito 2 muestras de 650 ml cada una, en la tercera zona en la salida Cerrito se tomó 3 muestras, las 3 de 650 ml respectivamente, pero 2 fueron del río y la restante fue tomada a un tubo de una curtiembre que vertía directamente el agua residual al río Cerrito sin ningún tipo de tratamiento, esta muestra fue tomada bajo el interés de conocer cual era la

carga contaminante real que una curtiembre podría verter al cauce. Para la cuarta zona en la Vía a Rozo se tomaron las mismas 2 muestras de 650 ml cada una.

Para la cuarta visita, se tenía como propósito solo tomar 4 muestras, debido a que en el laboratorio solo se medirían los parámetros de DQO, DBO₅ y coliformes fecales. En la segunda zona se tomó una muestra de 650 ml, en la tercera zona se tomo 2 muestras de la misma cantidad, una al río y la otra al tubo mencionado anteriormente, y la restante de 650 ml en la cuarta zona.

Cabe anotar que la toma de muestras se realizó siempre en las horas de la mañana, debido a que sería una jornada amplia de trabajo por la distancia que existe entre las zonas de muestreo. En los días en que se realizó el trabajo predominaba el tiempo seco, solo en la segunda toma de muestras había llovido la noche anterior.

6.2.1.3 Equipos y materiales utilizados en el laboratorio

Tabla 6. Equipos utilizados en cada parámetro

PARÁMETRO	EQUIPO Y/O MATERIAL
pH	HACH EC 10 pH Meter
Conductividad	HACH CO 150 Conductivity Meter
Salinidad (‰)	HACH CO 150 Conductivity Meter
Sólidos disueltos (mg/l)	HACH CO 150 Conductivity Meter
Oxígeno disuelto	HACH DO 175 Dissolved Oxygen Meter
DQO	HACH BODTrak, no estandarizado, contamina menos el ambiente
DBO ₅	HACH BODTrak, no estandarizado, contamina menos el ambiente
% saturación	HACH DO 175 Dissolved Oxygen Meter
Turbiedad	HACH DR/2010 Portable Datalogging Spectrophotometer
Coliformes fecales	Manifoldo para 3 embudos de filtración por membrana
Cromo	HACH DR/2010 Portable Datalogging Spectrophotometer

Para la realización del análisis de laboratorio y la determinación de los parámetros de la calidad de agua se usaron equipos para medir: pH, Sólidos Disuelto Totales,

Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Demanda bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Cromo, Conductividad, Salinidad, % saturación y Coliformes fecales.

Los materiales utilizados para toma de muestras fueron: guantes, recipientes de plástico para muestrear y material de vidrio como: pipetas de diferente capacidad, probetas, celdas, vasos de precipitados (erlenmeyer), magneto, reactivos, entre otros.

Tabla 7. Equipos utilizados en la toma de muestras

TOMA DE MUESTRAS	EQUIPO Y/O MATERIAL
Toma de muestras en el río	Recipientes de plástico, cinta, marcadores, cuerda y nevera.
Protección	Guantes, botas.

El análisis de las muestras tomadas se realizó en el laboratorio de la Universidad Autónoma de Occidente (Anexo 11). Se presenta a continuación los parámetros y la frecuencia con que fueron medidos en el laboratorio.

Tabla 8. Mediciones realizadas y frecuencia de en el laboratorio.

Parámetro	Frecuencia
pH	2
Oxígeno disuelto	2
% saturación	2
Conductividad	2
Salinidad	2
Sólidos disueltos totales	2
Turbiedad	2
Coliformes fecales	1
Cromo ⁺⁶	2
Na ₂ CrO ₄	2
CrO ₄ ⁻²	2
DQO	1
DBO ₅	1

El primer análisis realizado en el laboratorio del agua recolectada se llevó a cabo el día 25 de abril y los parámetros a medir fueron: pH, Oxígeno disuelto, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, porcentaje de saturación y cromo.

Antes de iniciar los ensayos se verificó que los envases y los recipientes donde se iba a verter el agua, estuviesen debidamente marcados para evitar cualquier tipo de equivocación en la manipulación de las muestras.

Para la toma de pH se utilizó un pH-metro. Este instrumento mide el potencial generado (en milivolts) por un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad del ión H^+ , este potencial es comparado contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH. El electrodo de referencia que se utiliza es el de calomel saturado con cloruro de potasio, el cual sirve como puente salino que permite el paso de los milivolts generados hacia al circuito de medición.

Este instrumento, que es un aparato costoso, debe ser manejado tomando ciertas precauciones. Estas consisten en un correcto lavado utilizando agua destilada o desmineralizada y secado con papel suave que evite rayaduras en la delicada membrana de vidrio del sensor, y elimine la suciedad por grasa o material insoluble en el agua. De lo contrario la medición puede verse afectada, impidiendo hacer contacto con la muestra.

Después de obtener los valores de pH se prosiguió a determinar el oxígeno disuelto de las muestras, cabe anotar que es importante tener en cuenta que la prueba de oxígeno disuelto debe hacerse primero que los otros parámetros debido a que la muestra puede ser agitada para la medición de estos, oxigenándose el agua obteniendo un resultado diferente. El equipo utilizado para medir este parámetro fue HACH DO 175 Dissolved Oxygen Meter. Con este mismo equipo se midió el porcentaje de saturación.

Posteriormente con el aparato conductivity meter se midió la conductividad, la salinidad (para la medición de esta se necesita un medidor de conductividad) y los sólidos disueltos totales.

Para la medición de la turbiedad se utilizó el método HACH, y se utilizó 10 ml de muestra de cada una de las 7 muestras llevadas al laboratorio. Primero se hizo la medición del agua destilada y luego se procedió con las muestras.

Para el cromo se utilizó el mismo método. Primero se debía coger una celda de 10 ml con agua destilada y colocarla en el equipo durante 5 minutos para calibrarlo y ponerlo en cero, luego se adiciona a la muestra que se va a medir primero el reactivo indicado para la medición, el reactivo utilizado en esta ocasión fue piro sulfato de potasio, se pone a correr el equipo durante otros 5 minutos, esto con el fin de dejar que el reactivo reacciones con el agua para su posterior medición.

Si el agua se torna de un color rosado es el indicador claro de que sí existe presencia de cromo en la muestra. Luego se procede a realizar la medición con el equipo del cromo⁺⁶, Na_2CrO_4 y CrO_4^{-2} . Hay que tener en cuenta que se debe colocar una tapa a la muestra para no dejar pasar la luz, debido que esto impediría el desarrollo de la medición. Este mismo procedimiento se lleva a cabo para las otras muestras.

El segundo análisis de laboratorio se realizó el día 28 de abril en el cual se trató el mismo procedimiento para la medición de los parámetros ya nombrados. La única diferencia es que como se había tomado una muestra en el tubo donde vertía las aguas residuales de una curtiembre, se tuvo que manejar otro mecanismo para la medición de la turbiedad y del cromo. Este mecanismo fue adoptado al ver que el agua residual tenía un color muy oscuro y en las primeras mediciones con los equipos correspondientes, los resultados arrojados en ese momento argumentaban un error y el equipo no podía hacer la lectura. Para solucionar este impase se decidió hacer una dilución, en la que se diluye 20 veces la muestra, tomando solo 0,5 ml de esta, se procede a la medición, y el resultado arrojado por el equipo se multiplica por 20 y este sería el resultado real que en algún momento el equipo no pudo medir (Anexo 12).

El tercer análisis se realizó el 5 de mayo, este solo se orientó a la medición de la DBO_5 , DQO y los coliformes fecales.

Lo primero que se midió fue los coliformes fecales. Se hizo en el manifoldo para 3 embudos de filtración por membrana, en el cual se debe colocar un papel filtro con una cuadrícula y de $0,45 \mu\text{m}$ de espesor en la parte inferior de cada embudo. Cada muestra corresponde a un embudo, donde el agua es dispuesta y por efecto de filtración, traspasa la membrana, y por un tubo va a una bomba donde se almacena momentáneamente quedando los coliformes fecales dispuestos en el papel filtro.

Se saca el papel filtro del embudo y se coloca en la caja de petri con el nutriente para poder alimentar a las bacterias, para luego incubar la caja en la estufa ó

incubadora. Se debe poner con la base grande hacia arriba durante 24 horas. Después de las 24 horas se procede a hacer la lectura de los coliformes fecales, donde los puntos rojos son coliformes no fecales y los azules son coliformes fecales.

Se midió la DBO_5 para las 4 muestras, se tomaron los mg/l de muestra, dependiendo del rango esperado para la DBO_5 , donde para la primera, segunda y tercera muestra el rango esperado para la DBO_5 fue de 0 a 70 mg de O_2/l , se tomó de muestra 355 ml respectivamente y para la cuarta muestra se tomó 160 ml, ya que el rango esperado era de 0 a 350 mg de O_2/l por lo que esta muestra provenía del tubo de la curtiembre.

El agua residual de cada zona de muestreo se introdujo en botellas oscuras de 473 ml para no permitir la entrada ni la salida de luz, posteriormente se colocó un magneto con el fin de que se mantuviera agitado el líquido de las botellas. Seguido esto se adicionó un paquete de nutrientes. Es importante colocar un tapón en cada botella y se engrasa para un sellado mejor y adherencia a esta.

Las bacterias oxidan la materia orgánica y la convierten en gas carbónico. El CO_2 pasa de un lado a otro encontrándose con el compuesto químico hidróxido de litio donde se presenta una reacción formándose carbonato de litio.

Para la prueba del DQO se utilizó 2 ml del reactivo dicromato de potasio de 0-1500 ppm en 2 ml de muestra para la muestra 1, 2 y 3, para la 4 se utilizó 9,5 ml de agua destilada y 0,5 ml de muestra. Luego se introduce en el reactor por dos horas a $150^\circ C$. Se deja enfriar la muestra y se mide en el espectrofotómetro que según la longitud de onda que de es el valor de la DQO en ppm o mg/L (Ver Anexos 13 y 14).

6.2.2 Segundo semestre del año 2005. La metodología se realizó en diferentes pasos; el primero fue la recolección de información bibliográfica, Internet, asesoría de profesionales etc. Esto se realizó en el mes de agosto para tener el material necesario para el siguiente paso que fue la toma de muestras de agua tanto para los parámetros fisicoquímicos como para la recolección de los macroinvertebrados, estas se realizaron a partir del mes de septiembre con el equipo necesario para su realización, se hizo 2 visitas (Ver Anexos 15 y 16). En este mismo mes se realizó la caracterización e identificación de los macroinvertebrados y de los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de la Universidad Autónoma de Occidente; el tercer paso y último se llevó a cabo en los meses de octubre y diciembre en donde se obtuvieron los resultados.

Es importante aclarar que la identificación de macroinvertebrados tiene como fin el conocer si en el río Cerrito, a pesar de su contaminación, se evidencia en sus aguas vida acuática y si son bioindicadores de contaminación.

Tabla 9. Programación de visitas y de actividades realizadas

Mes (2005) Actividad	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Recolección bibliográfica				
Toma de muestras				
Identificación de spp y de los parámetros fisicoquímicos. Laboratorio				
Análisis y discusión de resultados				

6.2.2.1 Metodología para la recolección de macroinvertebrados del río Cerrito. La toma de muestras se realizó en la primera y segunda zona descrita anteriormente, en cada zona de muestreo se realizó tres recolecciones. La metodología usada para la recolección de macroinvertebrados es la propuesta en el libro Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia por Gabriel Roldan Pérez²²:

²² ROLDAN PÉREZ Gabriel. Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Medellín, p. 3.

- Aguas corrientes poco profundas

Se utilizó una red de mano debido a que es el artefacto más sencillo y eficiente para obtener una abundante y variada fauna béntica. Una persona la toma por sus dos mangos fijándole el sustrato en contra de la corriente y otra persona remueve el fondo con sus pies aguas arriba; las larvas presentes son arrastradas por la corriente y atrapadas en la red. Este es un método” cualitativo”. Como también se tuvo en cuenta muestras cuantitativas para esto se usará la red Surber de 900cm².

Estos procedimientos para captura de estas especies se realizaron tres veces en cada uno de los puntos de muestreo los cuales fueron; La entrada Cerrito y la salida Cerrito.

Para una posterior comparación de resultados de la calidad del agua del río Cerrito se tomaron muestras para realizarles un análisis físico-químico en los mismos puntos mencionados anteriormente; la comparación se realizó con los datos obtenidos el primer semestre del presente año.

Para la caracterización de los macroinvertebrados bentónicos se realizó el siguiente procedimiento de acuerdo al libro editado por Ranulfo González y Nancy Carrejo²³.

Se tomó uno de los viales que contiene material biológico. Se depositó sobre una caja de petri que contenía alcohol. Se llevó al estereoscopio y con ayuda de unas pinzas y agujas de disección se ubicó en la posición que se necesita.

Se reconoció las partes generales del cuerpo del individuo y posteriormente se identificó cada uno de ellos. Se realizó un esquema para cada uno respectivamente. Una vez terminado este procedimiento, serán regresados los organismos a su vial respectivo.

Para la toma de muestras de los parámetros fisicoquímicos se tuvo en cuenta la metodología del Manual de laboratorio, agua potable y agua residual elaborado

²³ GONZÁLEZ Ranulfo y CARREJO Nancy. Guías de Laboratorio, Curso Laboratorio Zoología de Artrópodos, 2003. p. 1.

por el profesor Alejandro Soto. Se realizó mediciones de pH, temperatura, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, turbiedad, cromo ⁺⁶, Na₂CrO₄ y CrO₄⁻².

6.2.3 Zonas De Muestreo. Estas son las siguientes zonas de muestreo:

Zona 1 (Entrada Cerrito): La primera zona de muestreo es a la entrada del municipio de El cerrito.

Zona 2 (Salida Cerrito): La segunda zona de muestreo se estableció en la zona industrial del municipio donde se encuentran localizadas la mayoría de las tenerías, el punto de muestreo exacto fue el puente ubicado al final de la última tenería contiguo a la estación eléctrica de EPSA, en la vía que conduce a Rozo.

Tabla 10. Mediciones realizadas y frecuencia de en el laboratorio.

Parámetro	Frecuencia por zona
pH	3
Oxígeno disuelto	3
% saturación	3
Conductividad	3
Salinidad	3
Sólidos disueltos totales	3
Turbiedad	3
Coliformes fecales	3
Cromo ⁺⁶	3
DQO	3
DBO ₅	3

6.2.4 Equipos y materiales que se utilizaron en el laboratorio. El análisis de las muestras tomadas se realizó en el laboratorio de la Universidad Autónoma de Occidente (Anexo 11) y los equipos utilizados fueron:

Tabla 11. Equipos utilizados en cada parámetro

PARÁMETRO	EQUIPO Y/O MATERIAL
pH	HACH EC 10 pH Meter
Conductividad	HACH CO 150 Conductivity Meter
Salinidad (%0)	HACH CO 150 Conductivity Meter
Sólidos disueltos (mg/l)	HACH CO 150 Conductivity Meter
Oxígeno disuelto	HACH DO 175 Dissolved Oxygen Meter
DQO	HACH BODTrak, no estandarizado, contamina menos el ambiente
DBO ₅	HACH BODTrak, no estandarizado, contamina menos el ambiente
% saturación	HACH DO 175 Dissolved Oxygen Meter
Turbiedad	HACH DR/2010 Portable Datalogging Spectrophotometer
Coliformes fecales	Manifoldo para 3 embudos de filtración por membrana
Cromo	HACH DR/2010 Portable Datalogging Spectrophotometer

La toma de muestras se realizó con la debida precaución, se utilizó para evitar cualquier contacto con el agua, una nevera térmica para la conservación de las muestras antes de llevarlas al laboratorio, botas pantaneras y la ropa adecuada para las actividades. Los recipientes ha utilizar para la toma de muestras fueron envases de plástico transparentes de 650 ml y de 1 litro. Estos envases fueron previamente acondicionados y marcados con una numeración y la zona de estudio para mantener ordenadas las muestras y no confundirse con la manipulación de estas (Anexos 17 y 18).

Tabla 12. Equipos utilizados.

TOMA DE MUESTRAS	EQUIPO Y/O MATERIAL
Toma de muestras en el río	Recipientes de plástico, cinta, marcadores, cuerda, nevera
Protección	Guantes, botas.
Macroinvertebrados	Red de mano, alcohol.

Para el año 2006 se realizó otro plan de muestreo en 2 de las mismas zonas de muestreo nombradas anteriormente, eligiendo la entrada de El Cerrito como la zona 1 y la salida de El Cerrito como la zona 2. La toma de muestras se realizó

teniendo los mismos cuidados y la misma metodología de mezcla compuesta aplicada anteriormente (Anexo 19).

Los parámetros a medir fueron los mismos de las anteriores campañas de muestreo con el objetivo de poder realizar una comparación y analizar el comportamiento de estos parámetros durante estos dos años.

Para una mayor cobertura de los datos recolectados por los autores se consultó información suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC- (Anexos 20 y 21). Ellos tienen destinadas 5 estaciones de monitoreo de la calidad del agua en río Cerrito, en donde semestralmente realizan recolección de muestras para hacer análisis fisicoquímico de estas y así poder monitorear la calidad del agua del río.

De las 5 estaciones de monitoreo establecidas por CVC se eligieron 3, las cuales por su ubicación en el río aportaban al análisis y a los objetivos propuestos en este documento (Anexos 22 y 23).

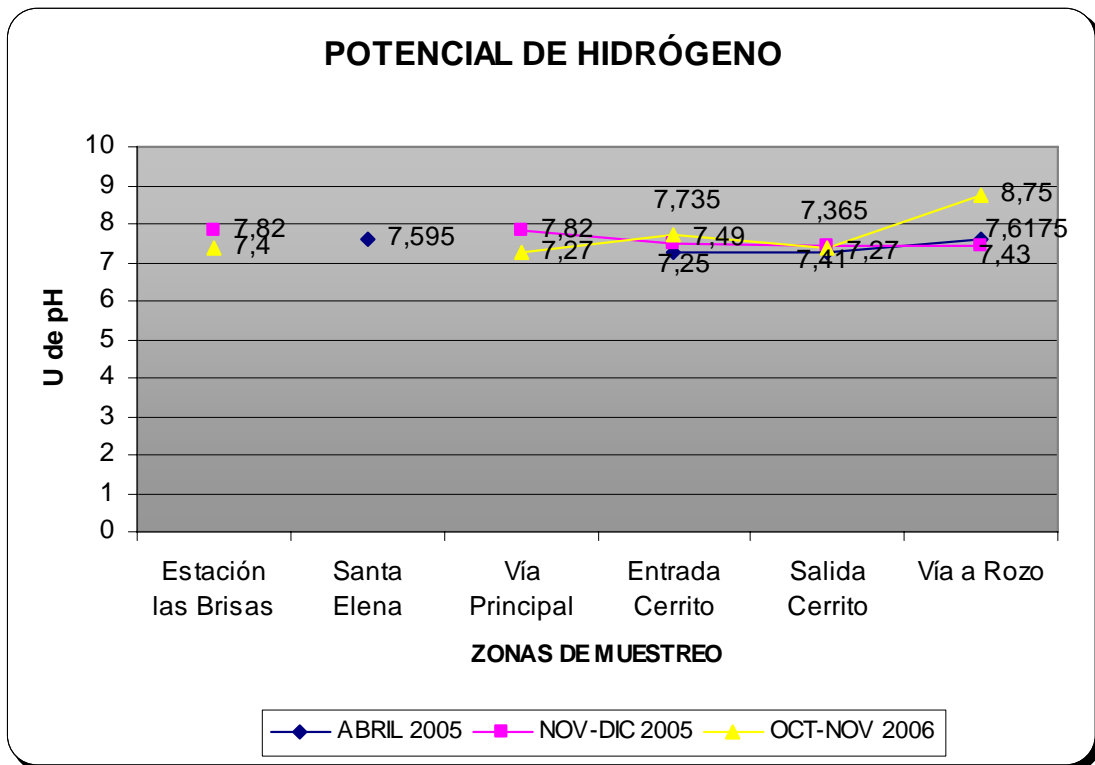
Los resultados y datos expuestos a continuación corresponden a las zonas de muestreo establecidas por los autores y a los puntos de monitoreo de CVC a lo largo del río Cerrito²⁴. Esta información fué suministrada por la Ingeniera Química, M.Sc LUISA MARINA BAENA A. del laboratorio Ambiental C.V.C (Anexo 24 y 25).

²⁴ ENTREVISTA con Luisa Marina Baena A., Ingeniera química del laboratorio ambiental de la corporación autónoma regional (CVC). Santiago de Cali, 16 de noviembre de 2006.

7. RESULTADOS

7.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO

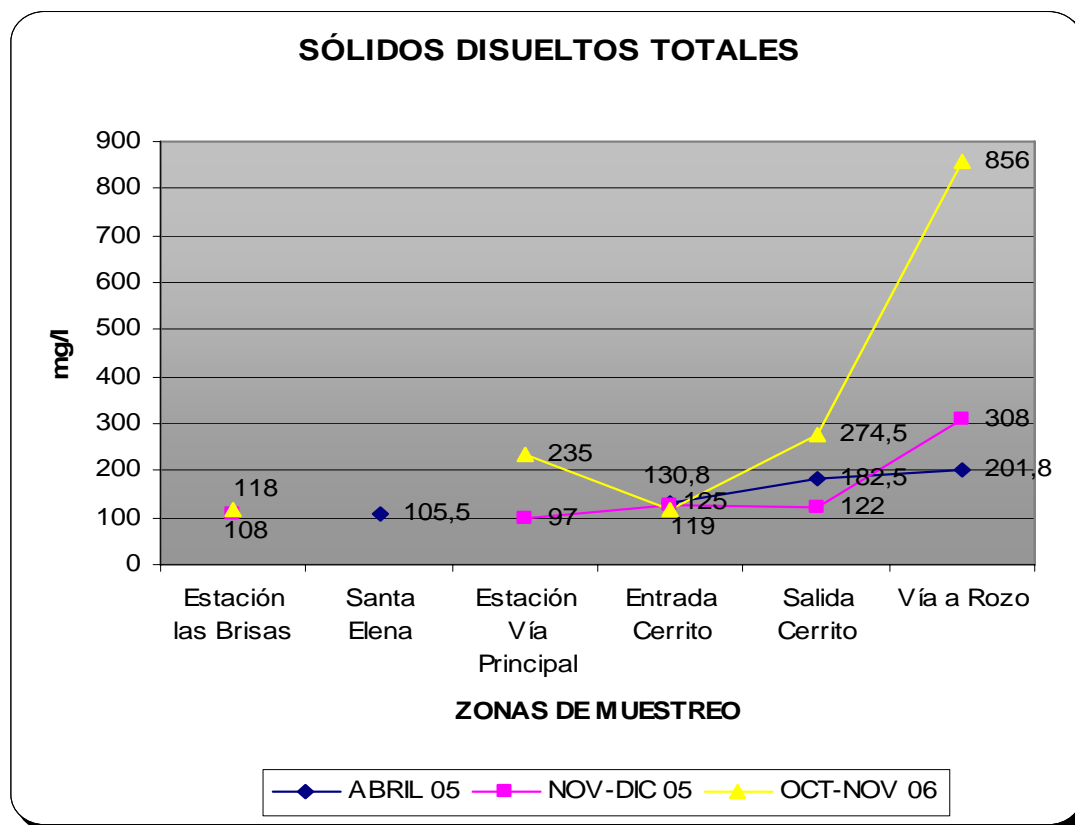
Figura 3. Potencial de hidrógeno en cada zona de muestreo.



De acuerdo con la gráfica se pudo determinar que los valores de pH no presentaron una variación significativa entre zonas de muestreo, ni a lo largo de los 3 momentos de muestreo. El punto más alto de pH se obtuvo por parte de la CVC con 8.75 en la vía a rozo en el mes de noviembre de 2006 y el dato más bajo correspondiente a la zona de entrada de Cerrito fue de 7.25 en el mes de abril del año 2005.

7.2 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Figura 4. Sólidos disueltos totales en cada zona de muestreo.

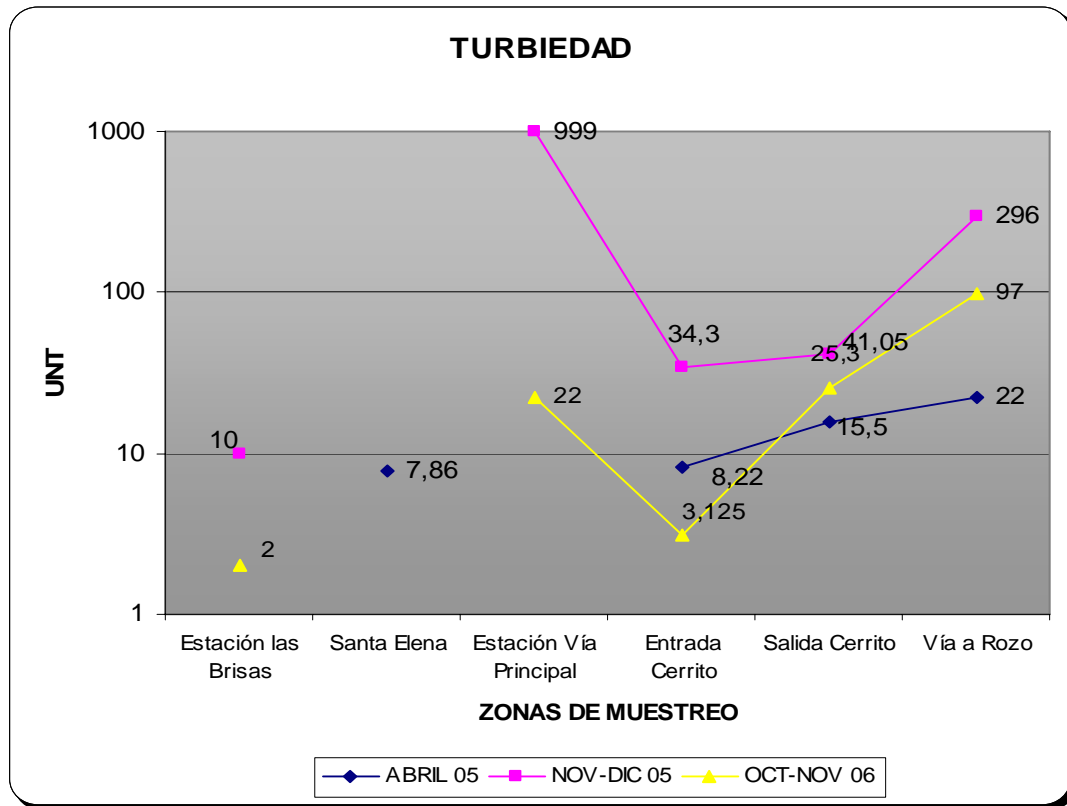


Los datos obtenidos de los sólidos disueltos totales muestran que en el último periodo del presente año octubre-noviembre, su valor llegó hasta 856 mg/l mientras que en el mes de abril los datos obtenidos dieron valores de 105.5 mg/l. hipotéticamente se puede decir que este aumento se debe a un posible aumento de la producción dado que en este periodo del año la demanda tiende a aumentar. Sin embargo no se conoce el por qué de este aumento en los SDT, ya que en esa misma época en el año 2005 fue de 308 mg/l, aparte de que en ambos años en el mismo periodo a la entrada de Cerrito los datos no representaron cambios significativos entre ambos.

Después de la salida de El Cerrito es donde se nota el incremento más significativo en los valores, definitivamente las altas cargas de materia orgánica y desechos cárnicos proveniente de las curtiembres pueden corroborar el aumento en los datos.

7.3 TURBIEDAD

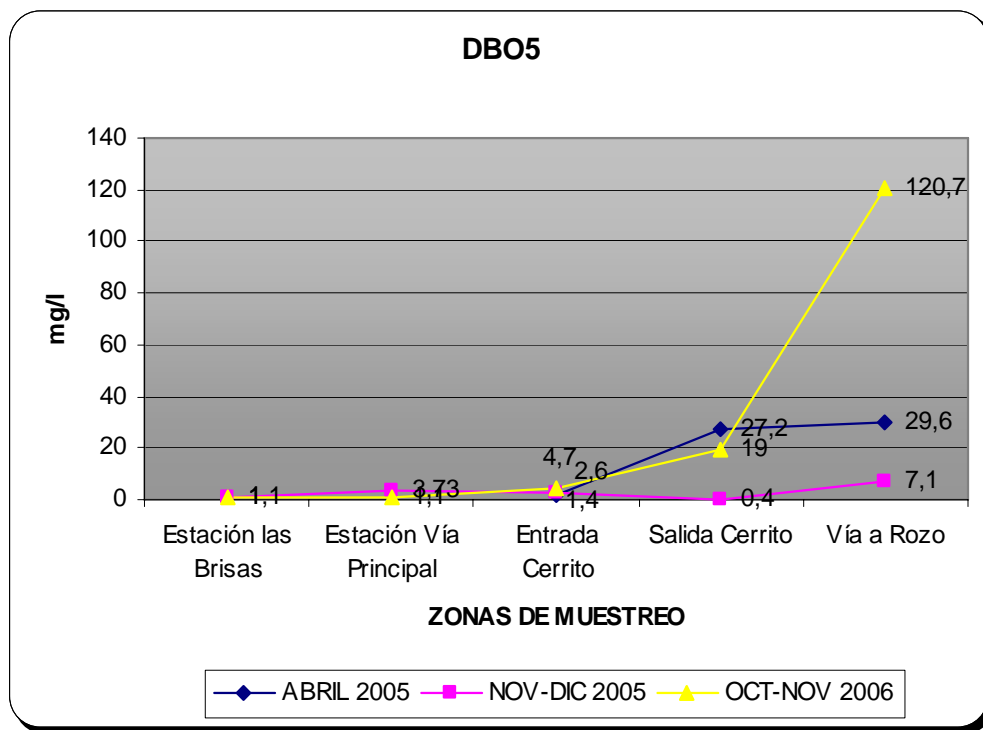
Figura 5. Valor de turbiedad en cada zona de muestreo.



De acuerdo a la gráfica se pudo determinar que en los tres periodos de muestreo hubo un aumento importante, siendo noviembre-diciembre de 2005 el más alto, pasando de 22 UNT en abril de 2005 a 296 UNT en la vía a rozo. Sin embargo en la estación vía principal se generó un aumento significativo y aún más en el mes de noviembre-diciembre de 2005 llegando a un resultado de 999 UNT, cabe a resaltar que no se conoce la razón por la cual se produjo este dato por lo que se puede pensar que en esa época haya ocurrido un evento extraordinario que produjera un aumento de la turbiedad de esta manera tan alto que el equipo no pudo hacer la lectura real del parámetro.

7.4 DEMANDA BIOQUÍMICA OXÍGENO A LOS 5 DÍAS

Figura 6. DBO₅ en cada zona de muestreo.

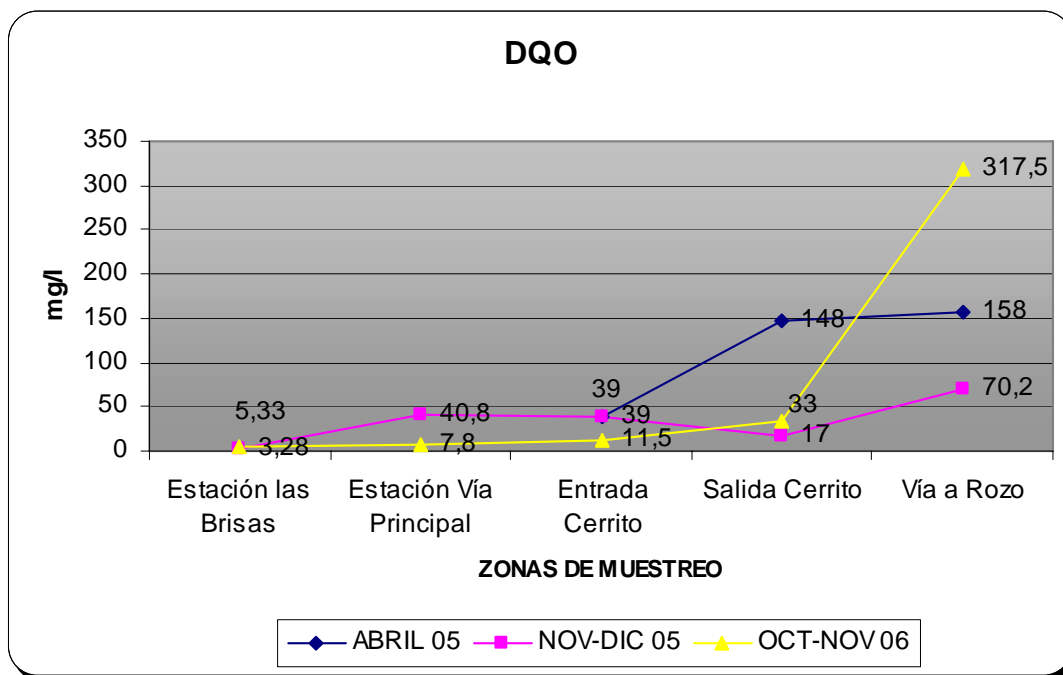


La Demanda Bioquímica de oxígeno obtenida tiene variaciones relativamente bajas en las primeras zonas desde la estación las Brisas hasta la entrada de Cerrito en los tres momentos de muestreo. En noviembre-diciembre de 2005 fue el periodo en el que el comportamiento de los datos a lo largo de las zonas de muestreos no generaron cambios significativos entre zona y zona. En cuanto al periodo de octubre-noviembre de 2006 en la Vía a Rozo se disparó la DBO de 29,6 mg/l en el 2005 a 120.7 mg/l, aumentando 4 veces. Este resultado se relaciona con la turbiedad y con los Sólidos Disueltos Totales, ya que en esta misma zona de muestreo los tres parámetros presentaron un aumento argumentando el porque del incremento en la DBO. La alta tasa de demanda de oxígeno por parte de los microorganismos para oxidar la materia orgánica rectifica estos valores.

El mayor aumento se evidencia precisamente después de la salida de Cerrito, entonces el impacto generado por las curtiembres y el municipio es significativamente alto.

7.5 DEMANDA QUÍMICA OXÍGENO

Figura 7. DQO en cada zona de muestreo.



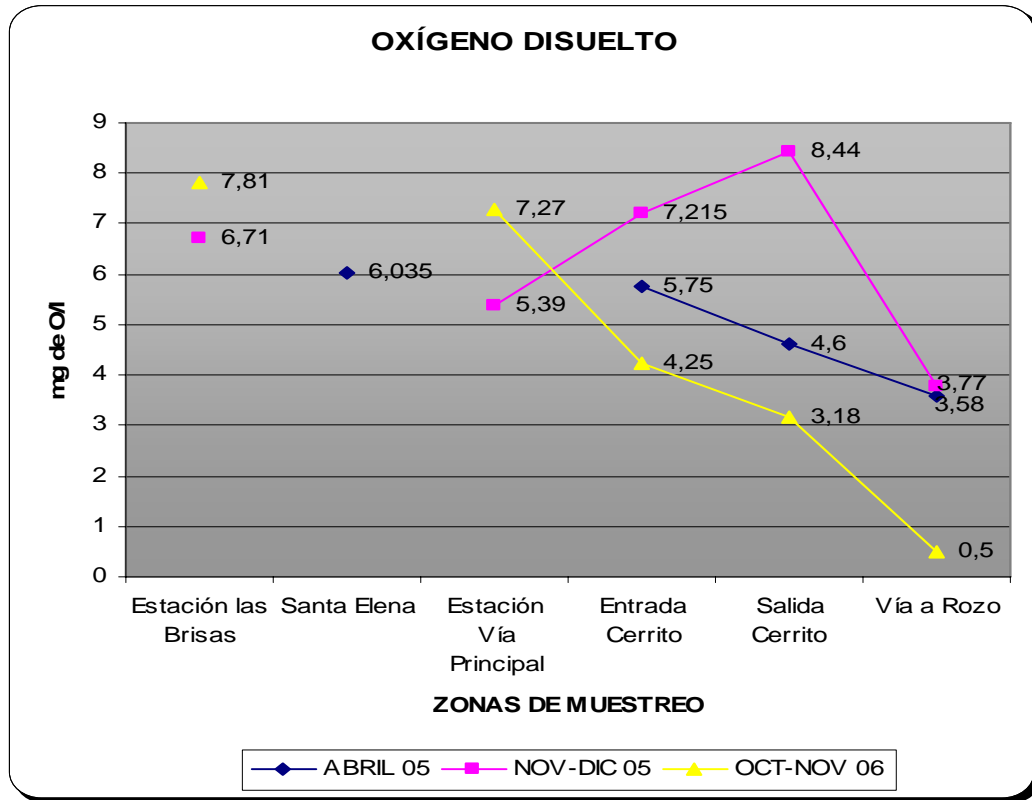
De acuerdo a la gráfica se determina que la dinámica de este parámetro va en aumento a lo largo de las diferentes zonas de muestreo. Mostrando notoriamente su aumento desde la primera zona de muestreo llamada estación las Brisas con 5.33 mg/l a 317.5 mg/l en la vía a Rozo, siendo esta la del valor más alto.

En el periodo de abril de 2005 en la estación las Brisas se obtuvo el valor más bajo de DQO con 3.28 mg/l. En esta estación hay poca influencia de seres humanos y el agua aún conserva una buena calidad.

Definidamente los incrementos de DQO durante los periodos de muestreo demuestran el impacto que genera el municipio de El Cerrito en la calidad del agua de este. Además en la salida de Cerrito, lugar donde están localizadas las curtiembres es en donde se ve el aumento drástico de este parámetro.

7.6 OXÍGENO DISUELTO

Figura 8. Oxígeno disuelto en cada zona de muestreo.



Los datos obtenidos de oxígeno disuelto revelan un déficit alto dado que el nivel de oxígeno más bajo que se evidenció en el agua fue de 0.5 mg de o/l en la Vía a Rozo después del impacto ocasionado por las curtiembres. Esta cantidad de oxígeno es demasiado baja para que la vida acuática se de. A su vez se refleja en las gráficas anteriores la alta demanda de oxígeno que los microorganismos han necesitado para degradar toda esta materia orgánica.

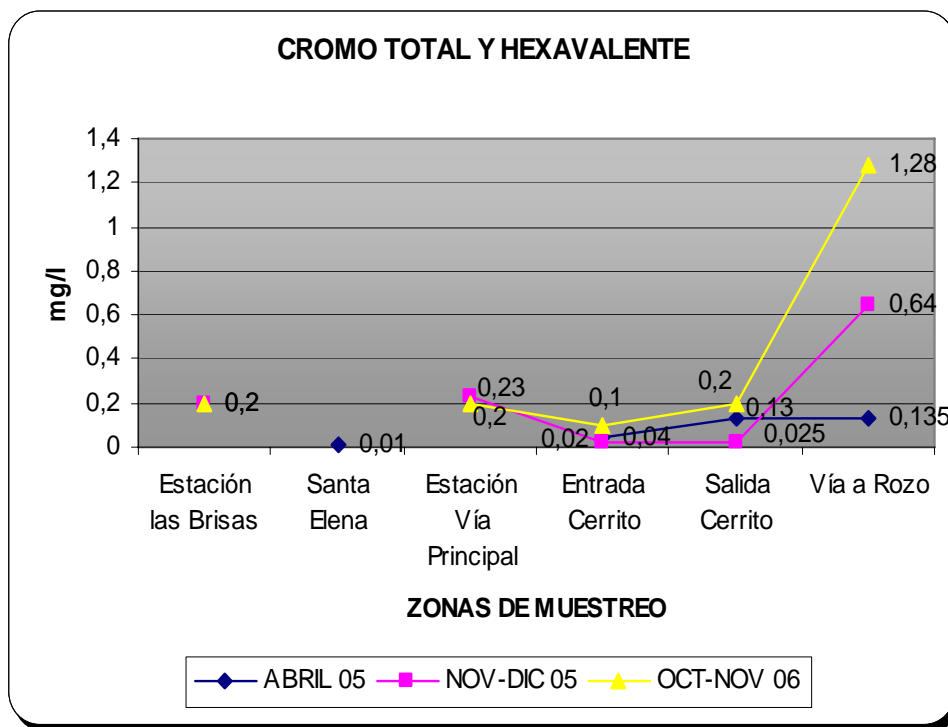
A lo largo del río desde la primera estación de muestreo se determina claramente como la calidad del agua a esa altura es muy buena puesto que las concentraciones de oxígeno disuelto permiten que se desarrolle adecuadamente la vida acuática. Continuamente el oxígeno disuelto va disminuyendo a medida que el río se ve afectado por actividades antrópicas como lo son los cultivos de caña y la influencia tan grande que ejerce el municipio de El Cerrito y las

curtiembres en la calidad del agua del río hasta hacerlo llegar a valores muy bajos en su disposición de oxígeno.

También es importante resaltar que el oxígeno disuelto actualmente respecto al año 2005 va decreciendo significativamente, lo que nos conlleva a considerar que el impacto que ocasiona las curtiembres y el municipio de El Cerrito es cada vez mayor.

7.7 CROMO TOTAL Y HEXAVALENTE

Figura 9. Cromo total y hexavalente en cada zona de muestreo.



El cromo total y hexavalente de acuerdo con la gráfica tuvo un aumento significativo de la salida de Cerrito a la Vía a Rozo en los meses de octubre-noviembre de 2006 de 0.2 mg/l a 1.28 mg/l, siendo para esta época los datos más altos registrados en las campañas de muestreo. Estos datos siendo actuales de 2006 nos indican que la industria de las curtiembres no está cumpliendo con la normatividad establecida para los vertimientos industriales en el caso del cromo, pues los valores están por encima de las concentraciones permitidas que podrían estar en el agua que es de 0,05 mg/l. Además se debe tener en cuenta que en un

río no tiene porque presentarse altas concentraciones de cromo dado que éste no es esencial para el desarrollo ni de la vida acuática ni de la vida humana.

Debido a estos datos nace la inquietud de que antes de la influencia de las curtiembres en el municipio de El Cerrito pudiese haber algún otro tipo de industria que este generando este tipo de residuos y que esté contribuyendo desde antes a la contaminación del río Cerrito por este metal pesado.

De las campañas de muestreo realizadas, la de octubre – noviembre de este año ha sido la más crítica puesto que demuestra lo valores más altos. Las curtiembres no están realizando ninguna actividad que minimice el impacto generado, por el contrario va en aumento.

Los altos contenidos de cromo en las aguas del río Cerrito dejan a la comunidad frente a un alto riesgo a su salud. Esta agua no puede ser utilizada para consumo humano, ni tampoco para el riego de cultivos. De entrar en contacto con esta sustancia peligrosa para la salud humana y su efecto bioacumulable puede generar problemas en distintos órganos y en la piel, además a futuro defectos genéticos representados en mutaciones.

Definitivamente la cantidad de residuos que puede producirse en el proceso de curtido de pieles depende muchas veces de los procesos utilizados, el tipo de cuero a tratar, los insumos usados y las medidas que se puedan implementar para prevenir o reducir la contaminación a los recursos, entre otros.

En general, los residuos de las curtiembres pueden causar problemas que representan efectos negativos sobre el medio ambiente y salud humana. La disposición de los residuos líquidos y sólidos sobre los cuerpos de agua, suelo y aire, así como también las emisiones gaseosas degradan la calidad de estos recursos ocasionando daños ambientales muchas veces irreversibles y aún más la probabilidad de que representan un gran riesgo para la salud humana de los habitantes.

Se pueden establecer algunos efectos que son ocasionados por los desechos producidos por las curtiembres, efectos en la calidad del agua, el suelo y el aire/atmósfera. A continuación tratamos algunos de estos casos en los cuales los recursos se ven afectados.

- **Efectos sobre los cuerpos de agua:** Las aguas residuales cuando son descargadas directamente a un cuerpo de agua ocasionan efectos negativos en la vida acuática y en los usos posteriores de estas aguas. Un cuerpo de agua contaminado disminuye el valor de su uso para consumo ó para fines agrícolas e industriales. Afecta la vida acuática, mueren los peces por disminución del oxígeno disuelto y el agua se convierte en no apta para el consumo. Fundamentalmente los componentes específicos que causan problemas en los cursos de agua son el cromo, sulfuro y la gran carga biológica ú orgánica.

Las altas concentraciones de sales y sulfatos afectan la calidad del agua y pueden causar mal sabor y olor. La materia suspendida (cal, pelo, carnaza, etc.) enturbia el agua superficial y se asienta eventualmente en el fondo generando condiciones desfavorables para el desarrollo de la vida acuática.

Las aguas grises afectarán la productividad del suelo y puede ocasionar la infertilidad de la tierra, por filtración afectación en la calidad del agua subterránea.

- **Efectos sobre el alcantarillado y las plantas de tratamiento de aguas residuales:** Los efluentes crudos de curtiembres, lanzados a una red de alcantarillado, provocan incrustaciones de carbonato de calcio y gran deposición de sólidos en las tuberías. La presencia de sulfuros y sulfatos también acelera el deterioro de materiales de concreto o cemento. Si la carga contaminante presenta sustancias tóxicas como el cromo, y es lanzada a una planta de tratamiento, puede interferir con el proceso biológico de la planta. En lugares donde no existen plantas de tratamiento, estos contaminantes afectan la calidad del cuerpo receptor causando su deterioro²⁵.

- **Efectos sobre el suelo.** El suelo tiene cierta capacidad para neutralizar la carga contaminante recibida. Consecuentemente, la descarga de un efluente tratado puede ser beneficioso para la irrigación de un terreno agrícola. Sin embargo, los niveles de contaminación deben ser cuidadosamente controlados para evitar el daño de la estructura del suelo, y la consecuente disminución de la producción agrícola y aceleración de la erosión. Tan sólo el riego reiterado con un efluente rico en cloruro de sodio daña la vegetación debido a que el ión cloruro es fitotóxico²⁶.

²⁵COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, Op. cit., p. 12.

²⁶ AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública, 2000. p. 13.

Además los Altos contenidos tóxicos, sales y grasas. Ocasionan la polución de la tierra con material orgánico. También se puede producir infertilidad del suelo.

Por otra parte, el ión sodio también es perjudicial al dañar la estructura del suelo porque desintegra las arcillas afectando la porosidad del mismo.

- **Efectos sobre la calidad del aire.** Materiales particulados y sulfuro de hidrógeno son las dos descargas gaseosas potenciales significativas. Los malos olores y fuertes como consecuencia de inadecuadas o inexistentes prácticas de limpieza, también afectan la calidad del aire y la salud humana²⁷.

Por otra parte se encontró en la investigación que en el proceso de curtido por lo menos 300Kg de químicos son adicionados por tonelada de piel. Cuando hablamos del proceso de la curtiembre estamos hablando de una cantidad muy significativa de residuos tanto sólidos como líquidos. Debido a que no se tiene un control sobre estos desechos la mayoría están siendo expulsados de forma directa y sin un tratamiento previo al medio ambiente alterando el ciclo de vida de muchos animales, plantas y la salud humana.

Para una posible solución de estos problemas, el municipio de El Cerrito tiene descrito en su Plan de Acción un Plan de Manejo de residuos sólidos en el casco urbano del municipio con énfasis en restos de curtiembres, basuras y escombros. Además a corto plazo la creación de una planta de tratamiento de aguas residuales que puede minimizar el impacto generado por el municipio pero con el agravante de que esta está diseñada solo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas y no industriales. Y para el tratamiento de los desechos de las curtiembres se necesita otro tipo de tratamiento de las aguas residuales puesto que los residuos generados por un bovino equivalen a lo producido por personas. Por esta razón, se tiene que generar un proceso de concertación y capacitación con los propietarios de las curtiembres para que la disminución en las cargas contaminantes sea un hecho y no se quede en formulación. Es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Capacitar a los propietarios de las curtiembres sobre educación ambiental y salud ocupacional.

²⁷ COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, Op. cit., p. 13.

- Exigir un monitoreo expuesto en un Plan de Manejo Ambiental individual para cada una de las curtiembres que realizan esta actividad.
- Considerar una posible reubicación del sector industrial.
- Implementar en concertación con las curtiembres y las entidades relacionadas como CVC sistemas de producción más limpia que aseguren la sostenibilidad de los recursos hoy en día afectados sin afectar la producción y la capacidad competitiva del sector.
- Implementar en concertación con los actores sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 13. Datos tomados del tubo de desagüe de una curtiembre al río Cerrito.

Parámetro	Tubo	Unidad	Fecha
Potencial de hidrógeno	8,75	pH	28 de Abril de 2005
Conductividad	47700	µs	28 de Abril de 2005
Salinidad	31,1	%0	28 de Abril de 2005
Sólidos disueltos totales	XXXX	mg/l	28 de Abril de 2005
Oxígeno disuelto	2,72	mgO2/l	28 de Abril de 2005
Porcentaje de saturación	16,1	%	28 de Abril de 2005
Turbiedad	3880	NTU	28 de Abril de 2005
DBO5	513	mg/l	28 de Abril de 2005
DQO	1500	mg/l	28 de Abril de 2005
Cromo VI	5,8	mg/l	28 de Abril de 2005
pH	6,8	pH	27 de Noviembre de 2006
Conductividad	10640	µs	27 de Noviembre de 2006
Salinidad	6	%0	27 de Noviembre de 2006
Sólidos disueltos totales	5870	mg/l	27 de Noviembre de 2006
Oxígeno disuelto	1,21	mgO2/l	27 de Noviembre de 2006
Porcentaje de saturación	31,6	%	27 de Noviembre de 2006
Turbiedad	185	NTU	27 de Noviembre de 2006
DBO5	550	mg/l	27 de Noviembre de 2006
DQO	955	mg/l	27 de Noviembre de 2006
Cromo VI	0,15	mg/l	27 de Noviembre de 2006

Las muestras tomadas del tubo de una curtiembre fue muy importante para conocer cual es la carga contaminante real que una curtiembre puede producir en sus etapas de producción (ver Anexo 12). La anterior tabla muestra los valores

para los diferentes parámetros fisicoquímicos considerados a evaluar en este documento.

Lo más importante para resaltar son los datos del cromo hexavalente que no cumple con la normatividad establecida para los vertimientos industriales de cromo. Además la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno están exageradamente por encima de los valores permitidos.

El cromo, la DQO y la DBO₅, nos confirman los datos tomados en el río Cerrito en la zona de de muestreo en la Salida de Cerrito y la Vía a Rozo donde se presentaron los valores más altos en estos parámetros.

7.8 MACROINVERTEBRADOS

El análisis de los macroinvertebrados fue tomado con el ánimo de conocer si bajo las condiciones tan negativas que se encontró el río Cerrito, aún existe la probabilidad de encontrar vida acuática y también determinar si existía algún bioindicador de contaminación que confirme las condiciones de calidad del río.

Una vez hecha la toma de muestras se llevó al laboratorio las especies encontradas para su posterior identificación, los resultados fueron:

En la entrada a Cerrito se encontró una especie de molusco de forma alargada, con ocho aros en espiral. La especie se encontraba fija al suelo que colinda con el río directamente, la distribución de éste era a lo largo del río a la vez que se encontraban uno tras otro, es decir, que la cantidad de moluscos era alta. A pesar de que éste podría ser un buen bioindicador de contaminación, la identificación exacta de éste fue muy difícil.

En la salida de Cerrito se encontraron dos especies; la primera, con forma alargada muy delgada y cilíndrica de color rojo y pequeña. En su extremo inferior cuenta con un par de extremidades y en el extremo superior, en la cabeza tiene una muela. El cuerpo de esta especie es más grueso en la parte inferior que en la superior. Su distribución fue a lo largo del sustrato, a orillas del río, sin embargo en el momento en que se hizo el arrastre se sacaron gran parte de estas especies por lo que se encuentran fijas al sustrato tanto en la superficie como en la profundidad. De acuerdo a las características descritas se llegó a la conclusión de que esta especie corresponde a un *Limnophora* sp.

- Limnophora sp

Phylum; Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Díptera

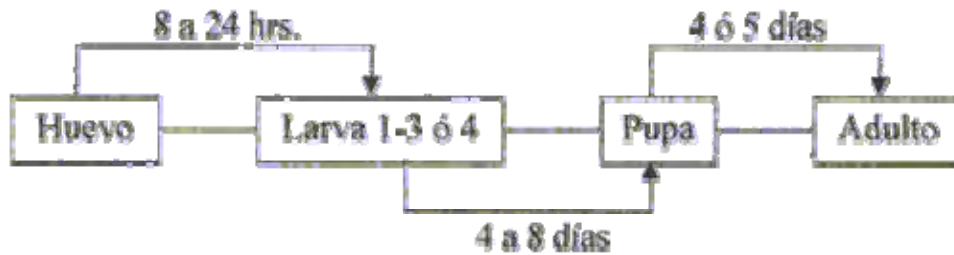
Este es uno de los órdenes más complejos, más abundantes y ampliamente distribuidos en todo el mundo. Se consideran uno de los grandes grupos de insectos más evolucionados. Los dípteros pueden ser fitófagos, carnívoros, parásitos, saprófagos o una combinación de estas formas de alimentación y comparativamente no constituyen un grupo muy dañino en la agricultura. Son insectos holometábolos, es decir, que viven un proceso de transformación en toda su vida pasando por estados de huevo, larva, pupa y adulto (Ver Figura 10). Los dípteros adultos se caracterizan por poseer un par de alas membranosas y el segundo par modificado para el equilibrio (halterios), las antenas son variables y los ojos compuestos ocupan gran parte de la cabeza. El aparato bucal puede ser picador chupador o picador succionador. Cabe recordar que la especie encontrada estaba en estado de larva²⁸.

Su hábitat es muy variado, se encuentran en ríos, quebradas y lagos a todas las profundidades, depósitos de agua, en plantas y en orificios de troncos viejos y aún en las costas marinas. Existen representantes de aguas muy limpias como representantes de aguas muy sucias o contaminadas. Los pertenecientes a la familia Muscidae incluyen a la mosca doméstica o mosca casera. Las larvas comen basura o excrementos. Los adultos comen toda clase de materia orgánica o azucarada, son vectores de enfermedades, ya que se posan sobre excrementos, luego se posan sobre la comida o sobre las heridas de animales o humanos²⁹.

²⁸ Morfología e identificación de insectos [en línea]: orden Diptera. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003. [consultado 07 de Agosto de 2006]. Disponible en Internet: http://www.uc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/html/frpresenta.html).

²⁹ Familia Muscidae [en línea]. Nicaragua: insectarium virtual revista electrónica, 2003. [consultado 14 de Agosto de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/FAUNA%20ENTOMOLOGICA%20DE%20NICARAGUA/Diptera/MUSCIDAЕ.htm>

Figura 10. Fases de crecimiento de un insecto.



Fuente: Morfología e identificación de insectos [en línea]: orden Diptera. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003. [consultado 07 de Agosto de 2006]. Disponible en Internet http://www.uc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/html/frpresenta.html).

La segunda especie encontrada fue unos pececillos de color gris. En los dos arrastres se obtuvieron un total de 3 de estas especies, el tamaño varió entre un individuo y otro siendo dos del mismo tamaño y el tercero un poco más pequeño. Lo mismo ocurrió con el color, aunque en todos predominaba el color gris el individuo más pequeño presentaba unos visos de color azulados y anaranjados. De acuerdo a lo investigado se llegó a la conclusión de que este pez pertenece a la especie *Poecilia retícula* o mejor conocida como Guppy. La cantidad de acuerdo a las especies anteriores es poca.

- Lebistes o Guppy

Tipo: Vertebrados

Superclase: Peces (pisces)

Clase: Teleósteos (Actinopterygii)

Orden: Ciprinodontiformes (Microcyprini)

Familia: Pecílidos (Poeciliidae)

Género: *Poecilia* (=Lebistes)

Especie: *reticulata*

Temperatura: entre 18° C y 33° C. Óptima: 25° C.

pH: ligeramente alcalino, entre 7,0 y 7,4.

Foto 5. Guppy Hembra



Fuente: Peces de agua dulce [en línea]: guppy (*Poecilia reticulata*). Chile: Aquaplant Ltda., 2001. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.aquaplant.cl/aguadulce/peces/reportajes/ovoviviparos/guppys.htm>

Los Guppys son parte de una de las familias más populares, debido que algunas especies se llevan seleccionando por sus formas y colores durante mucho tiempo. Viven en Centro y Suramérica (Subfamilia Poecilinae), aunque algunas especies están muy difundidas por todo el mundo, el hombre las ha usado para controlar plagas de insectos como por ejemplo los mosquitos portadores del paludismo.

Habitán aguas desde ácidas hasta saladas dependiendo de la especie. Los que presentan fecundación externa son ovíparos por necesidad, mientras que los que presentan fecundación interna son Ovovivíparos o Vivíparos reales. En la fecundación interna la hembra puede utilizar el esperma para más de una ocasión.

Alimentación: Omnívoro. Alimentación variada, en particular larvas de mosquitos, Daphnias y alimento en escamas variado. Necesitan una dieta con contenido vegetal, tales como algas blandas, acelga hervida y picada y plantas tiernas. Aceptan hígado vacuno o de pollo, corazón vacuno crudo congelado y rallado y cualquier otro alimento de tamaño adecuado.

Viven en espacios grandes y en agua lénticas. Son muy exigentes en materia de higiene. Son sensibles a la polución del agua.

Foto 6. Guppy Macho



Fuente: Peces de agua dulce [en línea]: guppy (*Poecilia reticulata*). Chile: Aquaplant Ltda., 2001. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.aquaplant.cl/aguadulce/peces/reportajes/ovoviviparos/guppys.htm>

8. CONCLUSIONES

- La zona de **Santa Elena** presenta características de un agua de buena calidad comparada con las otras zonas de muestreo, ya que los resultados obtenidos en parámetros que indicaban el grado de contaminación eran los más bajos. Sin embargo, en la **Entrada Cerrito** se ve ya un poco afectada por los cultivos de la caña de azúcar que lo rodean, cabe apuntar que los resultados de las pruebas mostraron que no habían fluctuaciones muy amplias entre ambas zonas. Por otro lado en la zona había presencia de muchos escombros y basuras que aportan residuos sólidos al río constantemente empeorando su calidad. En la **Salida Cerrito** por ser la más cercana a las curtiembres presenta un grado muy alto de contaminación y malos olores. Sus suelos son muy barrosos, sin protección vegetal ocasionando que haya un aporte de sedimentos lo que genera una mayor turbiedad. Y por último la **Vía a Rozo** fue de las que más presentó niveles de contaminación de los diferentes parámetros como pH y oxígeno disuelto en especial por encima de la zona a la entrada de Cerrito.
- Se puede considerar que para hoy en día la industria de las curtiembres en Cerrito ha tenido un crecimiento en su producción del 226 %, lo cual indica que esta industria va cada día en aumento y que realmente es una fuente de ingresos firme en el área. Además de tener para el año de 1995 463 empleados en el sector, hoy tiene un aproximado de 1015 empleados, un crecimiento del 219 %, una razón más para afirmar que este sector tiene un mercado consolidado por su gran demanda de pieles y sus subproductos.
- La dinámica entre los diversos factores presentes en los centros de trabajo y su influencia sobre la calidad de vida de quienes participan de los procesos productivos particulares, han demostrado que la actividad cárnica presenta al igual que otras actividades, riesgos de accidente y enfermedades laborales propias del tipo de tareas que se realizan.
- El aporte de materia orgánica de las curtiembres es significativamente alto por lo cual el oxígeno disuelto en el río se encuentra directamente afectado con valores que han disminuido hasta dificultar la existencia de vida acuática.
- Las concentraciones de cromo encontradas en el río Cerrito demuestran que el impacto en la calidad del agua es muy alto y que representa riesgo a la salud

- humana dado que es un elemento bioacumulable y mutagénico y no debe encontrarse en ninguna fuente hídrica.
- Las curtiembres inciden negativamente en la calidad del río Cerrito por la cantidad de vertimientos de materia orgánica y químicos que son arrojados directamente, la vida acuática es afectada y el riesgo a la salud humana es alto dado que esa agua puede ser utilizada para diferentes fines y actividades.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mayor aplicación de la legislación existente para la disposición de efluentes industriales al río Cerrito.
- Se recomienda la implementación de tratamiento biológico para la recuperación de la calidad del agua del río Cerrito. Tratamientos aplicados a fotorremediación podrían ser un importante aporte a la recuperación definitiva de este recurso hídrico.
- Se debe hacer una valoración constante del estado actual del río Cerrito, debido a que son muchos los factores que intervienen en su grado de contaminación, y es importante saberlo para implementar las medidas preventivas.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. (ATSDR). Reseña Toxicológica del Cromo (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública, 2000. 13 p.

ALCALDÍA DE EL CERRITO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cerrito: Sistema físico – espacial. Valle del Cauca, 2000. 59 p.

-----, ----- . Subsistema biofísico. Valle del Cauca, 2000. 84 p.

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y TECNOLOGÍAS AMBIENTALES CNPMLTA. Proyecto Gestión Ambiental en la industria de curtiembre en Colombia: Diagnóstico y estrategias. Medellín, Febrero de 2004. 138 p.

----- . El impacto ambiental de la industria curtidora. Medellín, 2004. 17 p.

----- . Sistema de Referenciación Ambiental (SIRAC) para el sector curtiembre en Colombia: Proyecto Gestión Ambiental en la industria de curtiembre en Colombia. Medellín, Febrero 2004. 33 p.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para la Prevención de la Contaminación Industrial: Curtiembre, región metropolitana. Santiago de Chile, 1999. 72 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA. Boletín hidrológico 2000 – 2001. CVC. Santiago de Cali, 2002. 282 p.

----- . Caracterización de la calidad del agua del río Cauca y tributarios, tramo Salvajina, la Virginia. Anexos, volumen VI. CVC y Universidad del Valle. Santiago de Cali, Julio de 2001. 666 p.

------. Sistemas de Información Geográfica: Unidad de Manejo de Cuenca Amaime, Nima y El Cerrito. Valle del Cauca, 1999. 172 p.

------. ----- Volumen VIII. CVC y Universidad del Valle. Santiago de Cali, Julio de 2001. 816 p.

Cromo hexavalente [en línea]. California: Universidad de California at Davis, 2002. [consultado 15 de Abril de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.envtox.ucdavis.edu/cehs/TOXINS/SPANISH/chromium.htm>

Demanda química de oxígeno [en línea]: método de refluo abierto. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2006. [consultado 15 de Abril de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.ideam.gov.co/temas/calidad/dqo.pdf>

Familia muscidae [en línea]. Nicaragua: Insectarium virtual, revista virtual, 2003. [consultado 1 de Noviembre de 2005]. Disponible en Internet: <http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/FAUNA%20ENTOMOLOGICA%20DE%20NICARAGUA/Diptera/MUSCIDAE.htm>

GONZÁLEZ Ranulfo y CARREJO Nancy. Guías de Laboratorio: curso laboratorio zoología de artrópodos. Colombia, 2003. 119 p.

HACH Company. Manual CO 150 Conductivity Meter, Model 50150. USA, 1995-1996. 43 p.

Identificación de los insectos [en línea]. Italia: Alessandro Strano, 2004. [consultado 15 de Abril de 2006]. Disponible en Internet: <http://strano16.interfree.it/insectos.htm>

INSTITUTO CINARA, UNIVERSIDAD DEL VALLE. Propuestas y experiencias de PML en las curtiembres de El Cerrito, Valle del Cauca. Competitividad, calidad, sostenibilidad y Medio Ambiente. Santiago de Cali, 2006. 18 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. 5 ed. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. 34 p. NTC 1486.

Impurezas en el agua [en línea]: variaciones en la calidad del agua sin depurar. Elga labwater. USA, 2006. [consultado 1 de Noviembre de 2005]. Disponible en Internet: <http://www.elgalabwater.com/?id=500&language=es>

Libro electrónico ciencias de la tierra y del medio ambiente [en línea]: Glosario. España: Escuela Superior de Ingenieros – TECNUN, 2006. [consultado 4 de Marzo de 2005]. Disponible en Internet: <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/Glosario.html>.

Libro electrónico ciencias de la tierra y del medio ambiente [en línea]: Contaminación del agua. España: Escuela Superior de Ingenieros – TECNUN, 2006. [consultado 7 de Marzo de 2005]. Disponible en Internet: <http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/100CoAcu.htm>

Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en el Río Mendoza [en línea]. Erika E. Scheibler, 2002. [consultado 26 de Septiembre de 2005]. Disponible en Internet: http://www.cricyt.edu.ar/entomologia/Tesis_Scheibler.html

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594. Bogotá D.C., Junio 26 de 1984. 42 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía ambiental par la industria del curtido y preparado de cueros. 2 ed. Bogotá D.C., Enero de 2006. 138 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Santafé de Bogotá D.C., Noviembre de 2000. 97 p.

MONCADA PEREIRA Mauro Felipe, CALDERÓN CABEZA Marisol. Contaminación por desechos provenientes de las curtiembres en Cerrito, Valle del Cauca. Santiago de Cali, 2004. 30 p.

OCAMPO Jesús Antonio y SALAZAR Marta Cecilia. Comparación de clarificadores de capas de gravas y de manto de lodos. Santiago de Cali, Universidad del Valle, 1999. 62 p.

Oxígeno disuelto: kit para ensayo de agua manual de instrucciones. USA, 2001. 16 p.

Peces como para empezar [en línea]: poecilla reticulata (guppy). La Plata: Hugo A Gallo, 1999. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: members.tripod.com/~halgall/guppys.htm

Peces de agua dulce [en línea]: guppy (Poecilla reticulata). Chile: Aquaplant Ltda., 2001. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.aquaplant.cl/aguadulce/peces/reportajes/ovoviviparos/guppys.htm>

PERIODICO EL TIEMPO. El milagroso Mangle. En: El Tiempo, Santafé de Bogotá D.C.: (8 de Nov. 1999); p. A19.

pH [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2006. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/PH>

pH y alcalinidad [en línea]: Medida de la calidad del agua: pH. Holanda: Lenntech, 1998. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.lenntech.com/espanol/pH-y-alkalinidad.htm>

Poecilla reticulata [en línea]. Buenos Aires (Argentina): acuario Daniel's mar, 1997. [consultado 14 de Octubre de 2005]. Disponible en Internet: www.adaniels.com.ar/enciclopedia/Dulce/TROPICAL/Poecilia_reticulata.htm

Poecilla reticulata [en línea]. El acuarista, 2003. [consultado 14 de Octubre de 2005]. Disponible en Internet: www.elacuarista.com/secciones/lebiste1.htm

ROLDAN PÉREZ Gabriel. Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Medellín, 1988. 217 p.

SOTO Alejandro. Manual de laboratorio: agua potable y agua residual. Santiago de Cali, 2005. 18 p.

Tabla periódica [en línea]: cromo –Cr-. Holanda: Lenntech, 1998. [consultado 20 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Cr.htm>

Toxfaqs [en línea]: cromo (chromiun). Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR, 1991. [consultado 20 de mayo de 2006]. Disponible en Internet http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html

VARGAS Isabel Cristina. Inventario preliminar de los Macroinvertebrados Bentónicos en el río Quindío y la Quebrada Cristales. Armenia, 1997. 34 p.

ANEXOS

Anexo 1. Saladero.



Anexo 2. Descarnada y dividida.



Anexo 3. Desencarnada y dividida.



Anexo 4. Desencalado y piclado



Anexo 5. Curtido.



Anexo 6. Ecurrida y rebajada.



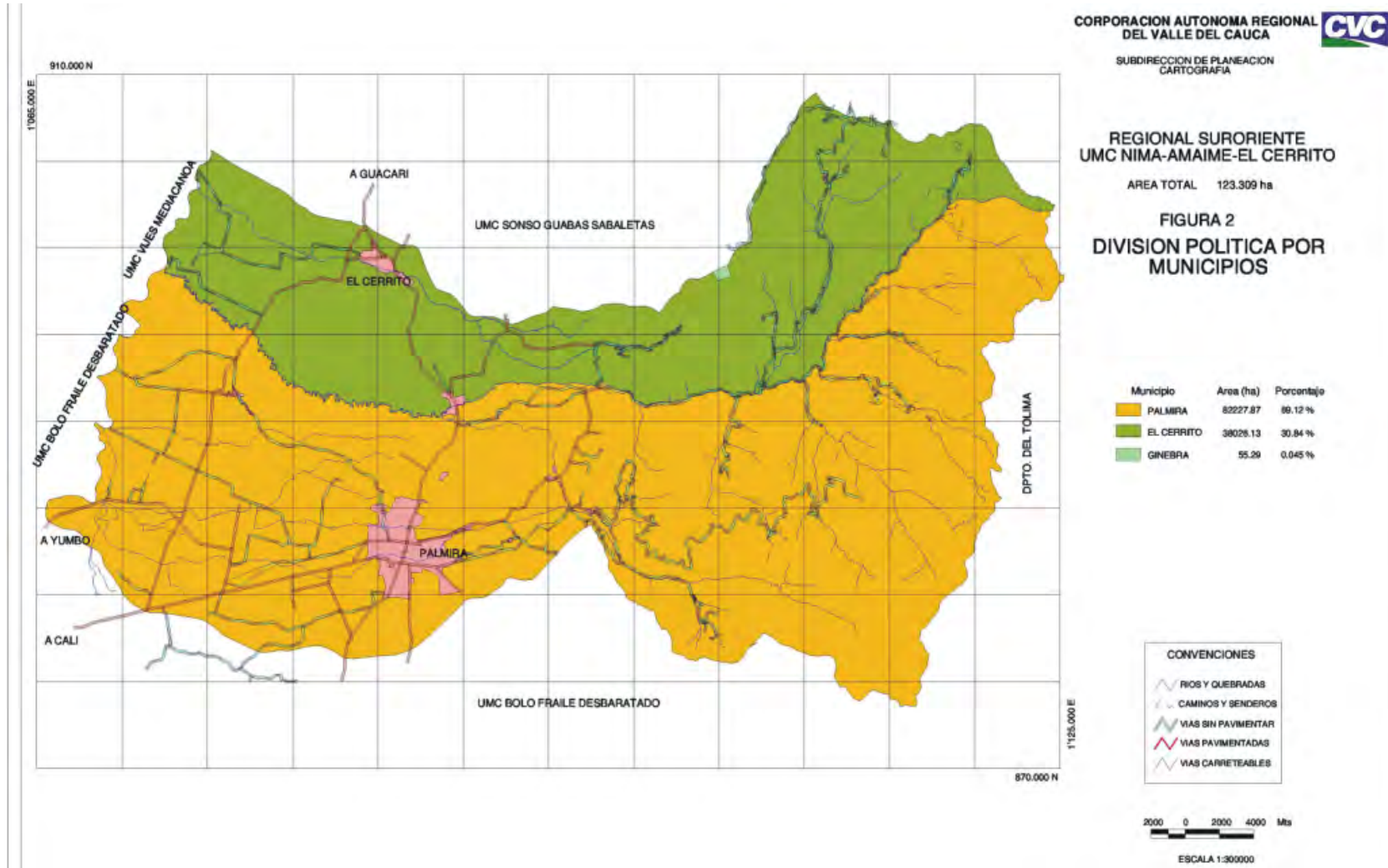
Anexo 7. Recurtido y teñido.



Anexo 8. Pintura y plancha



Anexo 9. Mapa ubicación municipio de El Cerrito.



Anexo 10. Ubicación zonas de muestreo.



Anexo 11. Muestras de laboratorio.**Anexo 12. Tubo.****Anexo 13. Tabla de resultados de los parámetros en abril de 2005.**

Zona	Fecha	pH	Conductividad	Salinidad	Sólidos disueltos	Oxígeno disuelto	% de saturación	Turbiedad	Cromo (VI)
Santa Elena	24-APR-05	7,45	222	0,1	106	6,37	62,2	7,96	0,01
Santa Elena	24-APR-05	7,74	220	0,1	105	5,7	58,9	7,76	0,01
Entrada Cerrito	24-APR-05	7,5	262	0,1	126	5,28	54,3	11,1	0,02
Entrada Cerrito	24-APR-05	7,68	191,4	0,1	91	4,78	54,6	10,6	0,02
Salida Cerrito	24-APR-05	7,54	125,2	0,1	60	4,58	49,4	13,6	0,14
Salida Cerrito	24-APR-05	7,18	317	0,2	154	4,83	50	13	0,14
Antes Desemb	24-APR-05	7,51	179,3	0,1	85	3	30,5	17,4	0,12
Entrada Cerrito	28-APR-05	6,9	252	0,1	120	6,55	57,4	6,48	0,01
Entrada Cerrito	28-APR-05	6,93	390	0,2	186	6,4	60	4,7	0,1
Salida Cerrito	28-APR-05	7,19	522	0,2	252	4,57	41,9	16,8	0,12
Salida Cerrito	28-APR-05	7,17	547	0,3	264	4,32	44,2	18,7	0,12
Antes Desemb.	28-APR-05	7,69	711	0,3	343	4,17	40,9	27,5	0,15
Antes Desemb	28-APR-05	7,76	610	0,3	294	4,15	39,8	26,2	0,15
Tubo	28-APR-05	8,74	47,7	31,1	0	2,72	16,1	3.880,00	5,8

Anexo 14. Tabla de resultados de los parámetros DQO, DOB y coliformes fecales en abril de 2005.

DQO (Demanda Química de Oxígeno) mg/l (abril de 2005)	
Muestras	mg O₂/L
Entrada Cerrito	39
Salida Cerrito	148
DBO₅ (Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días) mg/l	
Muestras	mg O₂/L
Entrada Cerrito	1.4
Salida Cerrito	27.2
Coliformes Fecales	
Muestra	# de individuos
Entrada Cerrito	1399
Salida Cerrito	63

Anexo 15. Curtiembres Ríos.



Anexo 16. Curtiembres Ríos.



Anexo 17. Tabla de resultados de los parámetros en noviembre de 2005.

ZONA Y MUESTRA	PARÁMETROS							
	pH	T°C	Conduc. (µs)	Salinidad (% o)	SDT (mg/l)	O ₂ disuelto (mg O ₂ /l)	% de saturación	Turbiedad (NTU)
Entrada Cerrito	7.42	13.6	307	0.1	149	7.41	72.6	36.6
Entrada Cerrito	7.56	13.6	205	0.1	101	7.02	60.3	32.0
Salida Cerrito	7.54	13.6	219	0.1	104	7.46	70.5	55.3
Salida Cerrito	7.28	13.6	299	0.1	140	9.42	56.3	26.8

Anexo 18. Tabla de resultados de los parámetros DQO, DOB y coliformes fecales en noviembre de 2005.

DQO (Demanda Química de Oxígeno) mg/l (noviembre de 2005)	
Muestras	mg O₂/L
Entrada Cerrito	39
Salida Cerrito	17
DBO₅ (Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días)	
Muestras	mg O₂/L
Entrada Cerrito	2.6
Salida Cerrito	0.4
Coliformes Fecales	
Muestra	# de individuos
Entrada Cerrito	+ de 500
Salida Cerrito	+ de 500

Anexo 19. Datos de los parámetros tomados el día 27 de Noviembre de 2006.

Parámetro	Entrada Cerrito (promedio)	Salida Cerrito (promedio)	Salida Cerrito Tubo
Temperatura	25,7	25,55	24,7
pH	7,735	7,365	6,8
Oxígeno disuelto	4,25	3,18	1,21
Saturación en oxígeno %	51,95	36,75	31,6
Conductividad us	254,5	579	10640
Salinidad ‰	0,1	0,3	6
Sólidos disueltos totales	119	274,5	5870
Turbiedad NTU	3,125	25,3	185
Turbiedad FAU	8,5	28,5	339
Color aparente PtCo (sin filtrar)	33	120,5	1500
Sólidos en suspensión	4,5	17	230
Sólidos totales	123,5	291,5	6100
Coliformes fecales	21000	28000	14000
DQO	11,5	33	955
DBO ₅	4,7	19	550
Cromo VI	0,01	0,02	0,15
Fosfatos	0,21	0,38	0,04
Nitratos	3,4	3,8	3,2

Anexo 20. Datos tomados de la Estación de monitoreo las Brisas el 05 de diciembre de 2005. (CVC)

PARAMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
pH	Unidad	7,82
Temperatura	C	17,5
Color	UPC	6,6
Turbiedad	UNT	10,0
Sólidos totales	Mg/l	114
Sólidos suspendidos	Mg/l	6,1
Sólidos disueltos	Mg/l	108
DBO	Mg/l	Menor 1,0
DQO	Mg/l	Menor 3,28
Oxígeno disuelto	Mg/l	6,71
Fosfatos	Mg/l	Menor de 0,06
Nitratos	Mg/l	1,094
Cromo total	Mg/l	Menor 0,2
Coliformes totales	NMP	9,30 E + 01
Coliformes fecales	NMP	2,30 E + 01

Anexo 21. Datos tomados de la Estación de monitoreo Vía Principal el 05 de diciembre de 2005. (CVC)

PARAMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
pH	Unidad	7,82
Temperatura	C	19,8
Color	UPC	Menor 100
Turbiedad	UNT	999,0
Sólidos totales	Mg/l	1224
Sólidos suspendidos	Mg/l	1127
Sólidos disueltos	Mg/l	97
DBO	Mg/l	3,73
DQO	Mg/l	40,8
Oxígeno disuelto	Mg/l	5,39
Fosfatos	Mg/l	0,104
Nitratos	Mg/l	0,895
Cromo total	Mg/l	0,23
Coliformes totales	NMP	6,60 E + 04
Coliformes fecales	NMP	1,50 E + 04

Anexo 22. Datos tomados de la Estación de monitoreo antes desembocadura río Cauca el 05 de diciembre de 2005. (CVC)

PARAMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
pH	Unidad	7,43
Temperatura	C	20,2
Color	UPC	38,7
Turbiedad	UNT	296,0
Sólidos totales	Mg/l	527
Sólidos suspendidos	Mg/l	219,5
Sólidos disueltos	Mg/l	308
DBO	Mg/l	7,1
DQO	Mg/l	70,2
Oxígeno disuelto	Mg/l	3,77
Fosfatos	Mg/l	0,169
Nitratos	Mg/l	0,503
Cromo total	Mg/l	0,64
Coliformes totales	NMP	2,40 E + 05
Coliformes fecales	NMP	1,10 E + 05

Anexo 23. Datos tomados en la Estación de monitoreo Las Brisas el 23 de octubre de 2006. (CVC)

PARAMETROS	UNIDAD	CONCENTRACIÓN
pH	Unidad	7,4
Temperatura	C	17,8
Color	UPC	1,2
Turbiedad	UNT	2
Sólidos totales	Mg/l	119
Sólidos suspendidos	Mg/l	0,8
Sólidos disueltos	Mg/l	118
DBO	Mg/l	Menor 1,1
DQO	Mg/l	Menor 5,33
Oxígeno disuelto	Mg/l	7,81
Fosfatos	Mg/l	Menor de 0,019
Nitratos	Mg/l	Menor 0,4
Cromo total	Mg/l	Menor 0,2
Coliformes totales	NMP	2,40 E + 04
Coliformes fecales	NMP	2,10 E + 03

Anexo 24. Datos tomados de la Estación de monitoreo Vía Principal el 23 de octubre de 2006. (CVC)

PARAMETROS	UNIDAD	CONCENTRACION
pH	Unidad	7,27
Temperatura	C	23
Color	UPC	7,3
Turbiedad	UNT	22
Sólidos totales	Mg/l	246
Sólidos suspendidos	Mg/l	10,8
Sólidos disueltos	Mg/l	235
DBO	Mg/l	Menor 1,1
DQO	Mg/l	7,8
Oxigeno disuelto	Mg/l	7,27
Fosfatos	Mg/l	Menor 0,019
Nitratos	Mg/l	Menor 0,4
Cromo total	Mg/l	Menor 0,2
Coliformes totales	NMP	6,60 E + 03
Coliformes fecales	NMP	2,40 E + 03

Anexo 25. Datos tomados de la Estación de monitoreo antes desembocadura río Cauca el 23 de octubre de 2006. (CVC)

PARAMETROS	UNIDAD	CONCENTRACION
pH	Unidad	8,75
Temperatura	C	23,8
Color	UPC	51,2
Turbiedad	UNT	97
Sólidos totales	Mg/l	971
Sólidos suspendidos	Mg/l	115
Sólidos disueltos	Mg/l	856
DBO	Mg/l	120,7
DQO	Mg/l	317,5
Oxigeno disuelto	Mg/l	Menor 0,5
Fosfatos	Mg/l	0,448
Nitratos	Mg/l	Menor 0,4
Cromo total	Mg/l	1,28
Coliformes totales	NMP	9,30 E + 06
Coliformes fecales	NMP	4,30 E + 06