



ASOYOTOCO

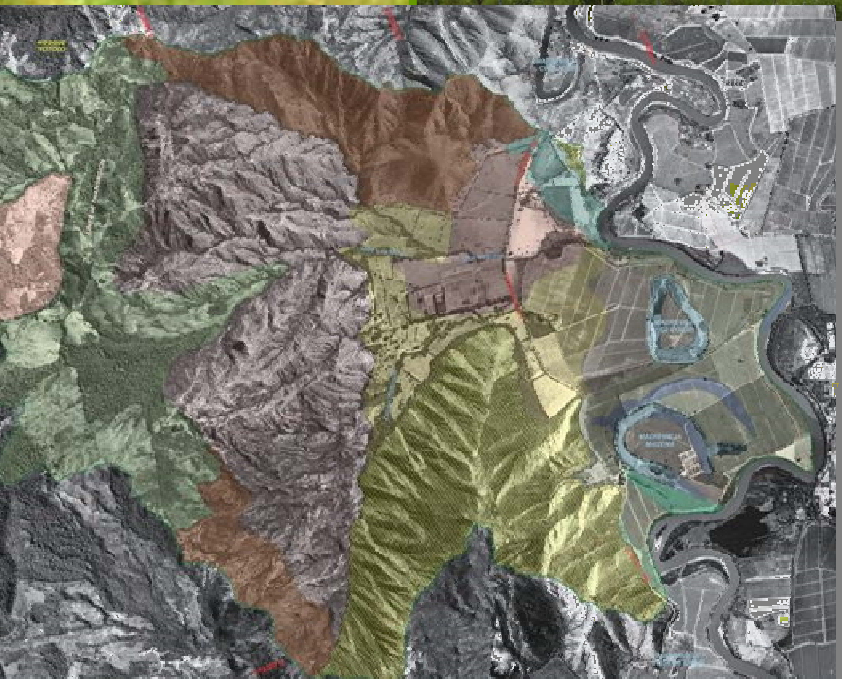


INGENIO PICHICHÍ



PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HUMEDAL EL COCAL MUNICIPIO DE YOTOCO

ODT 1331/05



MAYO DE 2006

**CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA
DIRECCION TECNICA AMBIENTAL**

Orden de Trabajo No. 1331 de 2005

**PLAN DE MANEJO AMBIENTAL HUMEDAL EL COCAL
MUNICIPIO DE YOTOCO**

Asociación de Usuarios para la Protección y Mejoramiento de
las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Yotoco y Mediacanoa
ASOYOTOCO

Santiago de Cali, Mayo de 2005

El presente documento fue elaborado en desarrollo del Proyecto del Plan de Manejo Ambiental Humedal El Cocal dentro de la Orden de Trabajo No. 1331 suscrito entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Asociación de Usuarios para la Protección y Mejoramiento de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Yotoco y Mediacanoa - ASOYOTOCO.

Este informe fue realizado por el siguiente personal:

MSc Robert Peck	Director del Proyecto.
MSc María Fernanda Hernández López	Ingeniera del Proyecto
Ing. Gustavo Adolfo Romero Lozada	Cartografía
Biol. Alejandro Restrepo Cárdenas	Avifauna
Lic. Lorena Valencia Certuche	Ictiología

Se contó con la colaboración del Ingenio Pichichí, Propietarios Hacienda Hatoviejo, Asociación Artesanales de Pescadores de Yotoco, Subdirección de Conocimiento Territorial de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, quienes participaron desde la fase inicial mediante el suministro de la información disponible del proyecto hasta la revisión del documento final. El Comité de Seguimiento de CVC estuvo integrado así:

Biol. Pablo Emilio Flórez Brand	Interventor CVC
PhD. Apolinar Figueroa Casas	Interventor Externo
Admón. Amb. Leonel Muñoz	Asesor Técnico

Especial agradecimientos al Ingenio Pichichí por la contribución al desarrollo del proyecto en cuanto a la realización de topografía y la batimetría del Humedal el Cocal tanto en campo como en oficina, además del uso de licencias de Software para la realización de planos temáticos:

Dr. Freddy Silva	Gerente General
Ing. Oscar Mendoza	Jefe de Campo
Ing. Juan Carlos Martínez	Jefe de Zona
Top. Bernardo Torres	Jefe de Topografía

Especial agradecimiento a los propietarios de la Hacienda Hatoviejo, municipio de Yotoco, de la Sociedad Mercedes de Garcés y Cia Ltda. Y en particular mención a Gonzalo Garcés por su amable hospitalidad y aportes al proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	PREÁMBULO	3
3	METODOLOGÍA.....	6
3.1	COMPONENTE ABÓTICO.....	6
3.1.1	<i>Caracterización Climática.....</i>	<i>6</i>
3.1.2	<i>Caracterización y Monitoreo Hidrodinámico.....</i>	<i>6</i>
3.1.3	<i>Monitoreo y Seguimiento Hidrobiológico.....</i>	<i>8</i>
3.1.4	<i>Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Agua.....</i>	<i>11</i>
3.1.5	<i>Índices de Calidad del Agua y de Contaminación.....</i>	<i>14</i>
3.1.6	<i>Estado Trófico.....</i>	<i>19</i>
3.2	COMPONENTE BIÓTICO.....	20
3.2.1	<i>Flora y Fauna.....</i>	<i>20</i>
3.2.2	<i>Ictiofauna.....</i>	<i>21</i>
3.3	SOCIOECONÓMICA.....	21
4	CARACTERIZACIÓN GENERAL.....	22
4.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	22
4.1.1	<i>Cuenca de Captación.....</i>	<i>22</i>
4.1.2	<i>Humedal El Cocal.....</i>	<i>24</i>
4.2	COMPONENTE ABIÓTICO.....	26
4.2.1	<i>Climatología.....</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Suelos.....</i>	<i>28</i>
4.2.3	<i>Hidrología e Hidráulica.....</i>	<i>35</i>
4.2.4	<i>Hidrobiología.....</i>	<i>44</i>
4.2.5	<i>Calidad del Agua.....</i>	<i>54</i>
4.2.6	<i>Metales Pesados.....</i>	<i>74</i>
4.2.7	<i>Índices de Calidad del Agua.....</i>	<i>77</i>
4.2.8	<i>Estado Trófico.....</i>	<i>79</i>

4.3	COMPONENTE BIÓTICO	81
4.3.1	<i>Flora</i>	81
4.3.2	<i>Fauna</i>	84
4.3.3	<i>Fauna Íctica</i>	88
4.4	COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	90
5	EVALUACIÓN	93
5.1	EVALUACIÓN ECOLÓGICA.....	93
5.1.1	<i>Tamaño y Posición del Humedal</i>	93
5.1.2	<i>Dinámica Hídrica</i>	95
5.1.3	<i>Calidad del Agua</i>	97
5.1.4	<i>Diversidad Biológica</i>	99
5.1.5	<i>Naturalidad</i>	100
5.1.6	<i>Fragilidad</i>	101
5.1.7	<i>Representatividad</i>	102
5.1.8	<i>Restauración</i>	102
5.2	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA.....	104
5.3	PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y CONFRONTACIÓN DE INTERESES	104
5.3.1	<i>Problemática Ambiental</i>	104
5.3.2	<i>Confrontaciones y Conflictos</i>	107
6	ZONIFICACIÓN.....	109
6.1	ZONA DE HUMEDALES Y MADREVIEJAS - ZHM	109
6.2	ZONA FORESTAL PROTECTORA – ZFP	111
6.3	ZONA DE RESTAURACIÓN DE SUELOS – ZRS	111
6.4	ZONAS AGROPECUARIAS INTENSIVAS – ZAI	112
6.5	ZONAS GANADERAS EXTENSIVAS - ZGE.....	112
7	PLAN DE ACCIÓN.....	114
7.1	OBJETIVOS DE CONSERVACION	114

7.2	OBJETIVOS OPERACIONALES	116
7.2.1	<i>Objetivos Generales</i>	116
7.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	116
7.3	PROGRAMAS DE ACCIÓN Y OBJETIVOS OPERACIONALES	118
7.3.1	<i>Programa I. Mitigación Ambiental</i>	119
7.3.2	<i>Programa II. Conservación y Protección de Especies Focales y Sombrilla en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal</i>	123
7.3.3	<i>Programa III. Investigación Ambiental</i>	126
7.3.4	<i>Programa V. Seguimiento y Control</i>	129
7.4	RESUMEN DEL PLAN DE ACCION.....	131
8	CONCLUSIONES	132
9	BIBLIOGRAFÍA	136

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Criterios de Valoración de los Humedales Colombianos (Naranjo et al., 1999)	4
Tabla 2. Puntajes de la Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para el Índice MWP/Col (Roldán, 2003)	10
Tabla 3. Clases de Calidad del Agua asociados al Método BMWP/Col (Roldán, 2003)	11
Tabla 4 Coordenadas de los Puntos de Muestreo Establecidos en el Humedal El Cocal	11
Tabla 5 Calidad del Agua para diferentes Usos del Recurso Hídrico (Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura).....	14
Tabla 6 Ponderación Aplicada a los Parámetros usados los ICA´s (Rojas, 1991).....	16
Tabla 7 Funciones de los Subíndices y Ponderaciones de los Parámetros del ICA de Dinius (1987).....	17
Tabla 8 Uso Actual del Suelo en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal.....	22
Tabla 9 Erosión del Suelo en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal	23
Tabla 10 Geología en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal	24
Tabla 11 Geomorfología en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal	24
Tabla 12 Tipos de Suelos en la Hacienda Hatoviejo.....	30
Tabla 13 Taxonomía de los Suelos presentes en la Hacienda Hatoviejo (García, 2005).....	31
Tabla 14 Caudales Máximos para diferentes Períodos de Retorno.....	39
Tabla 15 Almacenamiento de Agua y Lodo en el Humedal El Cocal	42
Tabla 16 Composición de Fitoplancton en la Madre Vieja el Cocal (Henao-Ramírez, 2004)	45
Tabla 17 Composición de Fitoplancton en la Madre Vieja el Cocal (2005).....	46
Tabla 18 Composición de Zooplancton en la Madre Vieja el Cocal (Henao-Ramírez, 2004)	47
Tabla 19 Composición de Zooplancton en la Madre Vieja el Cocal (2005).....	48
Tabla 20 Composición de Macroinvertebrados en la Madre Vieja el Cocal (Henao-Ramírez, 2004).....	49
Tabla 21 Composición de Macroinvertebrados en la Madre Vieja el Cocal (2005).....	50
Tabla 22 Resumen de los Parametros Fisicoquimicos y Microbiologicos en las Estaciones de Monitoreo de Calidad del Agua de Vijes, Yotoco y Mediacanoa sobre el Rio Cauca Periodo: 1983 - 2005.....	60
Tabla 23 Registros de Calidad del Agua en el Espejo Lagunar del Humedal	64
Tabla 24 Análisis Fisicoquímico de Aguas en la Madre Vieja El Cocal	73
Tabla 25 Análisis In Situ de Aguas en la Madre Vieja El Cocal	74
Tabla 26 Criterios de Calidad Admisibles para Metales Pesados en Diferentes Usos del Agua (Ministerio de Agricultura, 1984).	75
Tabla 27 Análisis de Metales Pesados en Sedimentos en 6 Humedales (Modificado de Mendez, 2003; Gischler, 2005).....	76
Tabla 28 Clasificación del Estado Trófico (CEPIS, 1982).	81
Tabla 29. Clasificación de Eutroficación de los Humedales El Cocal y Laguna de Sonso	81
Tabla 30 Listado de Anfibios, Reptiles y Culebras Presentes y Posibles para el Humedal El Cocal	87
Tabla 31 Listado de Mamíferos Presentes y Posibles para el Humedal El Cocal.....	88
Tabla 32 Especies de Peces Identificados en la Madre Vieja El Cocal	89

Tabla 33 Clasificación de Humedales Naturales (modificado de Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006).....	103
Tabla 34 Síntesis de Conflictos Antrópicos Internos de Orden de Magnitud 2 en el Humedal El Cocal	107
Tabla 35 Objetivos Generales y Específicos de Conservación y sus Posibles Figuras de Conservación.....	115
Tabla 36 Objetivos de Conservación Para el Humedal El Cocal y su Área de Captación.....	117
Tabla 37 Resumen del Plan de Acción.....	131

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Puntos de Muestreo de Calidad del Agua en el Humedal El Cocal.....	12
Figura 2 Rangos de Clasificación del ICA Multiplicativo propuesto por Dinius (1987) en Función del Uso del Agua (León-Vizcaíno, 2000).....	17
Figura 3 Mapa de Localización General de la Madre Vieja El Cocal	25
Figura 4 Rosa de Vientos de la Estación Yotoco (Cenicaña) Período: 1997 - 2005.....	26
Figura 5 Variabilidad y Velocidad del Tiempo en la Estación Yotoco (Cenicaña) Período: 1997 - 2005	27
Figura 6 Temperatura Mínima, Media y Máxima Mensual Multianual en la Estación Yotoco (Cenicaña) Período: 1997 - 2005	27
Figura 7 Humedad Relativa, Precipitación Total y Radiación Solar Mensual Multianual en la Estación Yotoco (Cenicaña) Período: 1997 – 2005	28
Figura 8 Ubicación de Suertes en la Hacienda Hatoviejo.....	29
Figura 9 Tipos de Suelos Hacienda Hatoviejo (García, 2005).....	32
Figura 10 Curva de Calibración H – Q Estación: Mediacanoa	36
Figura 11 Caudales Medios Mensuales Multianuales. Estación: Mediacanoa	36
Figura 12 Secciones Transversales en la Estación Mediacanoa	37
Figura 13 Caudales y Niveles Máximos, Medios y Mínimos Anuales Estación Mediacanoa (Hernández, 2005).....	38
Figura 14 Características de una Sección Transversal.....	39
Figura 15 Curvas de Duración de Caudales y Niveles de Agua Diarios en la Estación Mediacanoa (Hernández, 2005).	40
Figura 16 Relación Volumen de Almacenamiento – Nivel de Agua.....	41
Figura 17 Relación Área – Volumen –Nivel Humedal El Cocal	43
Figura 18 Niveles en el Humedal El Cocal y en el Río Cauca (Período: Nov/05 – Feb /06)	44
Figura 19 Macroinvertebrados en el Humedal El Cocal (Henao-Ramírez, 2004).....	49
Figura 20. Calidad del Agua del Humedal El Cocal según el Índice BMWP/Col.....	53
Figura 21 Variación de Caudal, OD, DBO ₅ Y DQO en el Río Cauca Tramo: Salvajina – La Virginia Condición Estacional: Invierno (CVC- Universidad del Valle, 2001)....	55
Figura 22 Variación de Caudal, OD, DBO ₅ Y DQO en el Río Cauca Tramo: Salvajina – La Virginia Condición Estacional: Promedio (CVC- Universidad del Valle, 2001)..	56
Figura 23 Variación de Caudal, OD, DBO ₅ Y DQO en el Río Cauca Tramo: Salvajina – La Virginia Condición Estacional: Verano (CVC- Universidad del Valle, 2001).....	57
Figura 24 Esquema de Tributarios al Río Cauca entre las Estaciones de Calidad del Agua Paso de La Torre y Mediacanoa (Modificado de CVC-Universidad del Valle, 2001b)	61
Figura 25 Variación de pH en el Humedal El Cocal.....	65
Figura 26 Variación de pH en el Humedal El Cocal.....	66
Figura 27 Variación del Color en el Humedal El Cocal	67
Figura 28 Variación del Oxígeno Disuelto en el Humedal El Cocal	68
Figura 29 Variación de la Conductividad y los Sólidos Disueltos en el Humedal El Cocal	69
Figura 30 Variación de la Dureza Total en el Humedal El Cocal.....	70

Figura 31 Variación de los Coliformes Totales y Fecales en el Humedal El Cocal.....	70
Figura 32 Resultados de los Índices de Calidad ICA's NSF Multiplicativo y Olga-Rojas en el Humedal El Cocal.....	78
Figura 33 Resultados del Índice de Calidad ICA de Dinius en el Humedal El Cocal.....	78
Figura 34 Resultados de los Índices de Contaminación ICO's (ICOMI, ICOMO e ICOSUS) en el Humedal El Cocal	79
Figura 35 Distribución de Especies por Hábitat.....	86
Figura 36 Curva de Saturación de Especies de Aves	86
Figura 37 Cuenca del Río Magdalena ¹¹⁶	93
Figura 38 Árbol de Problemas y Consecuencias del Humedal El Cocal.....	108
Figura 39 Programas de Acción para el Plan de Manejo Ambiental del Humedal El Cocal ...	118

LISTADO DE FOTOS

Foto 1 Instalación de la Mira en el Humedal El Cocal	7
Foto 2 Puntos de Monitoreo para los Muestréos de Calidad del Agua	13
Foto 3 Puntos de Monitoreo In Situ para los Muestréos de Calidad del Agua	13
Foto 4. Uso Actual del Suelo	33
Foto 5. Árboles en la Hacienda Hatoviejo	34
Foto 6. Estaciones de Monitoreo Hidrobiológicos en el Humedal El Cocal.....	51
Foto 7 Árbol de Apareamiento de Colonias Miztas de Garzón Azul (<i>Ardea cocoi</i>) y la Garza Real (<i>Casmerodius albus</i>)	83
Foto 8 Deposición de Sedimentos en el Canal de Comunicación Río Cauca – Humedal El Cocal (Enero 28 de 2006).	96
Foto 9 Estiércol en el Espejo Lagunar del Humedal El Cocal	97
Foto 10 Lechuguilla y Ciperaceas	105

1 INTRODUCCIÓN

Al elaborar el plan de manejo integral como un instrumento de planificación, se incluyeron tres fases: una primer fase diagnóstica con el fin de determinar la línea base de indicadores biofísicos que afectan la integridad del ecosistema a nivel de su cuenca de captación (CVC, 2004)¹, una fase de análisis y evaluación, y finalmente una fase de determinación de planes de acción a corto, mediano y largo plazo para su uso racional y sostenible como humedal para beneficio de la humanidad, manteniendo las propiedades naturales del ecosistema.

De acuerdo con los factores de afectación de los humedales colombianos descritos por el Ministerio del Medio Ambiente (2002)², el Humedal El Cocal ha sido alterado por la transformación total de orden de magnitud 1 debido a la construcción de la represa de Salvajina en el año de 1987 y la adecuación de tierras inundables de la planicie del río Cauca, que modificó el régimen hidrológico natural del río así como sus zonas de inundación con la construcción de diques y drenajes; en el mismo orden de magnitud, la introducción de tilapia (*Oerochromis sp*) en el alto de río Cauca en la década de los 70's (Patiño, 1973)³ y rana toro (*Rana catesbeiana*) ha ocasionado un cambio en las estructuras de las comunidades biológicas por ser especies predatoras y por lo tanto ha conllevado a la pérdida de biodiversidad y disminución de especies nativas como el Bocachico (*Prochilodus reticulatus*) (Universidad del Valle – CVC, 1998)⁴.

Sin embargo, la pérdida de biodiversidad en los ecosistemas se deben a procesos de cambio por procesos naturales acelerados y a la presión antropogénica; esta última finalmente se traduce en la transformación del paisaje y fragmentación del hábitat, introducción y transplante de especies, sobreexplotación de los recursos y contaminación, así como a causas indirectas como la expansión agrícola, débil capacidad institucional para reducir los impactos y principalmente un desconocimiento del potencial estratégico de la biodiversidad (Bolívar et al., 2004)⁵.

Restrepo y Naranjo (1987)⁶, presentan un recuento histórico de la disminución de humedales y las implicaciones que esto tiene en términos de la reducción de los diferentes tipos de

¹ CVC. (2004). Plan de Acción Trienal 2004 – 2006. Subdirección de Direccionamiento Estratégico Corporativo. Santiago de Cali. Colombia. 163 p.

² Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia: Estrategia para su Conservación y Uso Sostenible. Republica de Colombia. Santafe de Bogota. Colombia 67 p.

³ Patiño, R. A. (1973). Especies de Peces Introducidas al Alto Río Cauca. CESPEDESIA No. 2(5).

⁴ Universidad del Valle – CVC. (1998). Estudio Hidrobiológico de la Laguna de Sonso. Santiago de Cali. Colombia. 165 p.

⁵ Bolívar, W., Echeverri, J., Reyes, M., Gómez, N., Salazar, M.I., Muñoz, L.A., Velasco, E., Castillo, L.S., Quiceno, M.P., García, R., Pfaffner, A.M., Giraldo, A. y Ruiz, S. L. (2004). Plan de Acción en Biodiversidad del Valle del Cauca: Propuesta Técnica. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt. Bogotá. Colombia. 166 p.

⁶ Restrepo, C y Naranjo, L.G. (1987). Recuento Histórico de la Disminución de Humedales y la Desaparición de Aves Acuáticas en el Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia. En: Memorias III Congreso Ornitología Neotropical. Cali. Colombia. P 43 – 45.

vegetación y hábitats, y por lo tanto en la reducción de diferentes especies de aves acuáticas en el valle geográfico del río Cauca que dependen de los espejos de agua, playas lodosas, cinturones de vegetación entre otros. Estos reportan una desaparición del 87.7% de humedales y la desaparición de 11 especies de aves acuáticas en la Laguna de Sonso entre 1950 y 1987.

CVC (1990)⁷ reporta que para el año de 1957 los humedales representaban un 2% (10049 Ha) y el bosque seco tropical un 8% (25320 Ha) del total existente en el Valle Geográfico del Río Cauca, y para el año de 1986 se encontró una reducción de estos ecosistemas reflejada en un 1% (2796 Ha) de humedales y un 2% (8666 Ha) de bosque seco tropical. Observándose una pérdida de cobertura del 72% de humedales y un 66% en bosque seco tropical.

Teniendo en cuenta la pérdida de humedales en el valle geográfico del río Cauca y dado que la madreveja El Cocal hace parte de un grupo de humedales del río Cauca y una extensión natural de la reserva de la Laguna de Sonso separada por el río Cauca, su importancia radica en las franjas de bosque de galerías y árboles relictos dentro del área de captación, lo que aumenta la extensión de ecotonos y por lo tanto se favorece las especies que requiere diversos nichos que comparte hábitats y territorios de fauna particularmente avifauna, que habita durante su ciclo de vida bastos territorios en busca de alimentación y reproducción según los periodos estacionales.

El mandato para conservación y protección de este humedal como ecosistema estratégico es contundente, la tarea que afronta este plan de manejo es determinar su importancia en cuanto a su biodiversidad, amenazas que afectan su integridad y como mitigar dichas amenazas para restaurar las condiciones de resiliencia de este ecosistema a través de indicadores que deben monitorear su condición ecológica y la capacidad de la sociedad para mejorarlo a través de planes de acción.

⁷ CVC. (1990). Comparación de Cobertura de Bosques y Humedales entre 1957 y 1986 con Delimitación de las Comunidades Naturales Críticas en el Valle Geográfico del Río Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Grupo de Gestión Ambiental. Centro de Datos para la Conservación. Cali. Colombia.

2 PREÁMBULO

Colombia cuenta con las herramientas para la protección y conservación de los humedales a partir de su Constitución política de 1991 “*que eleva el medio ambiente a la calidad de derecho constitucional colectivo, estableciendo derechos y deberes de la sociedad en relación con el manejo y protección de los recursos naturales, instando como elemento constitucional el desarrollo sostenible y asignando funciones de protección ambiental a diferentes autoridades del poder publico*” (CVC, 2004)⁸.

A nivel Regional, CVC creó en el año de 1991 el Programa de Manejo de los Humedales y Centro de Datos para la Conservación, anticipando en más de diez años una política nacional, y declaró la importancia de este ecosistema estratégico para el Valle de Cauca, *el Bosque Seco Tropical y Humedales* en el año de 1997.

A nivel Internacional, Colombia adquirió compromisos a través de dos convenios: el de Biodiversidad en 1994⁹ y el del RAMSAR en 1997¹⁰.

A nivel Nacional mediante la Resolución 157 de 2004, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se adoptó unas medidas para garantizar el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales en Colombia, y en el año de 2002 se consolida la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia¹¹, donde se establece la normativa nacional para unificar los criterios de todas las Corporaciones Regionales, y se reconoce que los humedales son ecosistemas estratégicos por presentar una serie de características que los hacen vitales para la conservación de biodiversidad y por su oferta de funciones, productos y atributos (Tabla 1).

Por medio de la Resolución 0196 de 2006¹² se adopta la Guía Técnica para la Formulación, Complementación o Actualización, por parte de las autoridades ambientales competentes en su área de jurisdicción, de los Planes de Manejo para los Humedales Prioritarios en Colombia y para la delimitación de los mismos.

A nivel Municipal el Esquema de Ordenamiento Territorial, EOT, de Diciembre del 2000¹³ para el municipio de Yotoco, reglamentado por la Resolución CVC No DG 481 de Noviembre de 2000 y por el Acuerdo Municipal No 045 de Diciembre de 2000, declara las Madreviejas

⁸ CVC. (2004). Plan de Acción Trienal 2004 – 2006. Subdirección de Direccionamiento Estratégico Corporativo. Santiago de Cali. Colombia. 163 p.

⁹ República de Colombia. (1994). Ley 165 de 1994. Bogotá. Colombia.

¹⁰ República de Colombia. (1997). Ley 357 de 1997. Bogotá. Colombia.

¹¹ Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia: Estrategia para su Conservación y Uso Sostenible. República de Colombia. Santafe de Bogotá. 67 p.

¹² Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0196 de 1 de Febrero de 2006. Bogotá. Colombia. 36 p.

¹³ Municipio de Yotoco. (2000). Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT Yotoco 2000 – 2010: Documento Técnico de Soporte. Yotoco, Colombia. 91 p.

zonas estratégicas y reservas naturales del municipio donde se incluye la Madre Vieja El Cocal o La Isla, y además se declara la Quebrada Negritos en sus 8 km de extensión como área de conservación y protección de los recursos naturales, así como el adecuado uso del recurso hídrico-biológico natural y vegetación nativo, anticipando el *Corredor Biológico*.

Tabla 1 Criterios de Valoración de los Humedales Colombianos (Naranjo et al., 1999)¹⁴

Categoría	Valor del Humedal
Funciones	Recarga de Acuíferos
	Descarga de Acuíferos
	Control de flujo
	Retención de sedimentos y tóxicos
	Retención de nutrientes
	Estabilización de la línea costera
	Protección contra tormentas
	Transporte acuático
	Soporte de cadenas tróficas
	Hábitat para vida silvestre
Productos	Recursos de vida silvestre
	Pesquerías
	Recursos forrajeros
	Recursos agrícolas
	Fuentes de agua
Atributos	Recursos forestales
	Diversidad biológica
	Importancia cultural e histórica

El municipio de Yotoco desde hace 8 años cuenta con un incentivo fiscal para lo propietarios que respeten la cobertura natural como área protectora de las fuentes de agua donde se incluyen los humedales.

Manejo descentralizado: Con el fin de propiciar la concertación con los diferentes actores sociales y de la sociedad civil para el manejo, conservación y usos sostenibles, ASOYOTOCO (una ONG Ambiental local, de usuarios del agua) lideró la formación del Comité Local de Humedales para las 10 Madre Viejas existentes en el Municipio durante el mes de noviembre del año 2003, con el aval de todos los propietarios quienes reconocen el espejo de agua como un bien de la estado, aun cuando en su escrituras figura como propiedad privada.

Durante el año 2004, ASOYOTOCO con ASOCAÑA y por medio de un convenio de CVC concertó con los propietarios de la Hacienda Hatoviejo la reforestación de las áreas protectoras de la madre vieja El Cocal, ubicada en sus predios, y en la ribera del río Cauca que pasa por

¹⁴ Naranjo, L.G: Andrade, G. I. y Ponce de León, E. (1999). Humedales Interiores de Colombia: Bases Técnicas para su Conservación y Uso Sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, Ministerio de Medio Ambiente. Santafé de Bogotá. Colombia. 78 p.

esta propiedad. Posterior a esto, durante este mismo año, CVC priorizó un estudio sobre esta Madre Vieja, sobre el cual no existían ningún tipo de monitoreo.

Como antecedente se debe tener en cuenta que Salcedo et al (1991)¹⁵, clasificó esta madre vieja como palustre colmatado. Un par de años después los propietarios del predio, donde se ubica este humedal, en un esfuerzo por recuperar el espejo de agua limpiaron en forma mecanizada el brazo occidental con una extensión de aproximadamente de 6 Ha cuyo estado de sucesión vegetal era predominado por junco (*Thypha domingensis*), acto que atrasó la sucesión natural temporalmente. Actualmente el espejo lagunar no alcanza la 0.5 Ha y se encuentra dominada por lechuguilla (*Pistia stratiotes*) y junco (*Thypha domingensis*) debido a la calidad del agua y el estado eutrófico o enriquecimiento por altas concentraciones de nutrientes en términos de nitrógeno y fósforo principalmente.

¹⁵ Salcedo, E., Gómez, E y Fernández, J. (1991). Plan de Manejo Integral de Humedales y Ecosistemas Naturales Asociados Ubicados en el Valle Geográfico del Río Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Cali. Colombia. 82 p.

3 METODOLOGÍA

3.1 COMPONENTE ABÓTICO

3.1.1 Caracterización Climática

- Se recolectó información de ubicación de estaciones hidroclimatológicas que posee la CVC, IDEAM y CENICAÑA en la zona de estudio.
- Para la selección de la información de las estaciones, se determinó el grado de influencia de cada una de ellas en la zona de estudio por medio de la metodología de los Polígonos de Thiessen (Jiménez, 1992)¹⁶, que consiste en unir con líneas rectas las estaciones ubicadas en la zona de estudio y a estas líneas trazarles las mediatrices, formando así polígonos alrededor de cada estación. El parámetro climatológico medio será el resultado de la sumatoria de los productos del parámetro a evaluar registrados en cada estación por el área de cada polígono y su relación con el área total.
- Para conocer la dinámica climática del humedal se establecerán las tendencias de variación mensual multianual de cada uno de los parámetros mencionados anteriormente con la información histórica disponible de la ó las estaciones seleccionadas.

3.1.2 Caracterización y Monitoreo Hidrodinámico

Se recopiló y se analizó información hidrológica e hidráulica de la estación Mediacanoa sobre el río Cauca por ser geográficamente la más cercana a la zona de estudio contenida en el Boletín Hidrológico (CVC, 2002) y CVC-Universidad del Valle (2001). La información existente de niveles y caudales se clasificó de acuerdo con la entrada en funcionamiento de la Represa de Salvajina, por lo que los registros existentes antes del año de 1989 se denominaron período Pre-Salvajina y los registros a partir del año de 1989 se denominaron período Post-Salvajina.

Para estimar los caudales máximos o extremos en la estación Mediacanoa sobre el Río Cauca, se seleccionaron los caudales máximos anuales para cada uno de los períodos de Pre-Salvajina y Post-Salvajina, aplicando un análisis de frecuencia utilizando como factor de frecuencia la distribución de Gumbel (CVC- Universidad del Valle, 2001a)¹⁷. Y para determinar los eventos extremos, se realizó un análisis probabilístico con referencia a caudales máximos anuales, el cual busca asignar a cada evento una probabilidad (p) de ser igualado o excedido para un período de retorno (Tr).

¹⁶ Jiménez, H. (1992). Hidrología Básica I. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Departamento de Mecánica de Fluidos y C.T. Área Hidrología Riegos y Drenajes. Cali. Colombia. 187 p.

¹⁷ CVC – Universidad del Valle. (2001a). Caracterización del Río Cauca: Tramo Salvajina – La Virginia. Proyecto de Modelación del Río Cauca – PMC. Volumen II: Datos y Registros. Santiago de Cali.

Debido a que en el humedal no se han realizado estudios hidrológicos e hidrodinámicos, se instaló una mira suministrada por el **Ingenio Pichichí** el día 31 de Octubre del 2005 con el fin de tomar registros de niveles en el cuerpo lagunar de la Madre Vieja para su posterior análisis, cuyo cero de mira es 938.831 (Foto 1).



Foto 1 Instalación de la Mira en el Humedal El Cocal

Con el fin de establecer de manera clara y precisa el inventario general y estado inicial de la Madre Vieja, la necesidad de adecuación de obras, los impactos generados sobre el medio físico, etc. Se realizó estudios de batimetría y topografía.

Para este estudio se contó con la colaboración del equipo de trabajo y los equipos del **Ingenio Pichichí**, donde se utilizó una estación total electrónica marca PENTAX modelo R-315 con dos reflectores o colectoras PENTAX con visibilidad en condiciones normales de 20 km y visibilidad en condiciones buenas de 40 km sin calor y con viento moderado. La información se postprocesó con el módulo Autocad versión 2004 y SierraSoft en las instalaciones del Ingenio Pichichí con sus respectivas licencias.

Con el propósito de georeferenciar y nivelar, tanto el levantamiento batimétrico como el topográfico, a un único sistema de coordenadas que permita una posterior comparación con los

niveles del río Cauca y otros afluentes, se realizó con estación total una poligonal cerrada alrededor del humedal en el sistema IGAC.

3.1.2.1 Levantamiento Batimétrico

El objetivo de esta actividad es el de obtener un plano batimétrico que represente, de la mejor manera posible, desde el punto de vista técnico y operativo, la forma actual del fondo del humedal.

El levantamiento batimétrico se realizó por medio de estación total, debido a la precisión alcanzada con este tipo de equipo es mayor al método tradicional de la ecosonda y principalmente, debido a las condiciones especiales del humedal, como es la existencia de una gran cantidad de plantas acuáticas y la limitación de realizar cortes y grandes movimientos de estos que finalmente dificulta el libre desplazamiento de la embarcación con la ecosonda, incrementando el error en la medida de la distancia.

El levantamiento batimétrico comprendió la toma de 50 secciones transversales con 6 puntos de sondeo por cada sección, donde las primeras 18 secciones estaban espaciadas cada 20 metros en la zona noroccidente, el resto fueron espaciadas cada 40 m debido a las condiciones vegetativas del humedal. Adicionalmente, se tomaron algunos puntos entre las secciones transversales, los cuales permitieron definir, de manera clara, el perfil longitudinal de la laguna, y/o características morfológicas de gran relevancia desde el punto de vista hidrodinámico de esta.

Como resultado de esta actividad se obtuvo un plano en planta con curvas isobatas, 16 secciones transversales de la laguna y 2 secciones transversales más donde toma los dos lados de la Madre Vieja, los cuales fueron obtenidos a partir de una nube de puntos georeferenciados, y un perfil longitudinal del fondo y nivel de agua existente en la misma.

3.1.2.2 Levantamiento Topográfico

El objetivo de esta actividad es efectuar el levantamiento topográfico de una parte de la zona de amortiguamiento de crecientes, alrededor del espejo de agua y la línea de costa actual. Este levantamiento topográfico se desarrolló con estación total y comprendió la toma de numerosos puntos radiados a partir de los deltas de una poligonal cerrada. Dentro del corredor a levantar, se detalló todas las obras hidráulicas de la infraestructura del lugar, tales como diques, terraplenes, carreteables, alcantarillas, canales, etc.

3.1.3 Monitoreo y Seguimiento Hidrobiológico

Esta caracterización consistió en el análisis de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, fitoplancton y zooplancton mediante un muestro que se realizó el día 28 de octubre del 2005 y la recopilación de información existente.

Se realizó una observación general del humedal y su entorno, mediante un recorrido se determinó realizar el muestreo hidrobiológico en tres sectores del humedal; denominados estaciones o puntos de referencia como No. 1 extremo donde el espejo de agua se reduce agudamente; los puntos No. 2 y 3 se tomaron en los sitios de mayor concentración de lechuguilla (*Pistia stratiotes*), seguidamente se procedió con la toma de las muestras, rotulación y traslado al laboratorio para dar continuidad al proceso de separación, conteo, identificación y análisis.

3.1.3.1 Fitoplancton y Zooplancton

Se determinó la zona fótica por medio del disco Secchi, y se hizo un muestreo a diferentes profundidades (fondo, medio y superficie) para su posterior integración. A nivel superficial se realizó arrastre horizontal con redes para fitoplancton y zooplancton de diferente tamaño de ojo, por espacio de cinco a diez minutos desde un bote de remos o canoa en cada sitio de muestreo. Las muestras colectadas se pasaron a recipientes plásticos con tapa rosca y se fijarán in situ con una solución de formol al 4% y lugol.

Las muestras se trasladaron al laboratorio para sus análisis, donde se separaron de acuerdo al tipo de organismos (fitoplancton y zooplancton), se pasaron por claves taxonómicas para precisar su identificación y realizar el conteo.

3.1.3.2 Macroinvertebrados Acuáticos

Dado que el objetivo principal del muestreo radica en la recolección de una gran variedad de macroinvertebrados acuáticos se exploró cuidadosamente cada uno de los hábitats posibles y disponibles en los sitios de muestreo establecidos, para lo que es muestreo se hará en un área entre 10 y 30 m de acuerdo a las condiciones dominantes de las estaciones a muestrear.

Se realizó un muestreo de las orillas con nasas o red tipo Donet, las cuales se adaptan bien a los bordes y tipo de sustratos. El material se pasó por un cedazo (tamiz) o una red para lavar el exceso de lodo o arena.

Se hizo un muestreo con una red de pantalla en las zonas cercanas a la orilla y de corriente; para lo cual una persona se colocó en contra de la corriente sujetando la red de los extremos, la otra persona se coloca el dirección de la corriente quien removerá el fondo con las manos logrando que el material removido se acumule en la red, este procedimiento se repite tres veces.

Se practicaron barridos en las orillas, parte media y el centro; y se realizará una recolección manual levantando ramas y hojas, o cualquier sustrato existente en la zona de estudio, donde habitan cierto tipo de organismos que utilizan esta clase de sustratos. Los organismos se capturaron por medio de pinzas, pinceles, agujas y brochas pequeñas; con la finalidad de evitar el deterioro de sus estructuras. Se procede a guardar el material en bolsas plásticas o en recipientes plásticos con alcohol al 70%.

Las muestras se llevaron al laboratorio donde se observaron en el estereoscopio, se revisaron por grupos taxonómicos por medios de guías y claves, para precisar su clasificación e identificación y se realizaron registros fotográficos y conteo. Una vez obtenida la información se procedió a registrar y procesar para el respectivo análisis de bioindicación y estado del ecosistema acuático basado en estos grupos de organismos mediante el método BMWP/Col como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos en Colombia propuesto por Roldán (2003)¹⁸.






El método BMWP/Col consiste en la identificación cualitativa a nivel de familia de los macroinvertebrados, y se asigna un puntaje de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación de materia orgánica, en donde los grupos más sensibles reciben un puntaje de 10 y los más tolerantes a la contaminación reciben una puntuación de 1 (Tabla 2). La suma de todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP/Col, y de acuerdo con este puntaje, se califica las diferentes clases de agua (Tabla 3).

Tabla 2. Puntajes de la Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para el Índice BMWP/Col (Roldán, 2003)¹⁶

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

¹⁸ Roldán, G. (2003). Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia: Uso del Método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Primera Edición. Medellín. Colombia. 170p.

Tabla 3. Clases de Calidad del Agua asociados al Método BMWP/Col (Roldán, 2003)¹⁹

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	> 101	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16 -35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

3.1.4 Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Agua

Los puntos de monitoreo para los muestreos se escogieron de acuerdo a las entradas y salidas de agua que presenta el humedal en relación con la distribución de los canales en la Hacienda Hatoviejo y se georeferenciaron con GPS (Tabla 4 y Figura 1).

Tabla 4 Coordenadas de los Puntos de Muestreo Establecidos en el Humedal El Cocal

Estación de Monitoreo	Coordenadas	
	N	W
Espejo Lagunar	03°48'49,1"	76°23'00,1"
Estación de Bombeo 1	03°49'10,5"	76°22'57,6"
Carretera Panorama	03°48'52,5"	76°23'31,4"
Estación de Bombeo 2	03°48'45,2"	76°23'01,3"
Zona Cubierta con Vegetación	03°48'54,8"	76°22'57,3"
Río Cauca	03°49'07,2"	76°22'46,0"

Se recopiló la información histórica existente y se realizó 2 muestreos durante los días 27 de Septiembre y 12 de Diciembre del 2005; 1 muestreo por condición estacional en 3 puntos de monitoreo: Espejo Lagunar, Carretera Panorama y Estación de Bombeo 1 (Foto 2). Los parámetros fisicoquímicos que se monitorearon corresponden a: pH, temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, sólidos suspendidos, fosfatos, fósforo total, nitrógeno total y amoniacal, nitratos, nitritos, conductividad específica, clorofila A, disco Secchi, coliformes totales y fecales, alcalinidad y acidez total, color verdadero, cloruros, dureza total, hierro total, magnesio y sulfatos.

Adicional a estos puntos de muestreo se seleccionaron otros tres puntos para la toma de datos in situ durante las mismas fechas de muestreo (Foto 3) Los datos in situ que se monitorearon fueron pH, temperatura, conductividad específica, turbiedad, y oxígeno disuelto.

¹⁹ Roldán, G. (2003). Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia: Uso del Método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Primera Edición. Medellín. Colombia. 170p.

Figura 1 Puntos de Muestreo de Calidad del Agua en el Humedal El Cocal



Foto 2 Puntos de Monitoreo para los Muestreos de Calidad del Agua



Foto 3 Puntos de Monitoreo In Situ para los Muestreos de Calidad del Agua

Según el U.S. Geological Survey, la calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas de un curso de agua, en lo referente a un uso en particular (Pratt, 1997²⁰).

En vista de la necesidad de regular el recurso para los diferentes usos y preservar las condiciones naturales de un cuerpo de agua, se han implementado normas de calidad basadas en estándares mínimos para su aprovechamiento en determinado fin. A nivel nacional se han expedido una serie de normas a través de diferentes organismos encargados del manejo y protección de los recursos naturales, dentro de las que se destacan el Acuerdo 014 de 1976 y el Decreto 1594 de 1984.

El Acuerdo 014 de 1976 fue expedido por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC y establece índices relativos a la calidad de las aguas de la cuenca del río Cauca con el fin de reglamentar los vertimientos residuales que puedan afectarlas; y el Decreto 1594 de 1984 fue expedido por el gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura, el cual reglamentó la Ley 09 de 1979 y el Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y

²⁰ Pratt, N. (1997). Bioindicadores de Calidad de Aguas. En: Bioindicadores Ambientales de Calidad del Agua.

vertimientos de residuos líquidos (Tabla 5). Los análisis de los resultados de las campañas de muestreo se realizaron de acuerdo con los diferentes usos del agua establecidos en el Decreto 1594 de 1984 (Ministerio de Agricultura).

Tabla 5 Calidad del Agua para diferentes Usos del Recurso Hídrico (Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura)²¹

Parámetro	Unidad	Rango Admisible							
		Consumo humano y uso doméstico, previo tratamiento convencional	Consumo humano y uso doméstico, previa desinfección	Agrícola	Pecuario	Recreativo por contacto primario	Recreativo por contacto secundario	Conservación de fauna y flora	Vertimiento a cuerpo de agua
pH	Unidades	5.0 – 9.0	6.5-8.5	4.5-9.0		5.0 – 9.0	5.0 – 9.0	6.5-9.0	5-9
Oxígeno Disuelto	mg/l					5.2 ⁽¹⁾	5.2 ⁽¹⁾	5.2 ⁽¹⁾	
Aluminio	mg/l			5.0	5.0				
Arsénico		0.05	0.05	0.1	0.2				
Amoniaco		1.0	1.0						
Berilio	mg/l			0.1					
Temperatura	(°C)								≤40
Turbiedad	UNT		10						
Color real	UPC	75	20						
mercurio	mg/l	0.002	0.002						
Nitratos	mg/l	10.0	10.0						
Nitritos	mg/l	1.0	1.0		10.0				
Nitratos + Nitritos	mg/l				100.0				
Selenio	mg/l	0.01	0.05						
Sulfatos	mg/l	400.0	400.0						
Cadmio	mg/l	0.01	0.01	0.01	0.05				
Níquel	mg/l			0.2					
Plata	mg/l	0.05	0.05						
Plomo	mg/l	0.05	0.05	5.0	0.1				
Zinc	mg/l	15.0	15.0	2.0	25.0				
Cobre	mg/l	1.0	1.0	0.2					
Cromo	mg/l	0.05	0.05	0.1	1.0				
Cloruros	mg/l	250.0	250.0						
Hierro	mg/l			5.0					
Manganeso	mg/l			0.2					
Coliformes Totales	NMP/100 ml	20000	1000			200	5000		
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2000				1000			
Cianuro	mg/l	0.2	0.2						

Nota: (1) Valor correspondiente al 70% de la concentración de saturación (7.4 mg O₂/l) para el valle geográfico del Río Cauca.
 Contacto Primario: Natación y Buceo
 Contacto Secundario: Deportes Náuticos y Pesca

3.1.5 Índices de Calidad del Agua y de Contaminación

Los Índices de Calidad del Agua (ICA) y de contaminación (ICO) están basados en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y son usados para cuantificar la calidad de una fuente de agua mediante la valoración de estos parámetros. Éstos son convertidos en un solo número, que generalmente se encuentra entre 0 (muy mala calidad) y 100 (excelente calidad) en el caso del ICA, y entre 0 (muy bajo nivel de contaminación) y 1 (muy alto nivel

²¹ Ministerio de Agricultura (1984). Decreto 1594 de 1984. Santafé de Bogotá. República de Colombia. 62 p.

contaminación) en el caso del ICO, definiendo el grado de calidad o de contaminación del cuerpo de agua y expresa que tan adecuado es para un uso específico.

La CVC-Universidad del Valle (2005)²² presentaron una recopilación nacional e internacional de índices de calidad (ICA) y de contaminación (ICO), presentando una recomendación de los mejores índices para ser aplicados en la identificación de parámetros críticos en río Cauca y sus principales tributarios. Por lo que en este presente estudio se aplicó los índices ICA-NSF, el ICA de Dinius (1987)²³, el ICA adaptado al río Cauca por Rojas (1991)²⁴ y los 4 ICO's propuestos por Ramírez y Viña (1998)²⁵ recomendados por CVC – Universidad del Valle (2005)²⁶.

Los índices ICA-NSF y el ICA de Dinius (1987)²⁰ fueron seleccionados porque aunque fueron desarrollados para condiciones propias de una región o país en particular, son ampliamente empleados a nivel mundial y han sido validados por diferentes estudios; los demás índices fueron generados en investigaciones realizadas en ríos colombianos (CVC – Universidad del Valle, 2005)²⁶.

En términos generales la estimación de los ICA's se realizó mediante el método multiplicativo o promedio geométrico a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{ICA} = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} = (I_1^{W_1})(I_2^{W_2})\dots(I_n^{W_n})$$

Donde:

i = parámetros de calidad empleados por el índice (OD, DBO₅, ST...)

I = valor del subíndice de cada parámetro, el cual establece un nivel de calidad (0 = mala calidad y 100 = excelente calidad) a partir de la concentración del parámetro respectivo, (su cálculo se realiza mediante el uso de graficas construidas para cada uno de estos)

W = peso relativo o ponderación asignado a cada variable o parámetro según su importancia.

Posteriormente se determina el peso relativo (W_i) o ponderación según la importancia de cada variable o parámetro en la calidad del agua. Estos pesos se aplican a los subíndices correspondientes a cada parámetro, para generar la media ponderada que constituye el ICA.

²² CVC – Universidad del Valle. (2005). Caracterización y Modelación Matemática del Río Cauca – PMC Fase II: Identificación de Parámetros Críticos en el Río Cauca y sus Principales Tributarios. Cali. Colombia.

²³ Dinius, S.H. (1987). Design of a Index of Water Quality. En: Water Resources Bulletin. Vol 23:5. Pag 833-843.

²⁴ Rojas, (1991). Índices de Calidad del agua en Fuentes de captación. Memorias del Seminario internacional sobre Calidad del agua para consumo. ACODAL-Seccional Valle del Cauca. Cali. Colombia.

²⁵ Ramírez, A y Viña, G. (1998). Criterios de Calidad del agua y su relación con el bentos en el área de influencia del oleoducto Cusiana-Coveñas. Memorias Bioindicadores Ambientales de Calidad del agua. Centro de Investigación en Control de contaminantes, CICIA. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

²⁶ CVC – Universidad del Valle. (2005). Caracterización y Modelación Matemática del Río Cauca – PMC Fase II: Identificación de Parámetros Críticos en el Río Cauca y sus Principales Tributarios. Cali. Colombia.

3.1.5.1 ICA de la National Sanitation Foundation (ICA-NSF)

El Índice de Calidad del Agua de la NSF (ICA-NSF), tienen en cuenta 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos: DBO₅ (mg/l), Oxígeno Disuelto (OD en % Sat), pH (unidades), Turbiedad (UNT), Fosfatos (mg/l), Nitratos (mg/l), Temperatura (desviación de la temperatura desde el equilibrio), Coliformes Fecales (NMP/100 ml) y Sólidos Totales (mg/l). Los pesos que se aplican a los subíndices correspondientes a cada parámetro de este índice se presentan en la Tabla 6.

3.1.5.2 Índice de Calidad del Agua Adaptado al río Cauca por Rojas (1991)

Rojas (1991²⁷) propuso una modificación al ICA multiplicativo de la NSF ajustado a las condiciones del río Cauca por medio de un análisis del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos, proponiendo un Índice de tipo Multiplicativo, conformado por los parámetros y ponderaciones mostradas Tabla 6, mostrando que los nitratos y fosfatos no tenían incidencia en la calidad del agua del río debido a las bajas concentraciones en que se encontraban, y que la temperatura no debía tenerse en cuenta debido a que no existían descargas que pudiesen afectar significativamente la temperatura del agua en este río.

Tabla 6 Ponderación Aplicada a los Parámetros usados los ICA´s (Rojas, 1991)²⁷

a) ICA-NSF		b) ICA de Rojas	
Parámetro	Peso Relativo (%)	Parámetro	Peso Relativo (%)
Temperatura	10	pH	17
Oxígeno Disuelto	17	Oxígeno Disuelto	25
DBO ₅	10	Turbiedad	11
Sólidos Totales	8	DBO ₅	15
Turbiedad	8	Sólidos Totales	11
Fosfatos	10	Coliformes Fecales	21
Nitratos	10		
pH	12		
Coliformes Fecales	15		

3.1.5.3 Índice de Calidad del Agua Propuesto por Dinius (1987)

Dinius (1987)²⁸ propuso un índice multiplicativo estableciendo valores límites del ICA de acuerdo con el uso del recurso hídrico. Este índice tiene en cuenta 12 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (DBO₅, Oxígeno Disuelto, pH, Nitratos, Temperatura, Coliformes Fecales y Totales, Alcalinidad, Dureza, Cloruros, Conductividad y Color). Una

²⁷ Rojas, (1991). Índices de Calidad del agua en Fuentes de captación. Memorias del Seminario internacional sobre Calidad del Agua para Consumo. ACODAL-Seccional Valle del Cauca. Cali. Colombia.

²⁸ Dinius, S.H. (1987). Design of a Index of Water Quality. En: Water Resources Bulletin. Vol 23:5. Pag 833-843.

vez determinado el valor del ICA de acuerdo a las funciones para los cálculos de los subíndices y los porcentajes asignados para este ICA (Tabla 7), se asocia a 6 rangos de clasificación de la calidad del agua de acuerdo al uso al que se destine el recurso hídrico (Figura 2).

Tabla 7 Funciones de los Subíndices y Ponderaciones de los Parámetros del ICA de Dinius (1987)

Parámetro	Función del subíndice (I)	Peso Relativo (%)
DBO ₅	$I_{DBO_5} = 108 (DBO_5)^{-0.3494}$	9.7
OD % Sat	$I_{OD} = 0.82(OD) + 10.56$	10.9
pH	Si pH < 6.9 → $I_{pH} = 10^{0.6803+0.1856 (pH)}$ Si 6.9 ≤ pH ≤ 7.1 → $I_{pH} = 100$ Si pH > 7.1 → $I_{pH} = 10^{3.65 - 0.2216 (pH)}$	7.7
Nitratos	$I_{NO_3} = 125 (NO_3)^{-0.2718}$	9.0
Temperatura	$I_T = 10^{2.004 - 0.0382 T}$	7.7
Coliformes Fecales	$I_{ColiF} = 106 (CF)^{-0.1286}$	11.6
Coliformes Totales	$I_{ColiT} = 136 (CT)^{-0.1311}$	9.0
Alcalinidad	$I_{Alc} = 110(Alc)^{-0.1342}$	6.3
Dureza	$I_{Dur} = 552(Dur)^{-0.4488}$	6.5
Cloruros	$I_{Cl^-} = 391(Cl)^{-0.3480}$	7.4
Conductividad	$I_{Cond} = 506 (Cond)^{-0.3315}$	7.9
Color	$I_{Color} = 127(Color)^{-0.2394}$	6.3

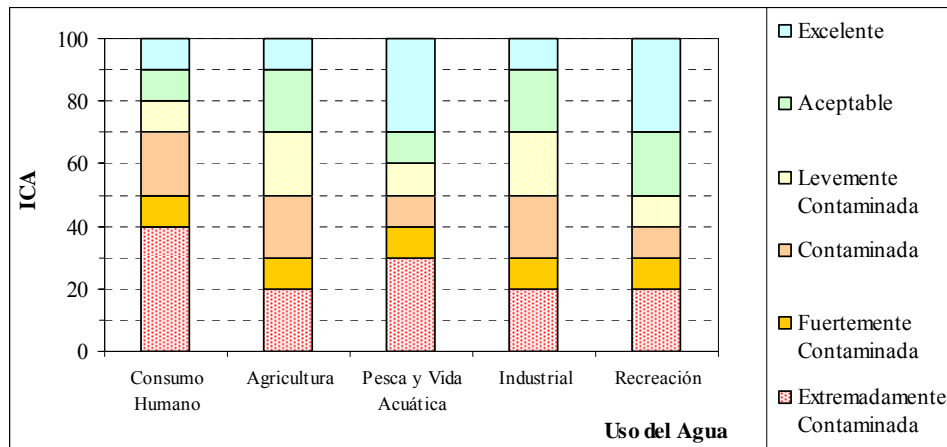


Figura 2 Rangos de Clasificación del ICA Multiplicativo propuesto por Dinius (1987) en Función del Uso del Agua (León-Vizcaíno, 2000)²⁹

²⁹ León-Vizcaíno, L. (2000). Índices de Calidad del agua (ICA), Forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma –Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. México.

3.1.5.4 Índices de Contaminación (ICO's)

Ramírez y Viña (1998)³⁰ propusieron 4 índices de contaminación a partir de una serie de estudios limnológicos en el área petrolera, definiendo el grado de contaminación de un cuerpo de agua mediante un número, que se encuentra entre 0 (muy bajo nivel de contaminación) y 1 (muy alto nivel contaminación) en términos de mineralización, materia orgánica, sólidos suspendidos y nivel trófico. Para este estudio se utilizó los índices de contaminación por mineralización, materia orgánica y sólidos suspendidos.

- **Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)**

Este índice se expresa en función de la conductividad (como reflejo de los sólidos disueltos), la dureza (cationes calcio y magnesio) y la alcalinidad (aniones carbonato y bicarbonato).

$$ICOMI = 1/3(I_{\text{conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

Donde:

$$I_{\text{Conductividad}} = 10^{-3.26+1.34\log(\text{conductividad})}$$

Si conductividad > 270 $\mu\text{S/cm}$, entonces $I_{\text{Conductividad}} = 1$

$$I_{\text{Dureza}} = 10^{-9.09 + 4.4\log(\text{Dureza})}$$

Si dureza > 110 mg/l, entonces $I_{\text{Dureza}} = 1$

Si dureza < 30 mg/l, entonces $I_{\text{Dureza}} = 0$

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0.25 + 0.005 \text{ Alcalinidad}$$

Si la alcalinidad > 250 mg/l, entonces $I_{\text{Alcalinidad}} = 1$

Si la alcalinidad < 50 mg/l, entonces $I_{\text{Alcalinidad}} = 0$

- **Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)**

El índice se definió en función de la DBO_5 , coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno. Las dos primeras reflejan diversas fuentes de contaminación orgánica, y la última expresa la respuesta ambiental del cuerpo de agua a este tipo de polución.

$$ICOMO = 1/3 (I_{\text{DBO}_5} + I_{\text{Colif Total}} + I_{\text{Oxígeno}})$$

³⁰ Ramírez, A y Viña, G. (1998). Criterios de Calidad del Agua y su Relación con el Bentos en el Área de Influencia del Oleoducto Cusiana-Coveñas. Memorias Bioindicadores Ambientales de Calidad del Agua. Centro de Investigación en Control de contaminantes, CICIA. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Donde:

$$I_{\text{DBO}_5} = -0.05 + 0.70 \log (\text{DBO}_5)$$

Si $\text{DBO}_5 > 30 \text{ mg/l}$, entonces $I_{\text{DBO}_5} = 1$

Si $\text{DBO}_5 < 2 \text{ mg/l}$, entonces $I_{\text{DBO}_5} = 0$

$$I_{\text{Colif Total}} = -1.44 + 0.56 \log (\text{Colif Total})$$

Si coliformes totales $> 20000 \text{ NMP/100 ml}$, entonces $I_{\text{Colif Total}} = 1$

Si coliformes $< 500 \text{ NMP/100 ml}$, entonces $I_{\text{Colif Total}} = 0$

$$I_{\text{Oxígeno}} = 1 - 0.01 \text{ Oxígeno}(\%)$$

Si Oxígeno (%) mayor al 100%, $I_{\text{Oxígeno}} = 0$

En sistemas lóuticos, porcentajes de saturación mayores a 100 son ventajosos e indican una buena capacidad de oxigenación. En sistemas lénticos pueden reflejar problemas de eutroficación. Para estos últimos puede usarse: $I_{\text{Oxígeno}} = 0.01 * \text{Oxígeno}(\%) - 1$

- ***Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)***

Los sólidos suspendidos no denotan relación con alguna variable propia de la mineralización y su principal causa la constituyen los procesos erosivos y extractivos, trayendo como principal consecuencia la disminución en la penetración de la luz.

$$\text{ICOSUS} = -0.02 + 0.003 \text{ Sólidos Suspendidos}$$

Si sólidos suspendidos mayores a 340 mg/l , entonces $\text{ICOSUS} = 1$

Si sólidos suspendidos menores a 10 mg/l , entonces $\text{ICOSUS} = 0$

3.1.6 Estado Tráfico

Para establecer el estado tráfico y la incidencia y el aporte de los tributarios, se realizó una recopilación de información existente de muestreos realizados por Henao-Ramírez (2004)³¹ en tres estaciones sobre el espejo lagunar.

Se determinó la limitación de nutrientes con base en las recomendaciones de Vollenweider (1983)³² y Martino (1989)³³ que consideran que la relación Nitrógeno : Fósforo (N:P) para el

³¹ Henao-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madre Vieja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. Colombia. 92 p

³² Vollenweider, R.A. (1983). Eutrophication. Notes Distributed during the II Meeting of the Regional Project on the Eutrophication of Tropical Lakes.

fitoplancton es de 9:1. Por lo que, lagos o embalses con relaciones de nitrógeno a fósforo superiores a 9 son considerados potencialmente limitados por fósforo, mientras que aquellos cuya razón es menor que 9 son limitados por nitrógeno.

El estado trófico del humedal se determinará por medio del Índice de Estado Trófico de Fósforo Total propuesto por Carlson (1977)³⁴, el cual define el estado trófico como el peso total de la biomasa algal de un cuerpo de agua en espacio y tiempo definido. Este índice correlaciona las variables clorofila – a, disco Secchi y fósforo total por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\text{TSI (DS)} = 10 (6 - \text{Ln DS}/\text{Ln } 2)$$

$$\text{TSI (Chl)} = 10 [6 - (2.04 - 0.68 \text{ Ln Chl})/\text{Ln } 2]$$

$$\text{TSI (PT)} = 10 [6 - (\text{Ln } 48/\text{PT})/\text{Ln } 2]$$

3.2 COMPONENTE BIÓTICO

3.2.1 Flora y Fauna

Se realizaron en promedio dos visitas mensuales con un tiempo aproximado de cinco horas por visita, (entre 0700 y 1300). Aunque en un principio se consideró la posibilidad de realizar el muestreo por puntos fijos de observación, por razones más prácticas se estableció una ruta de censo que sin ser extremadamente extensa abarca la totalidad de hábitats posibles dentro del sitio de estudio. Este recorrido parte de la casa de la hacienda “Hato Viejo” pasando por la quebrada “Negritos”, bordeando el humedal y finalizando en el cultivo de caña que colinda con la carretera Panorama. La distancia total de este recorrido es de aproximadamente 4 Km. Se usaron binóculos 8 x 32 para realizar las observaciones.

En cada avistamiento de avifauna se registró el hábitat, el tipo de actividad, dentro de la cual se distinguieron varias categorías (reposo, forrajeo, vuelo, acicalamiento, canto, etc.), el número de individuos, el sustrato, el estrato y la edad del individuo (juvenil o adulto); información que fue consignada en planillas. Así mismo con el fin de determinar si las especies se mueven con más frecuencia a una altura determinada se distinguieron 5 estratos. Estrato 1: 0 a 1.5 m; estrato 2: 1.5 a 3 m; estrato 3: 3 a 6 m; estrato 4: de 6 a 8 m; estrato 5: 8m en adelante.

Los datos se digitalizaron bajo Microsoft Excel, a partir de los cuales se realizaron los análisis de la comunidad aviar. La frecuencia de observación se calculó según la fórmula $F = n/N$, en

³³ Martino, P. (1989). Curso Básico sobre Eutroficación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 69 p.

³⁴ Carlson, R.E. (1977). A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography*. 22:361-369.

donde n es número de jornadas en las cuales se observó cada especie y N el número total de jornadas de observación. La frecuencia de observación de cada especie y el número de individuos se utilizó como índice de abundancia relativa y se les asignaron las siguientes categorías (Naranjo, 1992)³⁵:

Rara = Especie observada menos del 10% de los días de censos

Escasa = Especie observada entre el 10 y el 50% de los días de censos

Común = Especie observada mas del 50% de los días de censos

Abundante = Especie común y con mas de 50 individuos observados en los días de censos.

3.2.2 Ictiofauna

Los muestreos de fauna íctica en el cuerpo de agua de la Madre Vieja El Cocal fueron seleccionados por los pescadores que pertenecen a la asociación de pescadores artesanales de Yotoco en las orillas y el centro del humedal.

Los muestreos se realizaron en dos fechas de muestreo durante los meses de octubre y noviembre del 2005. Durante la faena de pesca se utilizaron tres artes de pesca con el fin de reducir la selectividad en el muestreo y poder representar en la captura las diferentes especies que se encuentran en el cuerpo de agua.

Se emplearon atarrayas con distancia entre nudos de 6 y 10 cm; en las orillas de la madre vieja donde la profundidad era de 2 m, se utilizó trasmallo de fibra de nylon de 50 m de ancho y 3 m de largo con ojo de malla de 10 cm, ubicado transversalmente con una profundidad de 6 m, revisándolo en diferentes horas del día y de la noche, y por último dos pescadores se ubicaron en las zonas de las orillas con varas de pesca por espacio de 4 horas.

En las orillas y canales se utilizaron pequeñas redes de mano con trama de 3 mm y atarraya de 7 cm de entrenudo. Las capturas realizadas fueron identificadas en el sitio de muestreo. Se tomó nota de la fecha, hora de captura, tipo de hábitat y del arte de pesca empleado.

3.3 SOCIOECONÓMICA

Se recolectó y se analizó la información existente de los principales actores en la zona de estudio así como agremiaciones, organizaciones base y no gubernamentales, Ingenio Pichichí, líderes comunitarios, entidades de orden local y regional, así como información de escolaridad, vías de acceso, asentamiento cercanos, disposición de residuos, aspectos demográficos, centros de salud, servicios públicos, uso actual y tradicional de la tierra, etc.

³⁵ Naranjo, L. G. 1992. Estructura de la Avifauna en un Área Ganadera en el Valle del Cauca, Colombia. *Caldasia* 17(1): 55 – 66.

4 CARACTERIZACIÓN GENERAL

4.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1 Cuenca de Captación

La cuenca de captación del Humedal El Cocal tiene un área de 2714 Ha, y está definido como la superficie terrestre ocupada por el sistema de drenaje desde el cual las aguas escurren, real o potencialmente, hacia un colector común. Esta cuenca se definió por la línea parte aguas o línea divisoria de agua, la cual se estableció uniendo los puntos de mayor elevación de acuerdo con las curvas de nivel en un mosaico de fotos construidas a partir de la catografía FALL de 1998 (Anexo de Planos 8).

En esta cuenca de captación predomina tres paisajes: 1) Tierras aluviales: dominado por cultivos de caña y ganadería; 2) Piede monte: dominado por relictos de Bosque Seco Tropical y ganaderías muy extensivas con pastos introducidos de África; y 3) Bosque Subandino: localizado en la parte alta de la cuenca.

4.1.1.1 Suelos y Erosión

En el Plano 1 del Anexo 8 se observa que los principales usos actuales en esta cuenca están dominados por pasto (44.5%) y bosque (33.4%), en tercer lugar aparece el cultivo de caña de azúcar con un 11.5% (Tabla 8).

Tabla 8 Uso Actual del Suelo en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal

Uso del Suelo	Área (Ha)	Porcentaje del Área
Bosque	906,6	33,4
Pasto	1208,8	44,5
Rastrojo	14,1	0,5
Café	34,8	1,3
Pasto mejorado	171,9	6,3
Infraestructura	7,7	0,3
Madreviejas	46,1	1,7
Vías	7,0	0,3
Cultivos semestrales	5,5	0,2
Caña de azúcar	311,7	11,5
Total	2714	100

De acuerdo con el Plano 2 del Anexo 2, en esta cuenca predomina en un alto porcentaje erosión de tipo natural (54.9%), seguida de una erosión severa (17.8%) y moderada (14.9%) (Tabla 9).

Tabla 9 Erosión del Suelo en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal

Erosión	Área (Ha)	Porcentaje del Área
Natural	1489,5	54,9
Moderada	404,1	14,9
Severa	482,8	17,8
Muy severa	276,6	10,2

4.1.1.2 Geología y Geomorfología

De acuerdo con CVC- Universidad del Valle (2001)³⁶, el valle del Río Cauca es una fosa tectónica (bloque hundido) entre las cordilleras Occidental y Central (bloques levantados). Geológicamente la margen oeste del bloque levantado en la cordillera Central corresponde a las rocas ígneas efusivas y sedimentarias de los períodos Jurásico - Cretácico y Terciario, respectivamente. El bloque elevado de la cordillera Occidental se compone básicamente de rocas metasedimentarias y sedimentarias volcánicas marinas. En el borde oriental se desarrollaron, discordantemente sobre el basamento, rocas sedimentarias Terciarias de origen continental e intrusiones ígneas del Terciario Superior fuertemente plegadas y falladas por tectonismo, que desencadenó una actividad intrusiva.

La fosa del valle o bloque hundido tiene un basamento ofiolítico y rocas volcánicas sobre el cual reposan rocas sedimentarias continentales Terciarias. El centro del Valle está compuesto por un amplio y grueso relleno aluvial Cuaternario, formado por enormes conos aluviales coalescentes que descienden de las dos cordilleras, debido a la actividad tectónica y depósitos aluviales desarrollados por el mismo río Cauca y sus tributarios. La fosa está limitada al Oriente por el sistema de fallas de Romeral y al Occidente por el sistema Cauca (CVC-Universidad del Valle, 2001)³².

- Depósitos coluviales (Qc): Son depósitos constituidos por detritos acarreados dentro del valle por el lavado de las pendientes y mezclados en cantidades variables con el material del talud. Estos depósitos se presentan especialmente en el piedemonte de la cordillera y se observan en fotografías aéreas en aquellos sectores donde la cordillera está muy próximo al río.

³⁶ CVC-Universidad del Valle. (2001). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización del Río Cauca, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen I. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

- Conos aluviales (Qd): Son formas resultantes de la acumulación de los sedimentos transportados por corrientes fluviales procedentes de las altas vertientes, que encontraron una disminución marcada de la pendiente en las partes bajas de las montañas para su depositación. La textura de los sedimentos varía desde bloques gruesos y gravas mal gradadas en el ápice del cono a material fino y mal seleccionado en la parte distal.

Tabla 10 Geología en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal

GEOLOGIA	Area (Ha)	Porcentaje del Área
Cauce colmatado	16,2	0,6
Cuaternario laterítico	643,5	23,7
Depósitos aluviales	419,7	15,5
Depósitos de conos aluviales	251,8	9,3
Formación volcánica	1208,7	44,5
Intrusivos graboides	130,6	4,8
Madrevieja	43,9	1,6
Total	2714	100

Tabla 11 Geomorfología en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal

GEOMORFOLOGIA	Area (has)	Porcentaje del Área
Colinas de Pie de Vertiente Montanoso Rect y Conv	659,0	24,3
Depósitos de Vertiente	6,3	0,2
Llanura Aluvial de Piedemonte	246,1	9,1
Llanura Aluvial del Río Cauca	435,9	16,1
Relieve Montanoso con insición Moderada	1323,2	48,7
Madrevieja El Cocal	23,3	0,9
Madrevieja Maizena	20,6	0,8
SUM AREA	2714	100,0

4.1.2 Humedal El Cocal

La Madrevieja El Cocal se encuentra ubicada en el municipio de Yotoco, departamento del Valle del Cauca, a una distancia de 26.5 km de Santiago de Cali, a la margen izquierda del río Cauca en la vereda Hatoviejo y en predio de la Hacienda Hatoviejo con Número Predial 00-02-004-034 de la Sociedad Mercedes de Garcés y Cia Ltda., a una altura de 955 msnm en la

zona comprendida entre las coordenadas 1.077.050 N – 1.077.680 N y 913.000 E – 914.000 E (Henaó-Ramírez, 2004)³⁷ (Figura 3).

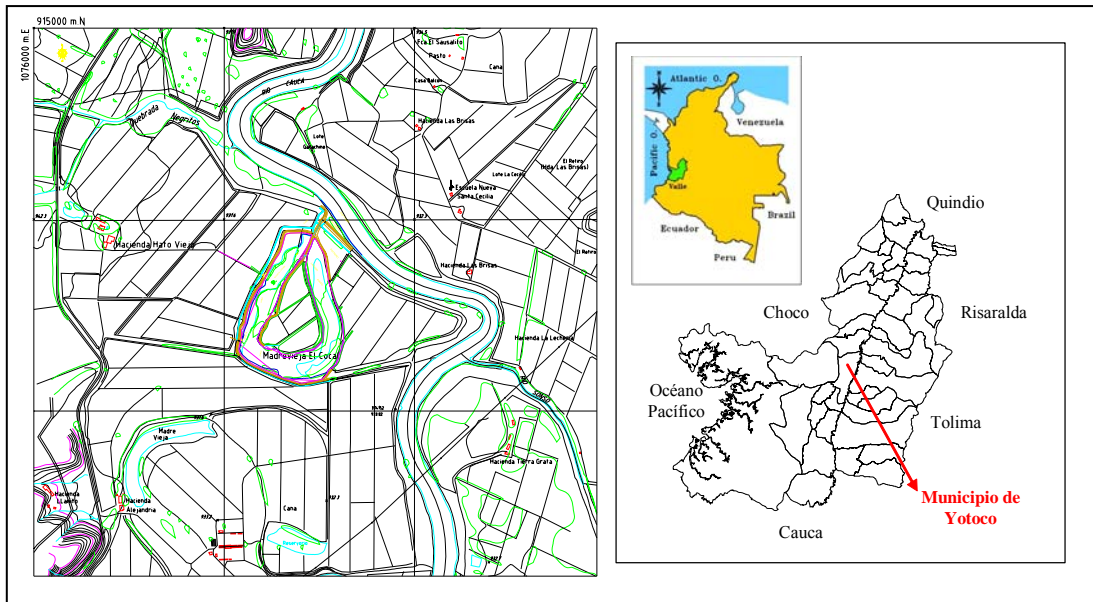


Figura 3 Mapa de Localización General de la Madre Vieja El Cocal

La delimitación del cauce permanente de la madre vieja El Cocal, fue determinado durante las actividades de topografía y batimetría e identificándose que su área es de 14.2 Ha, cubierta en un 95% con una comunidad de plantas macrófitas conformando un mosaico en diferentes etapas de sucesión. El otro 5% corresponde al espejo lagunar.

La madre vieja en un 80% tiene un borde de extensión bien definido y el 20% restante fue alterado al construir dique en el sector noroccidental de la madre vieja, donde actualmente se encuentra como potrero inundable cuando los niveles del río Cauca se aproxima a su banca llena o nivel máximo sin desbordarse.

Tres gramíneas presentes son indicadores de la zona de transición entre la madre vieja con su comunidad de plantas macrófitas y tierra firme. La presencia de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) indican tierra firme no inundable, mientras el pasto pará (*Brachiaria mutica*) y la caña menuda (*Gynerium sagittatum*) corresponden a especies resistentes a inundaciones periódicas. La playa natural en el extremo sur del humedal tiene pasto pará y está sujeto a pastoreo en tiempos de verano. Esto representa invasión de espacio público aun cuando los propietarios pagan impuestos sobre esta tierra y la madre vieja no ha estado sujeto al proceso de deslinde por INCODER y no está delimitado por cerramiento.

³⁷ Henaó-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madre Vieja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. Colombia. 92 p.

4.2 COMPONENTE ABIÓTICO

4.2.1 Climatología

El clima de la cuenca del río Cauca en la zona del Valle del Cauca, y en general el de Colombia, está determinado por la posición en la zona de convergencia intertropical o de bajas latitudes, la altura y orientación de su relieve, la extensión de su territorio, y los vientos locales y los vientos alisios (Hernández, 2005³⁸). Por la posición geográfica de Colombia, el clima se caracteriza por presentar estaciones de pluviosidad que varían de acuerdo con la intensidad del viento y cuya temperatura es relativamente alta y uniforme en todo el año, pero no se presentan como en otras zonas del mundo, estaciones térmicas.

La caracterización climatológica se realizó con registros diarios multianuales de la temperatura mínima, media y máxima, humedad relativa, radiación solar y precipitación total durante el período de julio de 1997 hasta septiembre del 2005 de la estación meteorológica de Cenicaña llamada Yotoco (YOT 28) ubicada en el predio de la Hacienda Yocambo en la Suerte 6, a una altitud de 960 msnm en las coordenadas 3°52'54"N y 76°22'06"W.

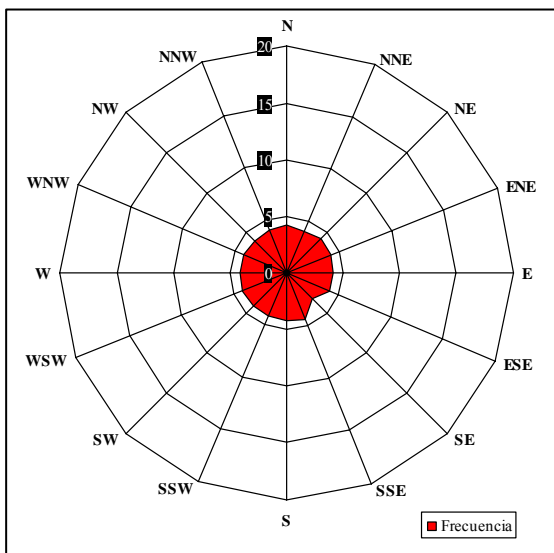


Figura 4 Rosa de Vientos de la Estación Yotoco (Cenicaña) Período: 1997 - 2005

El viento en la zona de estudio presenta entre 3 y 4% de frecuencia de dirección, indicando que no tiene una procedencia predominante (Figura 4).

La variabilidad se encuentra entre 24 y 39° en las direcciones WSW y E respectivamente; mientras que la velocidad media del viento presenta rangos entre 3.2 y 10.3 m/s en las direcciones E-ESE y WSW respectivamente (Figura 5). La hora de mayor velocidad del viento son las 6:00 pm con un valor de 10.7 m/s y la menor velocidad (2.0 m/s) a las 7:00 am.

Las temperaturas mínimas oscilan entre 18.6 y 19.7°C, mientras que las temperaturas máximas se encuentran del orden de 29 y 31°C, y las temperaturas medias entre 23.1 y 24.2°C. Las tendencias de variación que presentan en promedio las temperaturas máximas, medias y mínimas a nivel mensual multianual, pueden considerarse uniformes durante todo el año (Figura 6).

³⁸ Hernández, M.F. (2005). Estudio de la Calidad del Agua y Estado Trófico de la Laguna de Sonso. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 250 p.

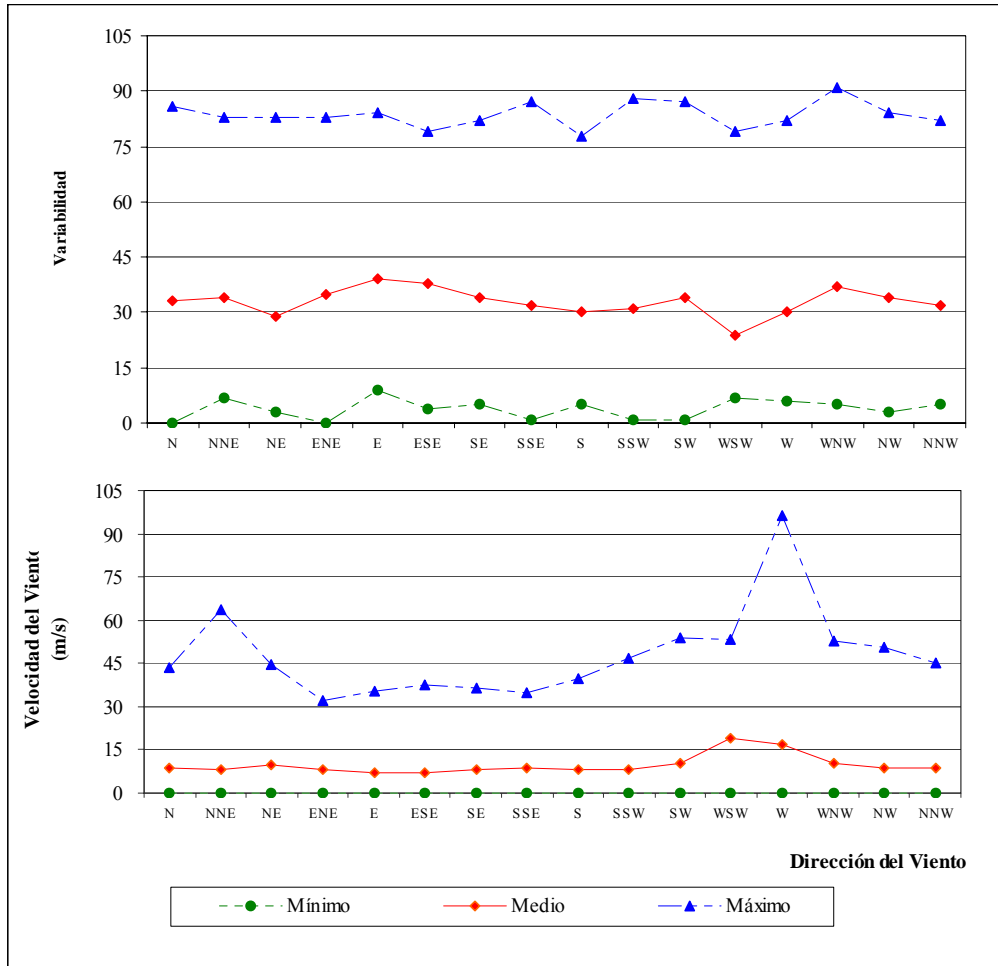


Figura 5 Variabilidad y Velocidad del Tiempo en la Estación Yotoco (Cenicaña) Período: 1997 - 2005

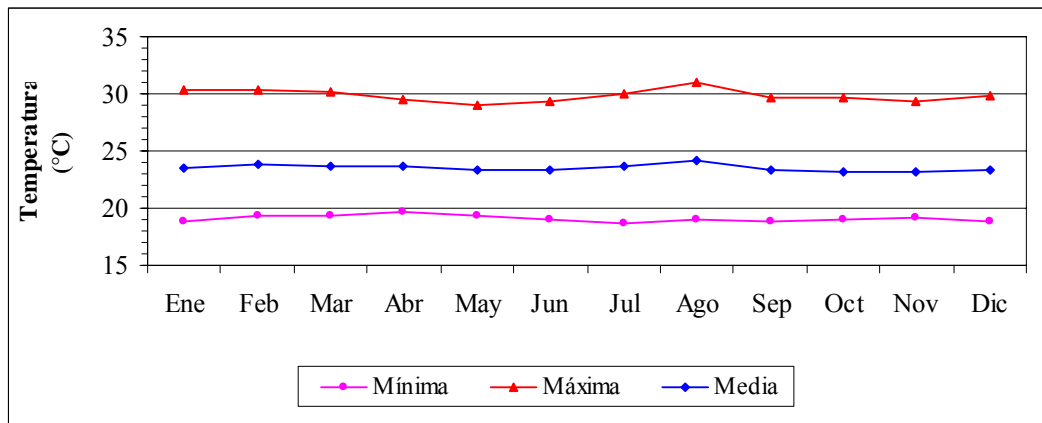


Figura 6 Temperatura Mínima, Media y Máxima Mensual Multianual en la Estación Yotoco (Cenicaña) Período: 1997 - 2005

Los valores promedios de humedad relativa registrados en la zona de estudio varían entre el 58 y el 70%, presentándose una promedio anual multianual del 65.3%. En cuanto a la precipitación, se observa una distribución temporal representada en dos períodos de altas precipitaciones (Marzo - Mayo y Septiembre - Noviembre) y dos períodos de bajas precipitaciones (Diciembre - Febrero y Junio - Agosto). El mes de noviembre es el de mayor pluviosidad (150 mm) y el mes de agosto se constituye en el más seco (43.4 mm). El promedio anual multianual es de 1022 mm (Figura 7).

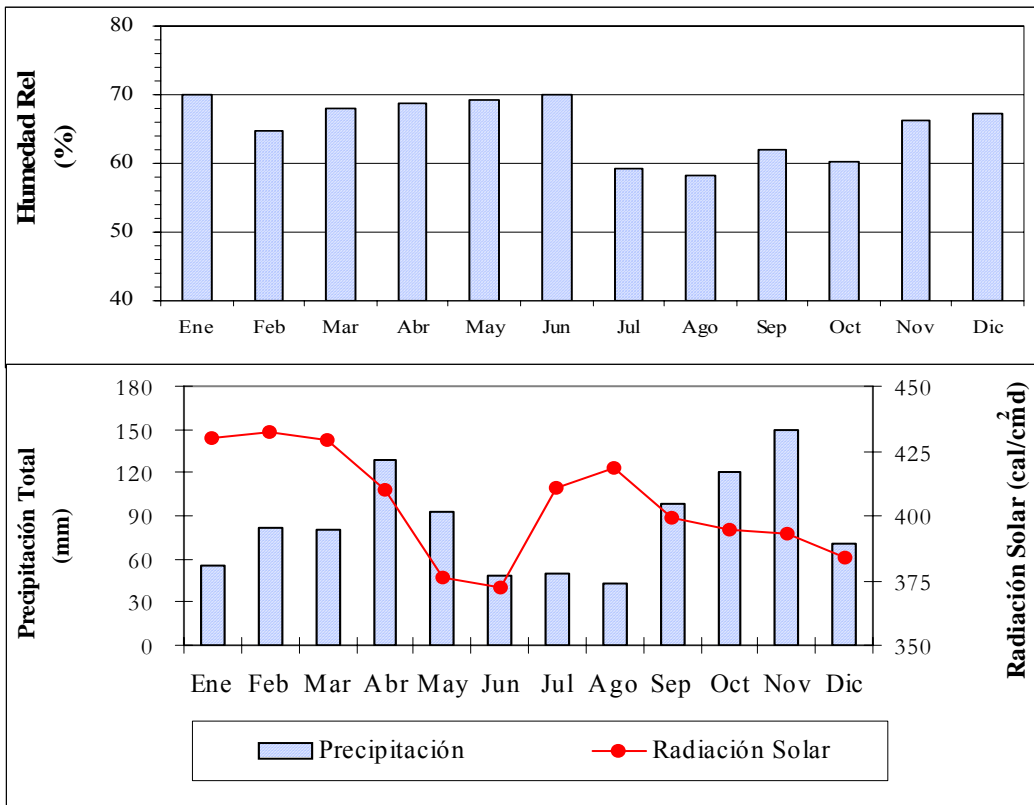


Figura 7 Humedad Relativa, Precipitación Total y Radiación Solar Mensual Multianual en la Estación Yotoco (Cenicaña) Período: 1997 – 2005

4.2.2 Suelos

4.2.2.1 Tipos de Suelos

En la Figura 8 se presenta la distribución de suertes con sus respectivos tablones de la Hacienda Hatoviejo, y en la Tabla 12 se presenta los conjuntos de suelos que se encuentran en

esta hacienda y que de acuerdo con IGAC (1980)³⁹ pertenecen a las consociaciones Juanchito (JN), Coke (CK) y Jordán-P (JR-PT).

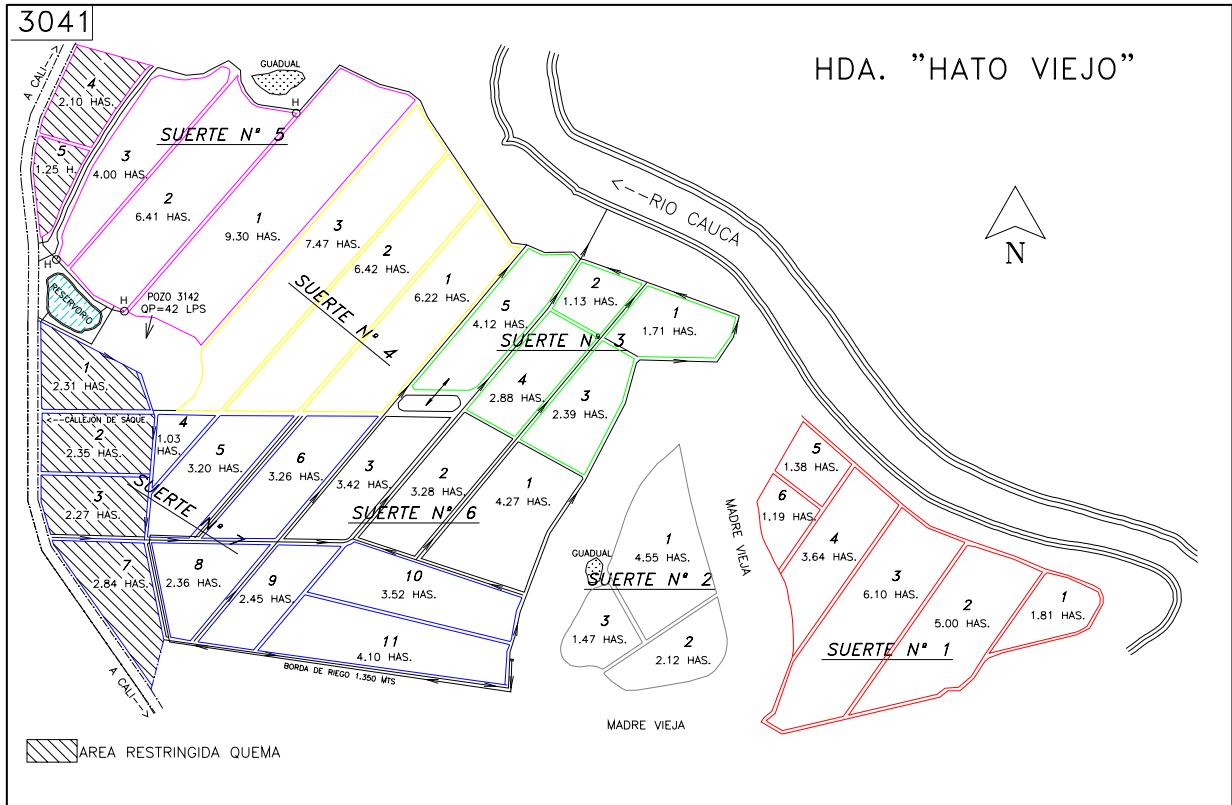


Figura 8 Ubicación de Suertes en la Hacienda Hatoviejo

- **Consociación Juanchito (JN)**

Suelos que se desarrollaron a partir de sedimentos aluviales finos. Predominan las texturas arcillosas, encontrándose capas superficiales de textura franca. Son suelos superficiales a muy superficiales, de drenaje natural pobre a muy pobre y débilmente estructurados. En este conjunto se incluyen suelos del basín del río Cauca.

Este conjunto presenta un porcentaje elevado de microporos mayor que el de macroporos, ya que las partículas son de menor tamaño permitiendo una mayor retención de humedad y una menor aireación.

³⁹ IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1980). Estudio Semidetallado de Suelos del Valle Geográfico del Río Cauca. Bogota. 582 p.

Tabla 12 Tipos de Suelos en la Hacienda Hatoviejo

Suerte	Tablón	Conjunto	Asociación	Área (Ha)
1	1 -6	Coke	CKa	19.12
2	1-3	Juanchito	JNa	8.14
3	1-4	Juanchito	JNa	8.11
	5	Jordán	(JR-PT)ab	4.12
4	1-3	Jordán	(JR-PT)ab	20.11
5	1-5	Jordán	(JR-PT)ab	23.06
6	1 – 2	Juanchito	JNa	7.55
	3	Jordán	(JR-PT)ab	3.42
7	1 - 9	Juanchito	JNa	22.07
	10 - 11	Jordán	(JR-PT)ab	7.62
Total				123.32

Las características físico químicas de estos suelos muestran una alta capacidad de intercambio catiónico, alta superficie específica, buena retención de humedad, alta microporosidad, y baja infiltración, por lo que se presentan problemas de encharcamientos prolongados y por lo tanto el mayor problema de estos suelos es mantener una relación suelo agua adecuada.

Esta consociación pertenece al grupo de manejo 19 y clasificación agrológica IVsh-4, los cuales corresponden a suelos de bacines del río Cauca, de familia textural finas, de drenaje natural pobre a muy pobre, con una profundidad efectiva superficial limitada por reducción y fluctuaciones de nivel freático y por lo tanto tienen una alta capacidad de retención de humedad y baja permeabilidad, su uso recomendable son pastos (IGAC,1980)⁴⁰.

• **Consociación Coke (CK)**

Geomorfológicamente estos suelos se encuentran en los diques del río Cauca, los cuales se desarrollaron a partir de materiales aluviales finos y moderadamente finos. Tienen capas arenosas intercaladas, en relieves planos, de drenaje natural imperfecto a moderado.

Estos suelos tienen una menor capacidad específica y por lo tanto una menor capacidad de retención de humedad y es la razón por la que gran parte del año presentan escasez necesaria para los cultivos.

Estos suelos pertenecen al grupo de manejo 1 y clasificación agrológica 1, lo que significa que este tipo de suelo tiene poco o ninguna limitación siendo aptas para el mayor número de cultivos y con el menor riesgo de deterioro cuando se trabajan, pero requieren de fertilizantes ricos en fósforo y potasio (IGAC, 1980)²⁹.

• **Consociación Jordán –P (JR-PT)**

Estos suelos son compuestos y presentan una familia textural franca fina, profundos, bien drenados y con alta fertilidad; pertenecen al grupo de manejo 1 y clasificación agrológica 1

⁴⁰ IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1980). Estudio Semidetallado de Suelos del Valle Geográfico del Río Cauca. Bogota. 582 p.

donde no se observan limitantes para su uso, pero al igual que coque, necesitan fertilizantes altos en fósforos y potasio (IGAC, 1980)⁴¹.

En términos generales el pH de los suelos presentes están en el rango de 6.3 – 7.3 se considera que el suelo es casi neutro, las disponibilidades del fósforo y de los elementos menores o micronutrientes, excepto el molibdeno, se restringen un poco, especialmente la disponibilidad de estos últimos.

La materia orgánica del suelo es fuente importante de nitrógeno, fósforo, azufre y de algunos elementos menores o micronutrientes. Tiene marcados efectos positivos en las propiedades físicas del suelo y aumenta su capacidad de intercambio catiónico, los suelos presentes presentan un contenido de materia orgánica menor a 2.0 por lo que se consideran con un contenido bajo; una disponibilidad alta de fósforo (>10 ppm) y una capacidad de potasio intercambiable en las suertes 1 y 2 medianas (<0.3 meq/100) y en el resto de las suertes altas (>0.30 meq/100) (Quintero-Durán, 1993)⁴²; se hace necesario la aplicación de nitrógeno y en las suertes 1 y 2 de potasio para el cultivo de caña

4.2.2.2 Taxonomía

García (2005)⁴³ presenta el estudio detallado de los suelos del Ingenio Pichichí en el cual se realizó la clasificación taxonómica de los suelos, encontrando en orden descendente por cantidad de área suelos de los órdenes vertisols, mollisols, inceptisols, alfisols y entisols. En la Figura 9 se presenta el plano de suelos de la Hacienda Hatoviejo determinado en el estudio detallado de Cenicaña, donde se observa que en esta hacienda se tienen inceptisols, vertisols, mollisols y Entisols. En la Tabla 13 se presenta la taxonomía detallada encontrada en esta hacienda.

Tabla 13 Taxonomía de los Suelos presentes en la Hacienda Hatoviejo (García, 2005)

Orden	Sub-Orden	Gran Grupo	Sub-Grupo
Inceptisols	Ustepts	Haplustepts	Fluventic Haplustepts
			Typic Haplustepts
			Vertic Haplustepts
	Aquepts	Endoaquest	Vertic Endoaquest
Vertisols	Usterts	Haplusters	Tepic Haplusters
Molisols	Ustolls	Haplustolls	Fluventic Haplustolls
Entisols	Fluvents	Ustifluvents	

⁴¹ IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1980). Estudio Semidetallado de Suelos del Valle Geográfico del Río Cauca. Bogotá. 582 p.

⁴² Quintero-Durán, M. (1993). Interpretación del Análisis de Suelos y Recomendaciones de Fertilizantes para el Cultivo de Caña de Azúcar. Cenicaña. Serie Técnica No 14. 17 p.

⁴³ García, A. (2005). Estudio Detallado de Suelos en el Ingenio Pichichí: GTT 1 y 2 – Ingenio Pichichí. Cenicaña. 47 p.

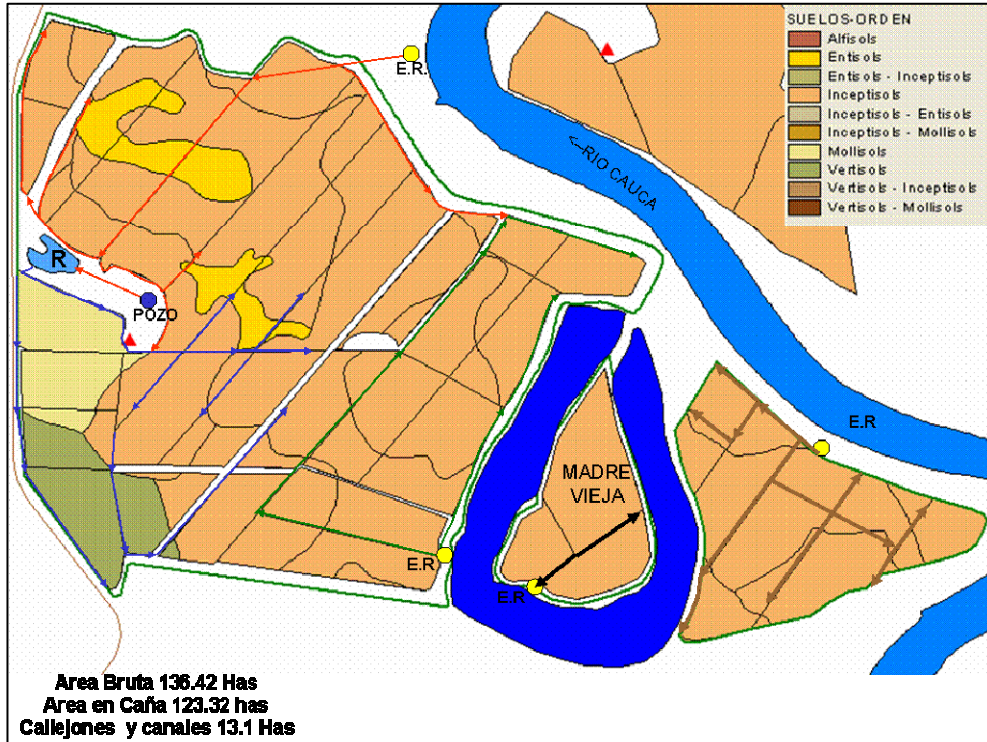


Figura 9 Tipos de Suelos Hacienda Hatoviejo (García, 2005)³⁰

4.2.2.3 Uso del Suelo

La Hacienda Hatoviejo es uno de los 5 predios localizados dentro del área de la cuenca de captación para el Humedal El cocal. Tres de estos predios comparten linderos sobre la Quebrada Negritos, cuyo bosque de galería representa un relicto de Bosque Seco Tropical y un potencial de Corredor Biológico de este a oeste. Es de resaltar que Hatoviejo está situado en el Corredor Biológico del Río Cauca en una extensión de 2 km, y los predios correspondientes al sur y Norte donde se encuentran las Madre viejas Maizena y Chiquique respectivamente, tienen sembrado guadua y árboles nativos en la franja protectora del río Cauca.

Hace aproximadamente 10 años se sembró caña de azúcar en en las tierras planas de la Hacienda Hatoviejo, actualmente corresponde a 123.32 Ha de caña de azúcar repartidas en 7 suertes (ver Figura 8 y Anexo 3), y continuo con la producción ganadera en las áreas no aptas para caña situada en las áreas correspondientes entre los diques y el río Cauca (Foto 4).

Esta producción ganadera está orientada a levante y ceba de ganado. La mayor extensión de potreros está sembrada en *pasto estrella* en las tierras firmes y *pasto pará* en los potreros inundables. La producción es semi-intensiva, con división para rotación entre 8 potreros. Las prácticas silvopastoriles que se llevan a cabo en esta Hacienda incluyen cercos vivos sembrados con matarratón (*Giricidia sepium*) y enriquecida con chiminangos (*Pithecellobium dulce*), chitato (*Muntigia calabura*) y espina de mono (*Pithecellobium lanceolatum*) entre otros.

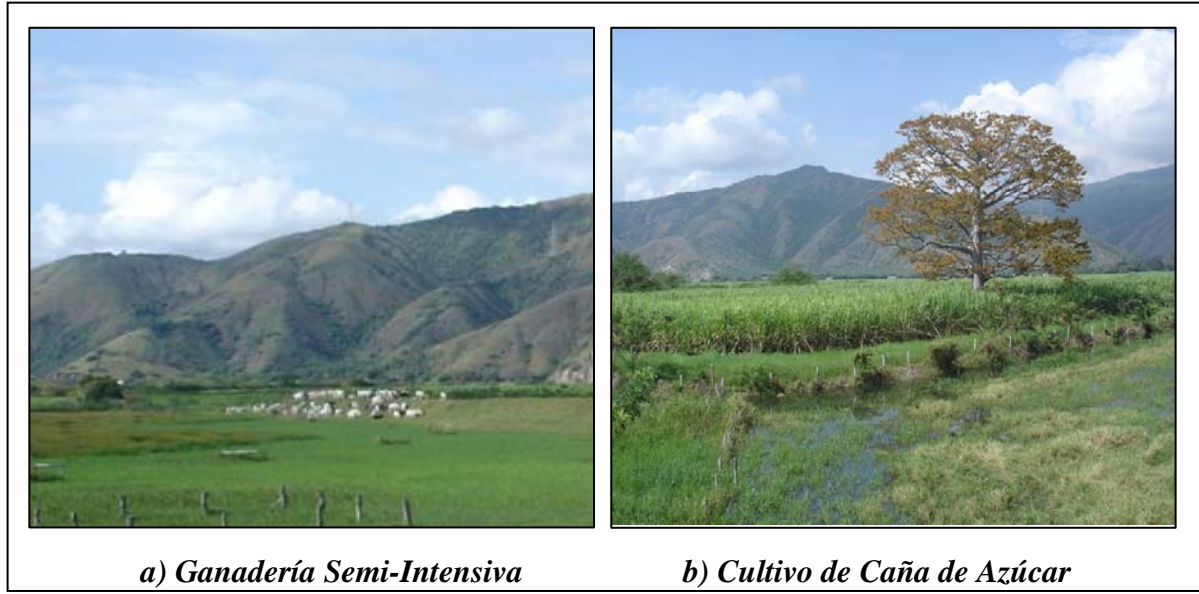


Foto 4. Uso Actual del Suelo

También existe un número reducido de árboles para sombra de ganado que contribuyen a la diversidad de especies de aves. Entre estas especies de árboles se encuentran sauces (*Salix humboldtiana*), chamburos (*Erythrina fusca*) y ceibas (*Ceiba pentrandia*) entre otros.

En la parte interior de la madreveja o lugar conocido con el nombre de La Isla, en el área que conlinda con la madreveja existe una franja protectora con guadua (*Guadua angustifolia*), caña fistula (*Senna grandis*), chamburos (*Erythrina fusca*), chiminangos (*Pithecellobium dulce*) entre otras especies, y en el perímetro exterior a la madreveja se han sembrado árboles nativos como manteco (*Laetia americana*), burrilico (*Xiloipia ligustrifolia*) y gualanday (*Jacaranda caucana*) cada 15 m con una sobrevivencia del 100% en los lugares donde la barranca no ha sido alterado, sin embargo, los árboles sembrados en las áreas donde se ha removido tierra para la construcción de diques no han soportado las inundaciones bianuales que ocurren en esta madreveja. Con la batimetría y topografía realizada en el presente estudio se han identificado la cota máxima de inundación y los lugares donde se puede sembrar una franja protectora.

4.2.2.4 Suelos de las Suertes 1 y 2

Los suelos que influyen directamente sobre el humedal El Cocal por su ubicación, son las suertes 1 y 2 con sembrado de caña, las cuales presenta las consociaciones Coke (CKa) y Juanchito (JNa) respectivamente, del orden inceptisols; donde la suerte 1 se caracteriza por ser suelos francos, francoarcillosos y francoarcillolimosos, con drenaje natural imperfecto a moderado y los cuales se desarrollaron a partir de materiales aluviales finos a moderadamente finos; están localizados en el basin y son sujetos a inundaciones en épocas de invierno.



Foto 5. Árboles en la Hacienda Hatoviejo

La suerte 2 son suelos francoarcillosos y por lo tanto los microporos son mayores a los macroporos, permiten una mayor retención de humedad y una menor aireación; estos suelos se desarrollaron a partir de sedimentos aluviales finos.

Las características químicas de estas suertes indican una necesidad de aplicación de nitrógeno y potasio debido a sus deficiencias en materia orgánica y la cantidad de potasio intercambiable. En estas suertes no se hace necesario la aplicación de fósforo debido a la alta disponibilidad existente. Durante los días 29 y 30 de abril de 2005 se aplicaron en la suerte 1 una mezcla de 8 bultos de urea con 3 de KCl por hectárea y en la suerte 2 una mezcla de 7 bultos de urea con 3 de KCl por hectárea (Martínez, 2006)⁴⁴.

⁴⁴ Martínez, J.C. (2006). Fertilización Hatoviejo Suertes 1 y 2. Comunicación del Ingenio Pichichí, el 5 de enero de 2006.

4.2.3 Hidrología e Hidráulica

4.2.3.1 Generalidades

Existen numerosos factores que afectan el régimen hidrológico de los humedales, entre ellos se encuentra la precipitación, la evapotranspiración, el relieve o la topografía, la geología, los suelos y la vegetación. Además, en cada humedal el régimen hidrológico o hidroperíodo está a menudo influenciado por el régimen hidrológico general de la cuenca hidrográfica y/o de las sistemas de flujo subterráneo de carácter regional (Llamas, *¿*)⁴⁵. A su vez, los humedales pueden también jugar un papel importante en la hidrología de su cuenca hidrográfica en aspectos como: 1) la reducción de los caudales de las avenidas y 2) la disminución de los nutrientes y de ciertos contaminantes químicos de las aguas superficiales que pasan por el humedal.

Los humedales son ecosistemas altamente productivos que ofertan bienes y servicios ambientales y se comportan como vasos reguladores de la hidrología de las cuencas hidrográficas. Son por estas razones que se hace indispensable conocer la relación Río-Humedal, si se quiere proveer herramientas de conservación de este tipo de humedales.

El río Cauca es uno de los ríos más importantes del país, con una longitud de 1350 km y una cuenca hidrográfica aproximada de 63300 km². En el tramo comprendido entre la represa de La Salvajina y La Virginia, área de jurisdicción de la CVC, presenta características de un cauce aluvial, donde el río corre por zonas de depósitos aluviales, transportando fundamentalmente el material de su mismo lecho conformado por arenas de diferentes tamaños y gravas medias y finas, así como materiales finos cohesivos (arcillas y limos) provenientes de la erosión de la cuenca y de las orillas (CVC-Universidad del Valle, 2001)⁴⁶.

Debido a los frecuentes desbordamientos del río Cauca en el departamento del Valle del Cauca en período de lluvia, la CVC desarrollo el Proyecto de Regulación del Río Cauca, donde se construyó la represa de La Salvajina en 1985 y se han venido construyendo diques de protección a los largo del río Cauca y sus principales tributarios (Hernández, 2005)⁴⁷.

La construcción de la represa de Salvajina varió el régimen de caudales de acuerdo con los objetivos de regulación o control de inundaciones, generación de energía y alivio a la contaminación de sus aguas, presentando principalmente cambios en las épocas de estiaje y en menor medida en época de invierno.

⁴⁵ Llamas, M.R. (*¿*). Explotación de Aguas Subterráneas y Conservación de Ecosistemas. En: Jornadas de Aguas Subterráneas. España. 20 p.

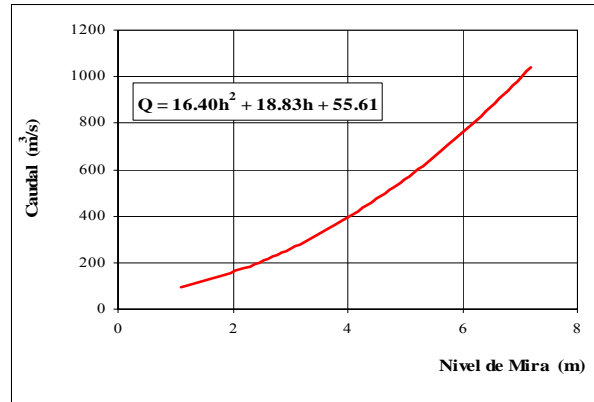
⁴⁶ CVC-Universidad del Valle. (2001). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización del Río Cauca, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen I. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

⁴⁷ Hernández, M.F. (2005). Estudio de la Calidad del Agua y Estado Trófico de la Laguna de Sonso. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. Colombia. 250 p.

4.2.3.2 Río Cauca: Estación Mediacanoa

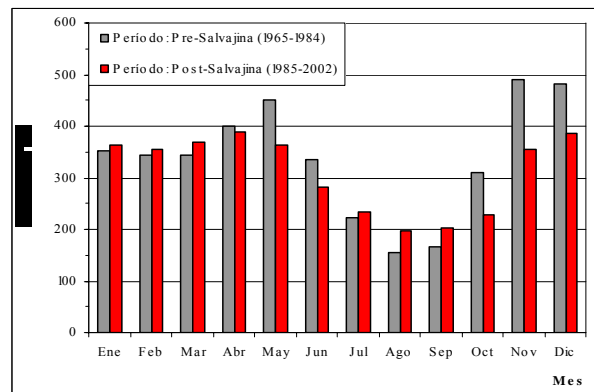
En el tramo Salvajina – La Virginia, la CVC tiene implementada sobre el río Cauca 11 estaciones hidrométricas y 19 de calidad del agua, por lo que no todas las estaciones de calidad del agua son estaciones hidrométricas y en 8 estaciones de calidad del agua no se tienen registros de caudales. La estación Mediacanoa es una estación hidrométrica y de calidad del agua, que se encuentra ubicada en la abscisa 226.4 km sobre el río Cauca (distancia desde Salvajina).

La CVC realiza un monitoreo de niveles horarios sobre la estación Mediacanoa, y por medio de aforos periódicos de caudal establece los que se denomina curvas de calibración Nivel – Caudal o Curvas H – Q con el fin de determinar los caudales en un momento dado a partir de registros de niveles de agua para ese mismo instante de tiempo, y determinar los períodos de vigencia cada vez que cambie significativamente las condiciones del río. Esta curva está vigente desde el 1 de Octubre de 1998 (Figura 10).



**Figura 10 Curva de Calibración H – Q
Estación: Mediacanoa**

La regulación del río cauca por medio de la represa de La Salvajina ha modificado el régimen de caudales a lo largo de todo el río, ocasionando una reducción en los caudales máximos durante el período estacional de invierno, e incrementando los caudales mínimos durante el período estacional de verano (Figura 11 tomado de Hernández (2005)). Como resultado de esto, la frecuencia de los desbordamientos del río Cauca y de inundación de las planicies adyacentes al río ha disminuido.



**Figura 11 Caudales Medios Mensuales
Multianuales. Estación: Mediacanoa**

La sección transversal de la estación mediacanoa entre 1989 y 1997 presentó una serie de cambios. Entre 1989 y 1990 se produjo un desplazamiento del thalweg, línea de máxima profundidad, hacia la margen izquierda y la banca derecha se desplazó hacia la derecha. Entre 1990 y 1995 la banca derecha se desplazó hacia la izquierda alcanzando la condición existente en 1989, y se produjo una recuperación del fondo en la zona izquierda que ocasionó una nueva

migración del thalweg (línea de máxima profundidad) a la zona derecha; estos cambios originaron un desplazamiento de la banca izquierda hacia la derecha de unos 3 m entre 1989 y 1995 presentando procesos de erosión y sedimentación. Entre 1995 y 1997 no se presentaron cambios significativos, aunque se evidencian procesos de erosión y sedimentación alternados.

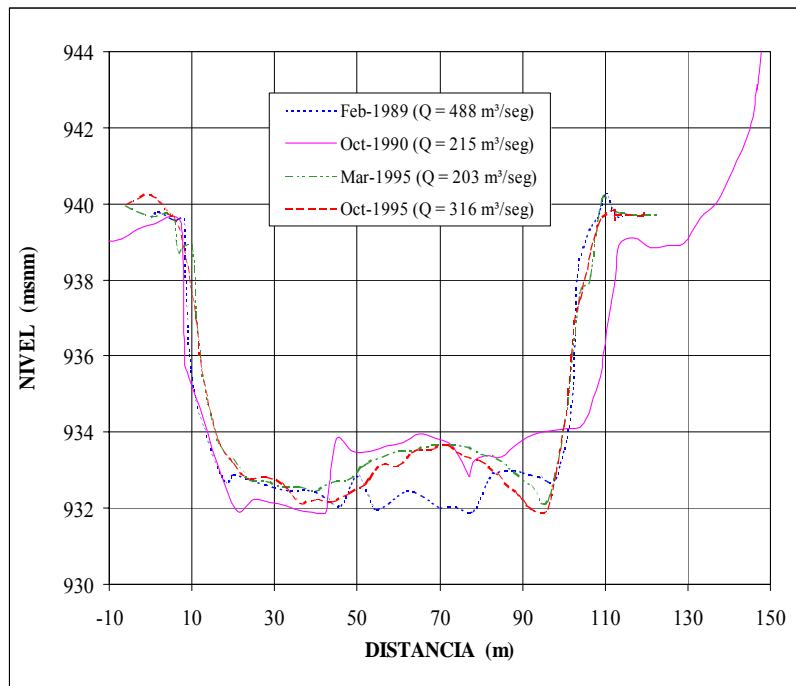


Figura 12 Secciones Transversales en la Estación Mediacanoa

Los caudales extremos en el período Post-Salvajina son menores que en el período Pre-Salvajina, mientras que los caudales medios multianuales del período Post-Salvajina han disminuido en un 13% con relación a los caudales del período Pre-Salvajina, con lo que la frecuencia de inundaciones del río Cauca en su valle debe haber disminuido por el efecto regulador del embalse Salvajina (Hernández, 2005)⁴⁸.

Los niveles máximos anuales promedios han disminuido 0.21 m con relación al período Pre-Salvajina, mientras que los niveles medios y mínimos han aumentado 0.02 y 0.53 m, respectivamente. La disminución de niveles y caudales máximos y medios, así como el aumento de niveles y caudales mínimos evidencian el efecto regulador que ejerce el embalse de Salvajina sobre el río Cauca (Hernández, 2005)⁴⁸. Esto lógicamente afecta los ecosistemas lénticos conectados con el río Cauca por lo que los volúmenes de agua aportados por el río serán menores.

⁴⁸ Hernández, M.F. (2005). Estudio de la Calidad del Agua y Estado Trófico de la Laguna de Sonso. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 250 p.

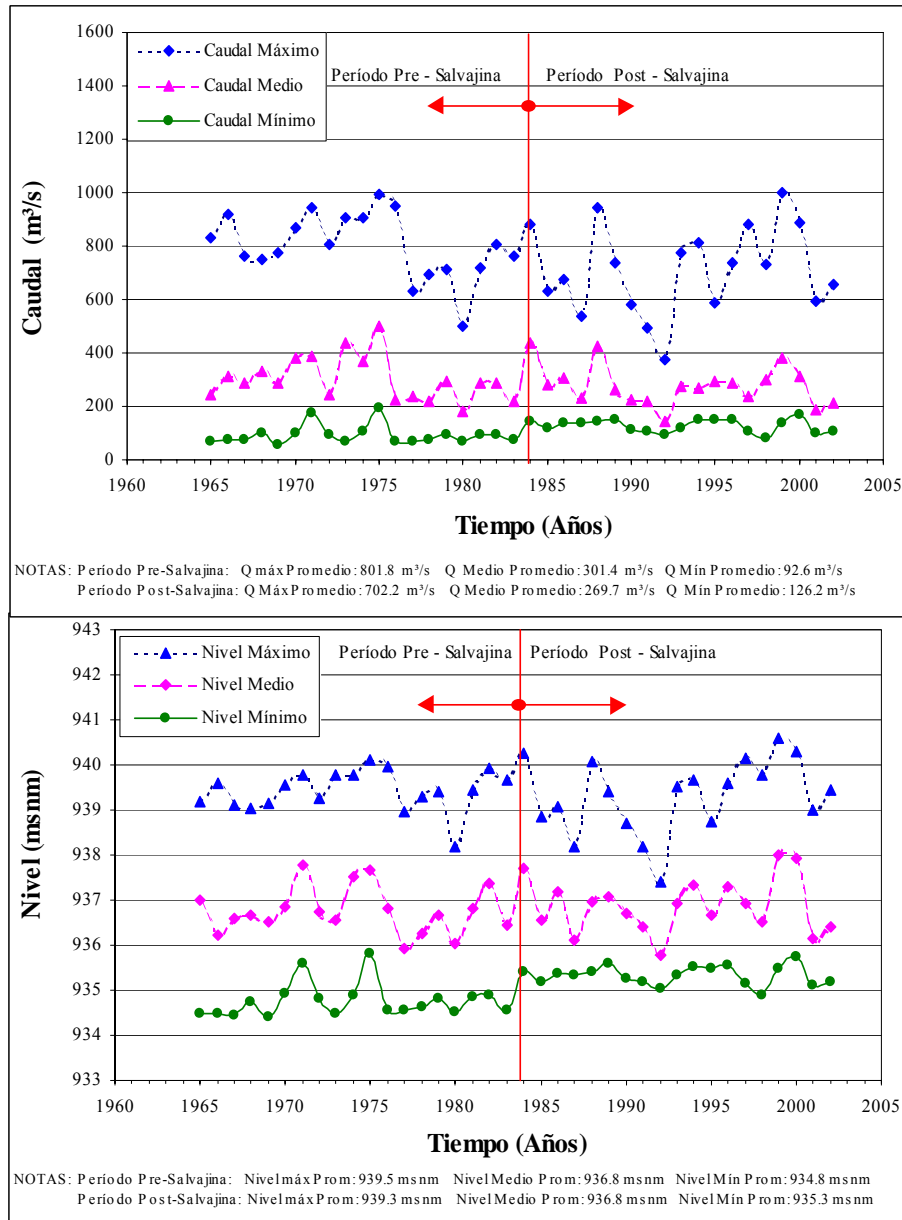


Figura 13 Caudales y Niveles Máximos, Medios y Mínimos Anuales Estación Mediacañoa (Hernández, 2005)⁴⁹

De acuerdo con los resultados obtenidos, los caudales máximos calculados para el período Post-Salvajina han disminuido en promedio en un 30% con relación a los caudales máximos calculados para el período Pre-Salvajina. Los períodos de retorno o frecuencias de los caudales de desbordamiento (o caudales a banca llena) en la estación Mediacañoa se presentan en la Tabla 14.

⁴⁹ Hernández, M.F. (2005). Estudio de la Calidad del Agua y Estado Trófico de la Laguna de Sonso. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 250 p.

Tabla 14 Caudales Máximos para diferentes Períodos de Retorno

Período de Retorno (Años)	Caudales Extremos (m ³ /s)	
	Período Pre-Salvajina	Período Post-Salvajina
5	893	769
10	964	860
20	1032	947
50	1121	1060

El caudal a banca llena, que corresponde a cantidad de agua en toda la sección transversal a partir de la cual se desborda el río, en esta estación es de 456 m³/s, (4.33 m de altura de mira o 938.03 m), cuyo período de retorno o frecuencia del caudal de desbordamiento (o caudal a banca llena) es de 0.46 años, por lo que la frecuencia inundación alta. Resultados que coinciden con lo reportado por CVC-Universidad del Valle (2001)⁵⁰, donde se reporta que la estación hidrométrica de Mediacanoa es la estación con más frecuencia de inundación sobre el río Cauca. Estos resultados no indican que los niveles del río sobrepasan los niveles de los diques ubicados a los lados del río Cauca, pero sí dan indicios que por procesos de infiltración subsuperficial los terrenos al otro lado de los diques van a estar inundados por lo menos dos veces al año dadas las características de los suelos (Figura 14).

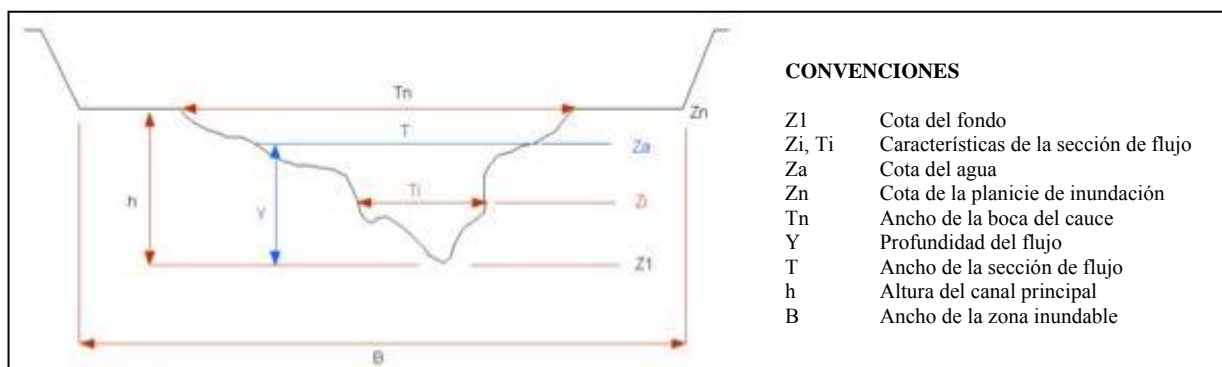


Figura 14 Características de una Sección Transversal

El comportamiento diario de caudales y niveles en la estación Mediacanoa se presenta en la Figura 15 mediante las Curvas de Duración, donde se observa el comportamiento del río Cauca antes y después de la construcción de represa de Salvajina. En estas curvas se puede apreciar que para caudales y niveles altos, las curvas del período Pre-Salvajina están por encima de las curvas Post-Salvajina, ocurriendo lo contrario para los caudales y niveles bajos.

⁵⁰ CVC-Universidad del Valle. (2001). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización del Río Cauca, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen I. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

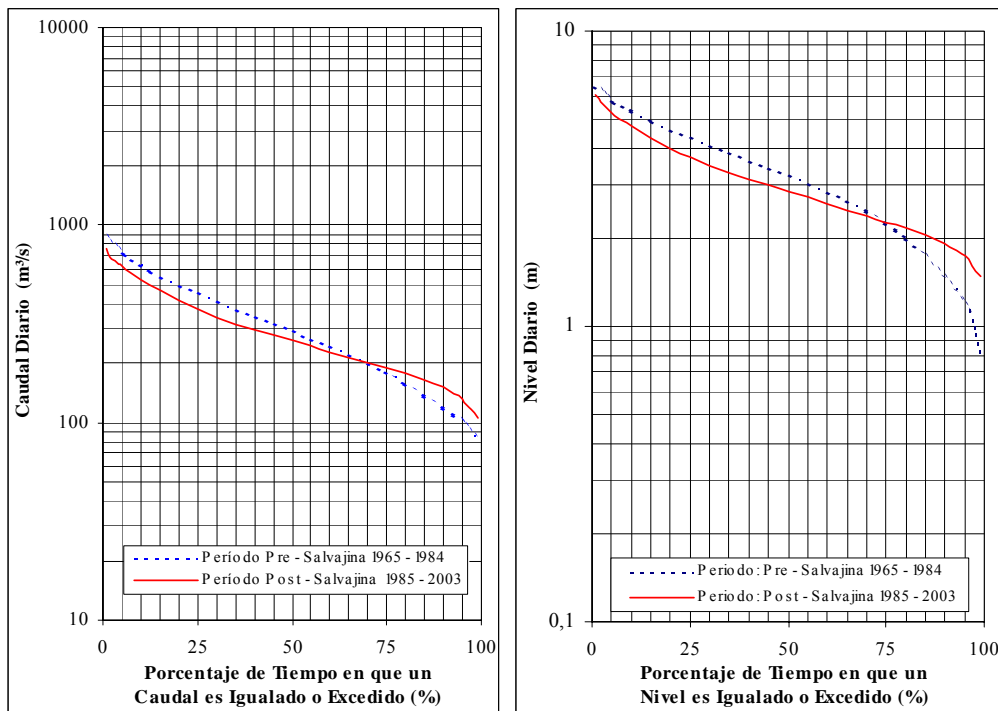


Figura 15 Curvas de Duración de Caudales y Niveles de Agua Diarios en la Estación Mediacañoa (Hernández, 2005⁵¹).

La curva de duración de caudales muestra que para un período de tiempo del 70% los caudales son similares en magnitud, por lo que bajo condiciones normales, el río Cauca presenta igual comportamiento sin o con represa, más no es así cuando se presentan eventos o condiciones extremas de pluviosidad (caudales altos) o sequía (caudales bajos).

4.2.3.3 Humedal El Cocal

El Humedal El Cocal con un área lagunar de 14.22 Ha de cauce permanente, está dominado por vegetación acuática (macrófitas) y solo una parte de ella se tiene un espejo de agua como se observa en el Plano 1 del Anexo 8, donde se tiene junco (*Thypha domingensis*), pasto coquito (*Cyperus sp.*), estrella (*Cyperus sp.*) y cortadora (*Leersia hexandra*), zarza (*Mimosa pigra*), guadua (*Guadua angustifolia*), tabaquillo (*Polygonum desiflorum*), lechuguilla (*Pistya stratiotes*), caña menuda (*Gynerium sagittatum*) y una porción de rastrojo.

⁵¹ Hernández, M.F. (2005). Estudio de la Calidad del Agua y Estado Trófico de la Laguna de Sonso. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 250 p.

En los Planos 2, 3 y 4 del Anexo 8 se presentan la localización en planta de las secciones transversales, las secciones transversales y la sección longitudinal del Humedal El Cocal respectivamente. En el Plano 5 del Anexo 8 se presenta la batimetría de este humedal, donde se observa que la mayor profundidad se encuentra en el brazo derecho y en el extremo sur, llegando a profundidades de por lo menos 5 m.

De acuerdo con los resultados de la batimetría, la máxima capacidad de almacenamiento de agua es de 285.835,8 m³ calculada en la cota 938.6 (Figura 16). La cota mínima registrada representando el fondo de la madre vieja es de 933.5 localizada en la parte sur y oriental de la madre vieja, mientras que la máxima cota para almacenamiento es 938.6, a partir de este nivel se desborda el agua en la zona nororiental.

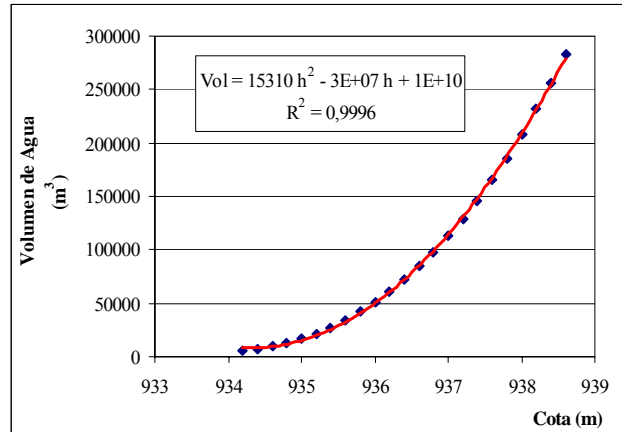


Figura 16 Relación Volumen de Almacenamiento – Nivel de Agua

En la Tabla 15 se presenta el almacenamiento de agua y lodos de acuerdo con el nivel del humedal, donde se observa que los volúmenes de lodos almacenados son mínimos lo que significa que este humedal no se ve afectado por la entrada directa del río Cauca sino de forma indirecta por filtración a nivel subsuperficial y por lo tanto los procesos de sedimentación no son importantes.

El jarillón ubicado alrededor del humedal tiene diferentes alturas, siendo más alto en la parte occidental con una cota de 943, mientras que en la parte oriental tiene una altura de 940 a partir de la cual está la suerte 1 de caña, la parte nororiental tiene una cota de dique de 940.34 y la cota del potrero contiguo es de 938.83, y el dique noroccidental tiene una altura de 942.97 como se muestra en el Plano 5 del Anexo 8. Estas cotas no son constantes en todo el largo del dique correspondiente sino sus máximas alturas, por lo que a partir de la cota 938.6 establecida como cota máxima de almacenamiento se comienza el desborde por la parte nororiental, seguido de la parte oriental.

Esta madre vieja se encuentra conectada con el río Cauca por medio de un canal artificial con cota de fondo de 939.507, ubicada antes de la estación hidrométrica y de calidad del agua Mediacanoa de la CVC a una distancia de K15+616.76 de esta estación, o sea en el K205+284 de la represa de La Salvajina. Este canal se comunica con la madre vieja por una compuerta.

De acuerdo con la cota de fondo del canal y los niveles medio anuales, el río Cauca solo alcanza estos niveles cuando este se encuentra en su máxima capacidad de transporte o a banca llena, que a la altura del canal de comunicación con la madre vieja sería en la cota 940.69 por lo que solo alcanza los niveles del canal de comunicación aproximadamente dos veces al año, que es la frecuencia de desbordamiento del río Cauca en este sector.

Tabla 15 Almacenamiento de Agua y Lodo en el Humedal El Cocal

Cota (m)	Volumen de Agua (m ³)	Volumen de Lodo (m ³)
934.2	4.956,62	995,88
934.4	6.884,55	1.508,19
934.6	9.429,53	2.192,01
934.8	12.711,59	2.977,15
935.0	16.795,06	3.818,24
935.2	21.712,61	4.831,94
935.4	27.548,79	6.029,70
935.6	34.421,24	7.254,36
935.8	42.326,07	8.496,35
936.0	51.223,41	9.838,85
936.2	61.170,49	11.265,04
936.4	72.338,11	12.663,78
936.6	84.710,48	13.998,02
936.8	98.195,46	15.291,52
937.0	112.893,6	16.544,30
937.2	128.963,4	17.673,7
937.4	146.444,5	18.769,42
937.6	165.239,1	19.748,48
937.8	185.785,7	20.963,46
938.0	207.875,4	21.911,67
938.2	231.392,9	22.802,06
938.4	256.385,6	23.615,18
938.6	282.835,8	24.237,49

A partir de la batimetría realizada y por lo tanto la máxima capacidad de almacenamiento se determinó cual es la relación de área y volumen con el nivel en este ecosistema (Figura 17). Estas relaciones son importantes con el fin de establecer los niveles mínimos que deben permanecer en el humedal para no afectarlo ecosistémicamente, puesto que de aquí se bombea agua para regar la Suerte 2 con 7.96 Ha caña repartidas en 3 tablones.

De acuerdo con información suministrada por el Ingenio Pichichí, la caña de azúcar se riega en época de verano cada 25 días con un volumen de 1200 m³/Ha aproximadamente, lo que implicaría que en la condición estacional de verano se necesitan 3.6 bombeos por período de 3 meses, mostrando que para regar la Suerte 2 de la Hacienda Hatoviejo se necesita 34387 m³ para todo este período, por lo que en un año se necesita 68774 m³. Teniendo en cuenta que se regaría solo en verano y asumiendo que la madreveja se recargó en invierno y que sus máximos niveles llegaron a la cota 938.2 lo que implica un volumen de 231393 m³ y de acuerdo con la Figura 17 al bombear esta cantidad de agua los niveles disminuirían hasta la cota 937.75 ocasionando una disminución en el nivel de la madreveja de 0.45 m.

Sin embargo, para determinar la disminución en el volumen de almacenamiento, se debe tener en cuenta el efecto que realizan la vegetación acuática y la radiación solar promedio de los fenómenos de evapotranspiración y evaporación respectivamente para un período de 1 año.

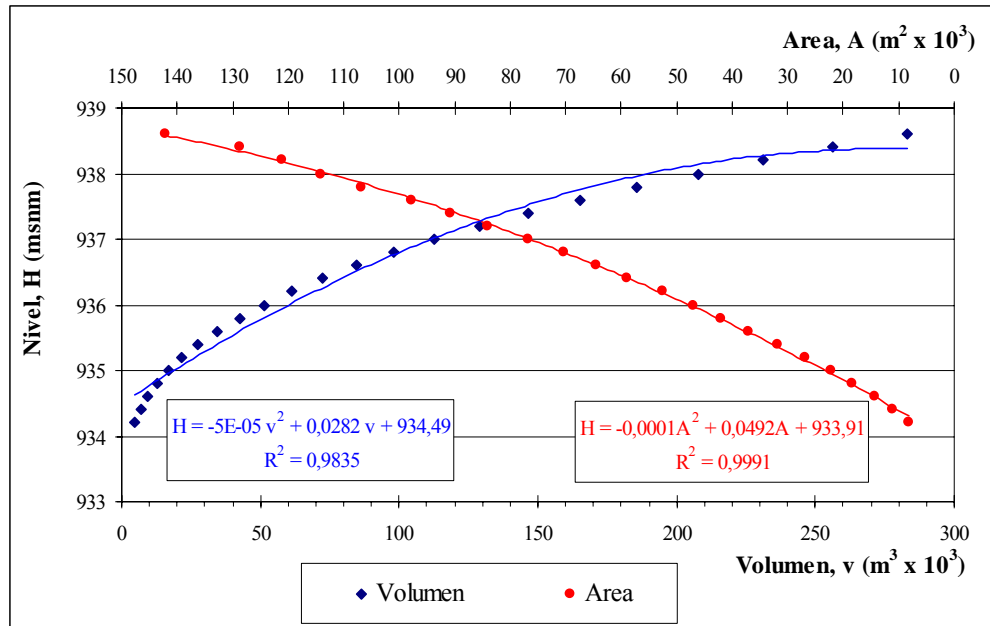


Figura 17 Relación Área – Volumen – Nivel Humedal El Cocal

Asumiendo una condición crítica de que todo el área lagunar este cubierta con plantas acuáticas con un coeficiente de 1.2 para viento fuerte (Jiménez, 1992)⁵² se tendría una evapotranspiración anual de 189186 m³ y teniendo en cuenta que en esta zona llueve 1022 mm en promedio al año lo que aportaría un volumen de 145374.5 m³ al humedal; el volumen al final de un período de 1 año teniendo en cuenta la entrada de agua por precipitación y la salida por el bombeo de agua y por evapotranspiración sería de 118808 m³ equivalente a un nivel de 937.1 m, por lo que en este período de tiempo el humedal disminuye 1.1 m.

De acuerdo con los análisis de niveles y las condiciones climáticas en la zona de estudio, se observa que durante el período Noviembre de 2005 – Marzo de 2006 se ha presentado una condición climática de invierno predominantemente, y los análisis de calidad del agua realizados en el mes de octubre corresponderían a una condición climática intermedia donde se estaba terminando el verano y comenzando el invierno o de transición.

Durante el período de estudio, la madreveja subió aproximadamente 2.0 m de nivel, alcanzando la cota de 941.33 m como consecuencia de los altos niveles que alcanzó el río Cauca, donde a pesar de que los niveles del río Cauca fueron más altos que el nivel de la cota de fondo del humedal, la carga de sedimento del río Cauca se depositó en el canal taponándolo y por lo tanto alterando la cota del fondo del mismo, razón por la que el río no alimento al humedal por el canal sino de forma subsuperficial (Figura 18).

⁵² Jiménez, H. (1992). Hidrología Básica I. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Departamento de Mecánica de Fluidos y C.T. Área Hidrología Riegos y Drenajes. Cali. Colombia. 187 p.

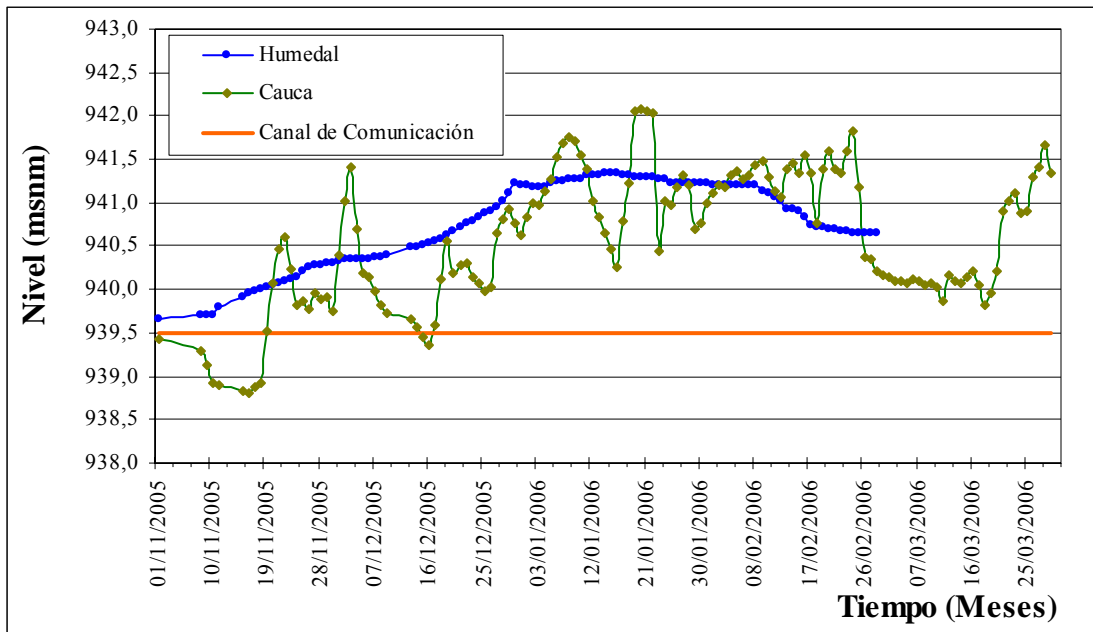


Figura 18 Niveles en el Humedal El Cocal y en el Río Cauca (Período: Nov/05 – Feb /06)

4.2.4 Hidrobiología

4.2.4.1 Fitoplancton

Henao-Ramírez (2004)⁵³ reporta 12 órdenes de fitoplancton y 18 familias con 32 géneros (Tabla 16), mientras que en el presente estudio se encontró 14 órdenes y 22 familias con 35 géneros de fitoplancton conformados por algas filamentosas de estructuras longitudinales y una gran mayoría de algas unicelulares dispersas en la columna de agua (Tabla 17).

De acuerdo con los resultados anteriores, se denota la presencia de concentración de nutrientes orgánicos que favorecen este tipo de crecimientos de algas asociados a las condiciones hidroambientales y ubicación geográfica del humedal de donde se infiere la presencia de fertilizantes dada la presencia de cultivos de caña y principalmente el aporte de materia orgánica proveniente del ganado en su pastoreo y circulación por los alrededores.

⁵³ Henao-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madre Vieja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. Colombia. 92 p.

**Tabla 16 Composición de Fitoplancton en la Madre Vieja el Cocal
(Henao-Ramírez, 2004⁵⁴)**

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO		
Bacillariophyceae	Pennales	Fragilariaceae	<i>Fragillaria sp</i> <i>Synedra sp</i>		
		Gomphonemaceae	<i>Gomphonema sp</i>		
		Naviculaceae	<i>Navicula sp</i> <i>Frustulia sp</i> <i>Pinnularia sp</i>		
			Chroococcales	Scenedesmaeae	<i>Actinastrum sp</i> <i>Coclastrura sp</i> <i>Scenedesmus sp 1,2,3,4,5</i>
				Volvocales	Volvocaceae
	Centrales	Coscinodiscaceae		<i>Tabellaria sp</i> <i>Coscinodiscus sp</i>	
		Dedogoniales	Dedogoniaceae	<i>Dedogonion sp</i>	
	Cyanophytaceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp 1,2,3</i> <i>Hormogonia de oscil/atoría</i> <i>Spirulina sp</i>	
			Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena sp 1,2,3</i>
			Chroococcales	Chroococcaleae	<i>Chroococcus sp 1,2</i> <i>Merismopedia sp 1,2</i>
Chrysophytaceae		Ochromonadales		Ochromonodaceae	<i>Dinobryon sp</i>
	Zygnemotaceae		<i>Spirogyra sp</i> <i>Staurastrum sp</i> <i>Cosmarium sp</i>		
	Chlorophyceae	Zygnematales	Oesmiaceae	<i>Closterium sp</i> <i>Staurodesmus sp</i>	
			Chlorococcales	Mydrodictyaceae	<i>Pediastrum sp 1,2,3</i>
Palmenaceae		<i>Spococystis sp</i>			
Oocystaceae		<i>Chlorella sp</i>			
Chlorococcaceae		<i>Annistrodesmus sp</i> <i>Tetraedron sp</i>			
Chactophorales		Chactophoraceae	<i>Protococcus sp</i> <i>Glenodinium sp</i>		

El humedal El Cocal presenta aguas eutróficas o enriquecidas con altas concentraciones de nutrientes, muy productivas, como lo corrobora los géneros de las clases Cyanophytaceae y Chlorophyceae, los miembros planctónicos conformados por los órdenes Volvocales y Chlorococcales quienes abundan en pequeños lagos productivos, así como especies del género

⁵⁴ Henao-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madre Vieja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. Colombia. 92 p.

Staurastrum, organismos que pueden vivir en aguas muy duras y productivas (Roldán, 1992)⁵⁵.

Tabla 17 Composición de Fitoplancton en la Madre Vieja el Cocal (2005)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO		
Bacillariophyceae	Pennales	Fragilariaceae	<i>Fragillaria sp</i> <i>Synedra sp</i>		
		Gomphonemaceae	<i>Gomphonema sp</i>		
		Naviculaceae	<i>Navicula sp</i> <i>Frustulia sp</i> <i>Pinnularia sp</i> <i>Stauroneis sp</i>		
			Nitzschiaceae	<i>Nitzschia sp</i>	
			Eunotiacea	<i>Eunotia sp</i>	
		Volvocales	Volvocaceae	<i>Volvox sp</i>	
	Centrales	Coscinodiscaceae	<i>Tabellaria sp</i>		
	Cyanophytaceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp 1,2</i> <i>Spirulina sp</i> <i>Lyngbya sp</i>	
Nostocales		Nostocaceae	<i>Anabaena sp 1,2,3</i>		
Chroococcales		Chroococcaleae	<i>Chroococcus turgidus</i>		
Chrysophytaceae	Ochromonadales	Ochromonodaceae	<i>Dinobryon sp 1, 2</i>		
		Zygnemotaceae	<i>Spirogyra sp</i> <i>Cosmarium sp 1,2,3</i>		
	Centrales	Melosiraceae	<i>Melosira sp</i>		
Chlorophyceae	Zygnematales	Oesmidiaceae	<i>Closterium sp</i>		
	Chlorococcales	Mydrodictyaceae	<i>Pediastrum sp 1,2</i> <i>Crucigenia tetrapedia</i>		
		Scenedesmaceae	<i>Coelastrum sp</i> <i>Selenastrum sp</i>		
		Oocystaceae	<i>Ankistrodesmus sp</i>		
		Chlorococcaceae	<i>Chlorococcum sp</i>		
	Chactophorales	Chactophoraceae	<i>Protococcus sp</i>		
	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium sp</i>		
Zygnematophyceae	Zygnematales	Desmidiaceae	<i>Euastrum elegans</i> <i>Euastrum bidentatum</i> <i>Euastrum didelta</i> <i>Desmidium sp</i>		
			Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulotrix sp 1, 2</i>

La presencia de Cyanofytas es un indicador de un sistema altamente eutroficado en medios alcalinos, donde se pueden adaptar a las diferentes relaciones nitrógeno/fósforo, teniendo un amplio rango de tolerancia a condiciones extremas por lo que su distribución es muy amplia en los diferentes biotopos de los ecosistemas lacustres.

⁵⁵ Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529 p.

Las chlorophytas *Pediastrum sp.*, *Ankistrodemus sp.* y *Scenedesmus sp.* son géneros que habitan lagos mesotróficos a eutróficos. Así también, las chlorophytas pueden crecer no sólo en ambientes contaminados por descargas orgánicas, sino también en ambientes contaminados por metales pesados; muchas de ellas son tolerantes a ellos y tienden a acumular sustancias. Dentro de las cyanophytas, *Choroococcus sp.*, *Anabaena sp.* y *Oscillatoria sp.* son muy frecuentes en lagos eutroficados.

4.2.4.2 Zooplancton

En cuanto al zooplancton, Henao-Ramírez (2004)⁵⁶ encontró varios géneros en los protozoos con sus correspondientes morfoespecies, al igual que se encuentran géneros *Holophira*, *Didinium*, *Halteria*, *Vorticella*, *Euplotes* y *Euglypha*. Los rotíferos están representados por un número considerable de nadadores, organismos de fondo y los que están desplazando continuamente al nivel de la columna de agua. También se aprecia una interacción de los componentes en los cladóceros y copépodos (Tabla 18).

Tabla 18 Composición de Zooplancton en la Madre Vieja el Cocal (Henao-Ramírez, 2004⁵⁶)

PROTOZOOS	ROTIFEROS	CLADÓCEROS	COPÉPODOS	OTROS
<i>Eugenia sp 1,2,3,4</i>	<i>Lecane sp 1,2,3</i>	<i>Moina sp</i>	<i>Hamaticoides Sp</i>	<i>Strongyloides sp 1,2,3</i>
<i>Trachelomona sp 1,2,3,4</i>	<i>Brachionus calyciplorus</i>	<i>Alona sp</i>	<i>Cyclopoidis Mesocyclops</i>	<i>Ostrocode SP</i>
<i>Difflugia sp 1,2</i>	<i>Lepodella sp</i>	<i>Chidrido sp</i>		<i>Gastrotricus ps 1,2,3</i>
<i>Amoeba sp 1,2</i>	<i>Euchlonis sp</i>	<i>P/euroxus sp</i>		
<i>Holophira sp</i>	<i>Co/ural/a sp</i>	<i>Macrothlt sp</i>		
<i>Didinium sp</i>	<i>P/atyias sp</i>			
<i>Halteria sp</i>	<i>trichocerca sp</i>			
<i>Vortical/a sp</i>	<i>Asplanchna sp</i>			
<i>Euplotes SP</i>	<i>Testudinella S/J</i>			
<i>Euglypha sp</i>	<i>Brachionus patulus</i>			
	<i>Epiphones sp</i>			
	<i>Ascomarpha sp</i>			
	<i>Rotaria sp</i>			
	<i>Adinata sp</i>			
	<i>Ptygura sp</i>			

Actualmente los Rotíferos, Protozoos y Cladóceros presentes confirman la condición expuesta, debido a que los organismos reportados en la época del muestreo coinciden con las características que presenta este cuerpo de agua de un ecosistema con un enriquecimiento de

⁵⁶ Henao-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madre Vieja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. Colombia. 92 p.

nutrientes o eutroficado. Los individuos pertenecientes a estos grupos alcanzan altos niveles de resistencia y adaptación a condiciones de estrés ambiental o condiciones no típicas debidos a la alteración antrópica del ecosistema proporcionados en el medio ambiente de la madreveja El Cocal (Tabla 19).

Tabla 19 Composición de Zooplancton en la Madreveja el Cocal (2005)

PROTOZOOS	ROTIFEROS	CLADÓCERO	COPEÓDOS	OTROS
<i>Euglypha sp</i>	<i>Lecane sp</i>	<i>Moina sp</i>	<i>Cyclopoide sp</i>	<i>Strongyloide sp1,2</i>
<i>Arcella sp1,2</i>	<i>Brachionus</i>	<i>Chidoridos sp1,2</i>	<i>Nauplio de cyclopoide</i>	<i>Ostracodo sp</i>
<i>Euglena sp1,2,3</i>	<i>Brachionus patulus</i>	<i>Macrothrys sp</i>	<i>cyclopoide</i>	<i>Glenodinium sp</i>
<i>Diffflugia sp1,2,3</i>	<i>Platyas sp</i>	<i>Acantholeberis</i>		
<i>Trachelomona armata</i>	<i>Epistylis sp</i>	<i>Alonella sp</i>		
<i>Trachelomona hispida</i>	<i>Epiphanes sp</i>	<i>Pseudochydorus</i>		
<i>Trachelomona euchora</i>	<i>Colurella sp</i>			
<i>Epistylis sp</i>	<i>Cephalodella sp</i>			
<i>Phacus pleuronectes</i>	<i>Asplanchna sp</i>			
<i>Phacus torta</i>				
<i>Pleuronema sp</i>				

La diversidad presente de Rotíferos y Cladóceros frente a los Copéodos en ambos muestreos, al igual que la diversidad de Protozoos, corrobora los resultados del fitoplancton, con relación al grado de eutroficación que presenta el agua del humedal El Cocal. Y aunque los Copéodos se consideran indicadores de oligotrofia, se ha encontrado copéodos del suborden Cyclopoidea con rotíferos del género *Brachionus* en aguas altamente eutroficadas (Roldán, 1992)⁵⁷.

4.2.4.3 Macroinvertebrados Acuáticos

En cuanto a los macroinvertebrados Henao-Ramírez (2004)⁵⁸ reporta una estructura trófica conformada por 9 órdenes, 18 familias y 21 géneros de 5 clases para un total de 204 individuos (Tabla 20). De acuerdo con las especies encontradas, especies del género *Anodontites* presenta un gran número de individuos, mostrando la importancia de los sedimentos, los lodos y los nutrientes disponibles en este humedal (Figura 19).

⁵⁷ Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529 p.

⁵⁸ Henao-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madreveja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. Colombia. 92 p.

Tabla 20 Composición de Macroinvertebrados en la Madre Vieja el Cocal (Henaó-Ramírez, 2004³⁶)

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	No. INDIV
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	<i>Macrothemis sp</i>	6
			Calopterygidae	<i>Hetaerina sp</i>	8
			Coenagrionidae	<i>Ischnura sp</i>	5
			Aeshnidae	<i>Aeshna sp</i>	3
		Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma sp</i>	14
				<i>Lethocerus sp</i>	4
			Gerridae	<i>Trepobates sp</i>	6
			Mesoveliidae	<i>Mesovelia sp</i>	3
		Diptera	Notonectidae	<i>Notonecta sp</i>	10
			Chironomidae	<i>Chironomus sp</i>	25
			Culicidae	<i>Culex sp</i>	16
			Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia sp</i>	2
Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropistemus sp</i>	17		
Annelida	Hirudinea	Glossiiphoniforme	Glossiiphoniidae	<i>Sanguijuela sp</i>	4
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	3
Molusca	Gastropoda	Mesogastropoda	Ampullariidae	<i>Pomocoea</i>	10
			Lymnaeidae	<i>Lymnae sp</i>	3
		Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus sp</i>	12
				S.I	10
	Bivalva	Unionoida	Mvcteooididae	<i>Anodontites sp</i>	31
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i>	12

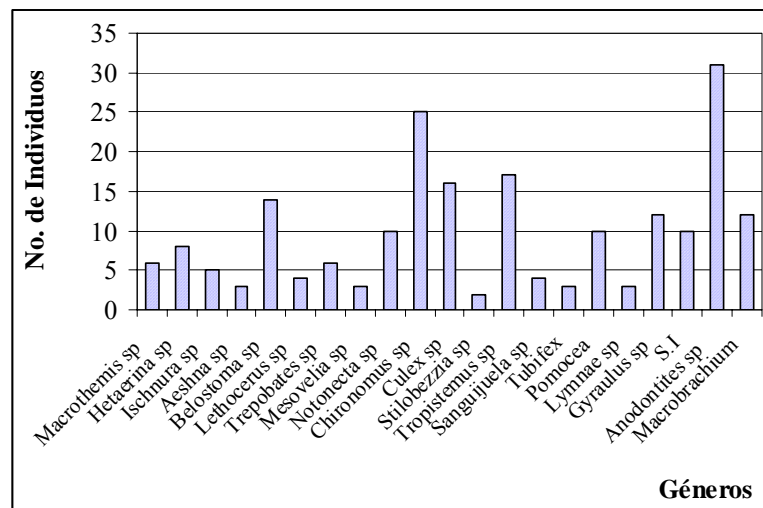


Figura 19 Macroinvertebrados en el Humedal El Cocal (Henaó-Ramírez, 2004³⁷)

En la Tabla 21 se aprecia la estructura de la comunidad de macroinvertebrados presentes en las tres estaciones de monitoreo en la madre vieja durante el presente estudio (Foto 6). En la estación 1 se encontraron 4 clases con 8 ordenes, 11 familias y 12 géneros, entre los que destacan el grupo de los Chironomidos con 60 individuos seguidos del género *Culex* con 22 organismos, pertenecientes al Orden Díptera, seguidos de 13 representantes en el Orden Odonata en el género *Aeshna*, 6 *Heterelmis* y 5 *Hyaella*.

Tabla 21 Composición de Macroinvertebrados en la Madre Vieja el Cocal (2005)

Estación No. 1	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	No.
	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Pleidae	Plea sp	2
			Coleoptera	Elmidae	Heterelmis sp	6
			Diptera	Chironomidae	Chironomus sp	4
				Tabanidae Culicidae	Tabanus sp Culex sp	23
	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis sp Baethodes sp	4 1		
	Annelida	Crustacea	Odonata	Aeshnidae Coenagrionidae	Aeshna sp Ischnura sp	13 6
			Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp	5
	Platyhelminthes	Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	si	2
		Turbellaria	Tricladida	Planariidae	si	1

Estación No. 2 Centro	Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	No.
	Molusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae Ancyliidae	<i>Lymnae sp</i> <i>Uncancylus sp</i>	46 12
			Mesogastropoda	Ampullariidae Thiaridae	Pomacea sp Hemisinus sp	11 6
	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Pleidae	Plea sp	19
			Coleoptera	Naucoridae	Pelocoris sp	2
				Elmidae	Heterelmis sp	6
			Diptera	Chironomidae	Chironomus sp	14
				Tabanidae	Tabanus sp	2
				Empididae Culicidae	Hemerodromia p Culex sp	2 9
	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis sp	2		
Odonata	Libellulidae Aeshnidae	Pantala sp Aeshna sp	1 2			
	Crustacea	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp	3	

Estación No. 3 Sector de Circuitos	Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	No.
	Molusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnae sp</i>	6
			Mesogastropoda	Planorbidae Ampullariidae	<i>Helisoma sp</i> <i>Pomacea sp</i>	12 7
	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Pleidae Naucoridae	Plea sp Pelocoris sp	14 1
			Odonata	Calopterygidae Libellulidae	Ischnura sp Pantala sp	13 5
			Coleoptera	Gyrinidae	Andogyrus sp	12
			Diptera	Tabanidae	Tabanus sp	16
				Chironomidae	Chironomus sp	27
				Ceratopogonidae	Stilobezzia sp	1
				Muscidae Culicidae	Limnophora sp Culex sp	2 15
si	Pupa- si	4				
Arachnoidea	Acari	Lymnessiidae	Lymnessia sp	2		
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	si	4		
	Crustacea	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella	3	

En la estación 2 se integran a la comunidad 3 clases distribuidas en 8 ordenes en 15 familias con 15 géneros; la clase Gastropoda con el Orden Basommatophora presenta un mayor registro de individuos en el género *Lymnae* con 46 individuos, le siguen en abundancia el

Orden Hemiptera con el género *Plea* (19) y el Orden Diptera con 14 organismos del género *Chironomus* estos entre los que presentan un número considerable de organismos dadas las condiciones ambientales de la época y estado actual del humedal.

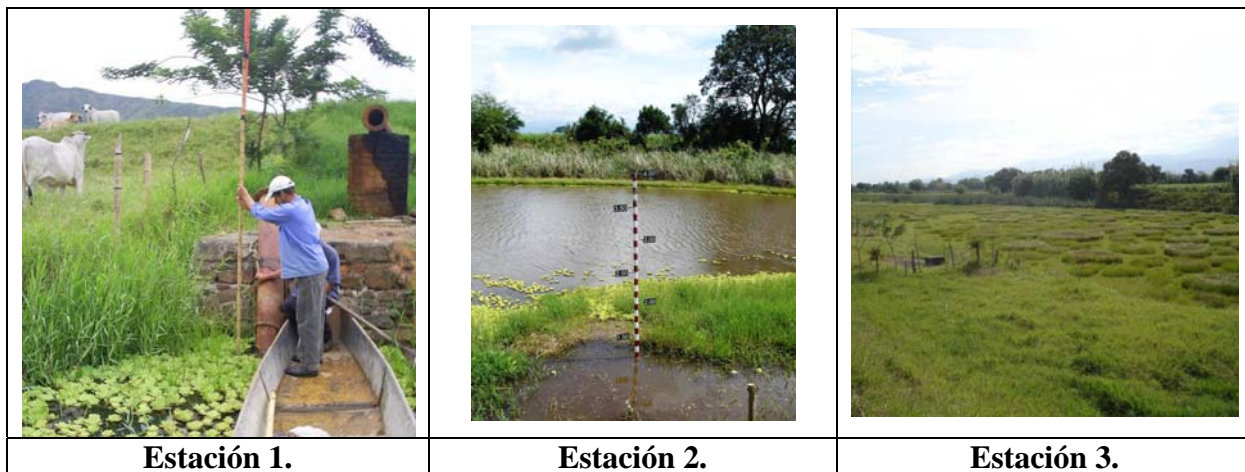


Foto 6. Estaciones de Monitoreo Hidrobiológicos en el Humedal El Cocal

Para la estación 3 se reportan 5 clases 9 ordenes con 17 familias distribuidas en 17 géneros, destacándose el Orden Diptera con 27 individuos en el Género *Chironomus*, 16 *Tabanos*, 15 *Culex*. 14 en el Género *Plea* del Orden Hemiptera y 13 en el Orden Odonata con el Género *Ischnura*.

Se aprecia un mayor registro de organismos (144) en la estación 3 que corresponde a la zona de formaciones circulares donde se observa la macrófita Ciperacea, donde posiblemente se deposita el mayor contenido de nutrientes orgánicos en la madreveja aportados por el pastoreo de ganado en esta zona.

La inexistencia de algunos grupos sensibles a las alteraciones del ecosistema dentro de la composición de macroinvertebrados del humedal tales como las larvas acuáticas de los insectos pertenecientes a los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, y las larvas y adultos de los coleópteros acuáticos muestran que el ecosistema está perturbado, puesto que estos grupos han mostrado una alta sensibilidad a la contaminación y a la degradación de ecosistemas Acuáticos. Lo que confirma la presencia de algunas especies de gusanos segmentados (oligoquetos), dípteros y moluscos, quienes muestran una alta resistencia a las perturbaciones y a la contaminación (Rosenberg y Resh, 1993 citado por Alonso y Camargo (2005)⁵⁹; Alonso y Camargo, 2004⁶⁰; Camargo et al., 2004⁶¹).

⁵⁹ Alonso A. y, Camargo J.A. (2005). Estado actual y Perspectivas en el Empleo de la Comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos como Indicadora del Estado Ecológico de los Ecosistemas Fluviales Españoles. Ecosistemas. 2005/3.

La mayoría de invertebrados son sensibles a la reducción de oxígeno disuelto, de tal forma que reducen su abundancia, o incluso desaparecen. Por el contrario, otros grupos toleran bien las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, como es el caso de algunas larvas de dípteros de la familia Chironomidae o algunas especies de Oligoquetos, de tal manera que una elevada abundancia de estos grupos con respecto a las condiciones naturales o de referencia es bioindicadora de este tipo de contaminación.

En el humedal El Cocal se encontraron altas individuos de *Chironomus sp* y *Anodontites sp* durante ambos muestreos. Estos grupos presentan adaptaciones a la anoxia, como mayor cantidad de pigmentos respiratorios específicos (eritrocruorinas) capaces de fijar oxígeno a muy baja concentración o la capacidad de obtener energía por medio de fermentación anaerobia (Hoback y Stanley, 2001⁶²).

De acuerdo con Chará (2002) citado por Murgueitio (2003)⁶³, las larvas de los dípteros crecen en abundancia en los substratos lodosos y arenosos más comunes en las quebradas de zonas de potrero, donde la mayoría de los dípteros en quebradas que drenan áreas ganaderas pertenecen a las familias *Chironomidae* y *Ceratopogonidae*, por lo que se puede inferir que la abundancia encontrada de *Chironomus sp* en este ecosistema se debe a la influencia directa e indirecta de la producción ganadera de la hacienda.

De acuerdo con recientes investigaciones sobre la calidad del agua y los hábitats de microcuencas con diferentes coberturas vegetales relacionadas con usos del suelo determinaron que los macroinvertebrados son sensibles a los cambios en el uso del suelo y por tanto son unos buenos indicadores del impacto causado por actividades como la ganadería sobre las quebradas (Murgueitio, 2003)⁶³.

• Índices Biológicos

El índice de biodiversidad de Shannon-Weaver está basado en la diferencia que exhiben las comunidades bentónicas, no sólo en el tipo de organismos presentes sino también en el número de especies diferentes y, por lo tanto, en la diversidad biológica cuando la calidad del agua se halla perturbada por algún factor ecológico.

⁶⁰ Alonso, A. y Camargo, J. A. (2004). Sub-lethal Responses of the Aquatic Snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca) to Unionized Ammonia: a Tolerant Invading Species. *Fresenius Environmental Bulletin* 13: 607-615.

⁶¹ Camargo, J. A., Alonso A. y De la Puente M. (2004). Multimetric Assessment of Nutrient Enrichment in Impounded Rivers based on Benthic Macroinvertebrates. *Environmental Monitoring and Assessment* 96: 233-249.

⁶² Hoback, W.W. y Stanley, D.W. (2001). Insects in hypoxia. *Journal of Insect Physiology* 47: 533-542.

⁶³ Murgueitio, E. (2003). Impacto Ambiental de la Ganadería de Leche en Colombia y alternativas de Soluciones. *Livestock Research for Rural Development* 15(10). Febrero 4 de 2006.
<http://www.cipav.org.co/1rrd/1rrd15/10/murg1510.htm>.

El índice de diversidad para las muestras realizadas por Henao-Ramírez (2004)⁶⁴ es de 2.8, un índice de equidad de 0.91 y un índice de riqueza de 3.8 indicando que la Madre Vieja El Cocal está medianamente contaminada y con procesos lentos y estancados; mientras que de acuerdo con el método BMWP/Col este es un ecosistema aceptable por lo que el agua está ligeramente contaminada. Esta dinámica puede ser propia de un ecosistema léntico, con muy poco intercambio de agua y área restringida.

El índice de biodiversidad, equidad y riqueza para el muestreo realizado durante este estudio mostró que se comportan de forma uniforme en el humedal El Cocal, cuyo valores promedios fueron 1.83, 0.69 y 4.07 respectivamente, índices ecológicos muy bajos en cuanto a la riqueza puesto que existe dominancia de especies propias de ambientes altamente deteriorados y por consiguiente baja diversidad y equidad. Al igual que durante el año 2004, para este muestreo del año 2005 se encontró que el agua está ligeramente contaminada en los tres puntos de muestreo de acuerdo al índice BMWP/Col y por lo tanto tiene una calidad del agua aceptable (Figura 20).

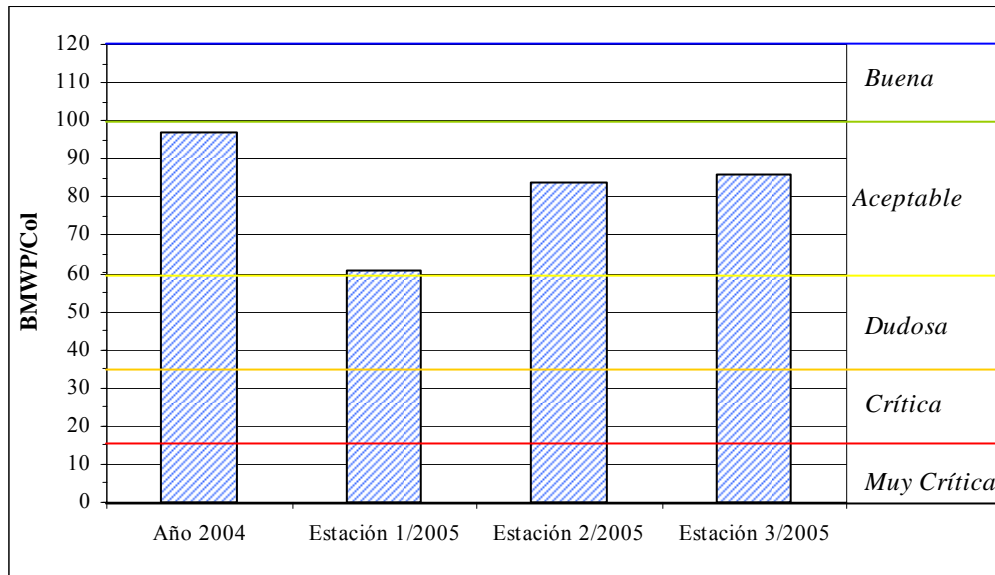


Figura 20. Calidad del Agua del Humedal El Cocal según el Índice BMWP/Col

El estudio de los macroinvertebrados bentónicos como organismos indicadores de calidad de agua, permite estimar si han sido afectados por cambios físicos o químicos de su hábitat, pero no indica directamente cual es la causa específica que los afecta, lo cual debe ser estimado mediante su asociación con información del hábitat físico (substrato de fondo, velocidad de la

⁶⁴ Henao-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madre Vieja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. Colombia. 92 p.

corriente, profundidad) y a potenciales fuentes de estrés, por lo que se debe correlacionar con parámetros de calidad del agua.

4.2.5 Calidad del Agua

La calidad del agua del humedal El Cocal se ve influenciada por el aporte del agua subterránea, la escorrentía del riego de caña de azúcar, la poca circulación del agua dentro del humedal y el aporte del río Cauca en épocas de crecientes por gradiente hidráulico.

4.2.5.1 Río Cauca

CVC-Universidad del Valle (2001b)⁶⁵ realizaron un análisis espacial del río Cauca donde se calcularon los valores medios del caudal y los parámetros de calidad del agua en cada una de las 19 estaciones de monitoreo presentes a lo largo del río Cauca considerando los períodos 1985 - 1990, 1991 - 1995, 1996 - 1999. Teniendo en cuenta los caudales que representan las condiciones estacionales de invierno, promedio y verano (Figuras 21, 22 y 23).

A partir de este análisis y de acuerdo con el comportamiento de los parámetros de calidad del agua en el río Cauca, en el tramo Salvajina – La Virginia se distinguieron tres tramos característicos: (1) Tramo Salvajina – Hormiguero, comprendido entre las estaciones Antes Suárez y Hormiguero; (2) Tramo Hormiguero – Mediacanoa, comprendido entre las estaciones Hormiguero y Mediacanoa; y, (3) Tramo Mediacanoa – La Virginia, comprendido entre las estaciones Mediacanoa y Puente La Virginia.

El humedal El Cocal se encuentra comunicado con el río Cauca por medio de un canal que tiene una compuerta que se manipula de acuerdo a los niveles en los canales del predio con fines de drenar el excedente de agua en el predio. La comunicación con el río Cauca se encuentra entre las estaciones de monitoreo de calidad del agua de Vijes y Yotoco que se encuentra en el tramo Hormiguero – Mediacanoa. Tramo donde se presenta la mayor contaminación por materia orgánica. Aquí el Río Cauca recibe directamente las cargas contaminantes de los municipios de Cali y Vijes, los aportes de los ríos Guachal, Cali, Desbaratado, Yumbo, Cerrito y Sonso, y las industrias que tributan directamente al Río Cauca, donde se destacan las empresas del sector papelerero.

El tramo Hormiguero - Mediacanoa presenta un descenso vertiginoso en la concentración de OD en los tres períodos estacionales, registrándose concentraciones inferiores a 1.0 mg/l para la condición de verano y de aproximadamente 2.5 mg/l para la condición de invierno para los tres períodos analizados.

⁶⁵ CVC-Universidad del Valle. (2001b). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización de la Calidad del Agua y sus Tributarios, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen VI. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

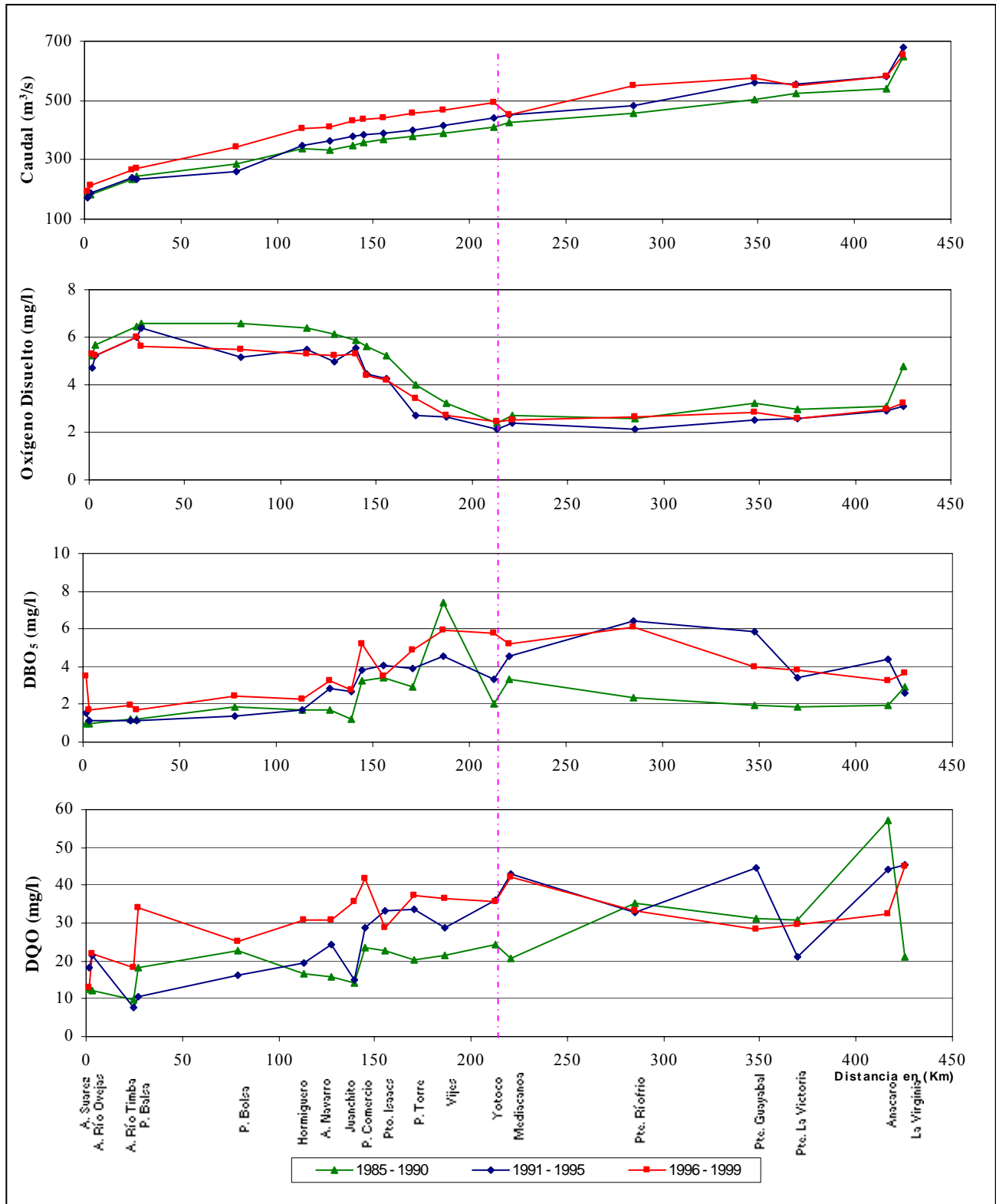


Figura 21 Variación de Caudal, OD, DBO₅ Y DQO en el Río Cauca Tramo: Salvajina – La Virginia Condición Estacional: Invierno (CVC- Universidad del Valle, 2001)

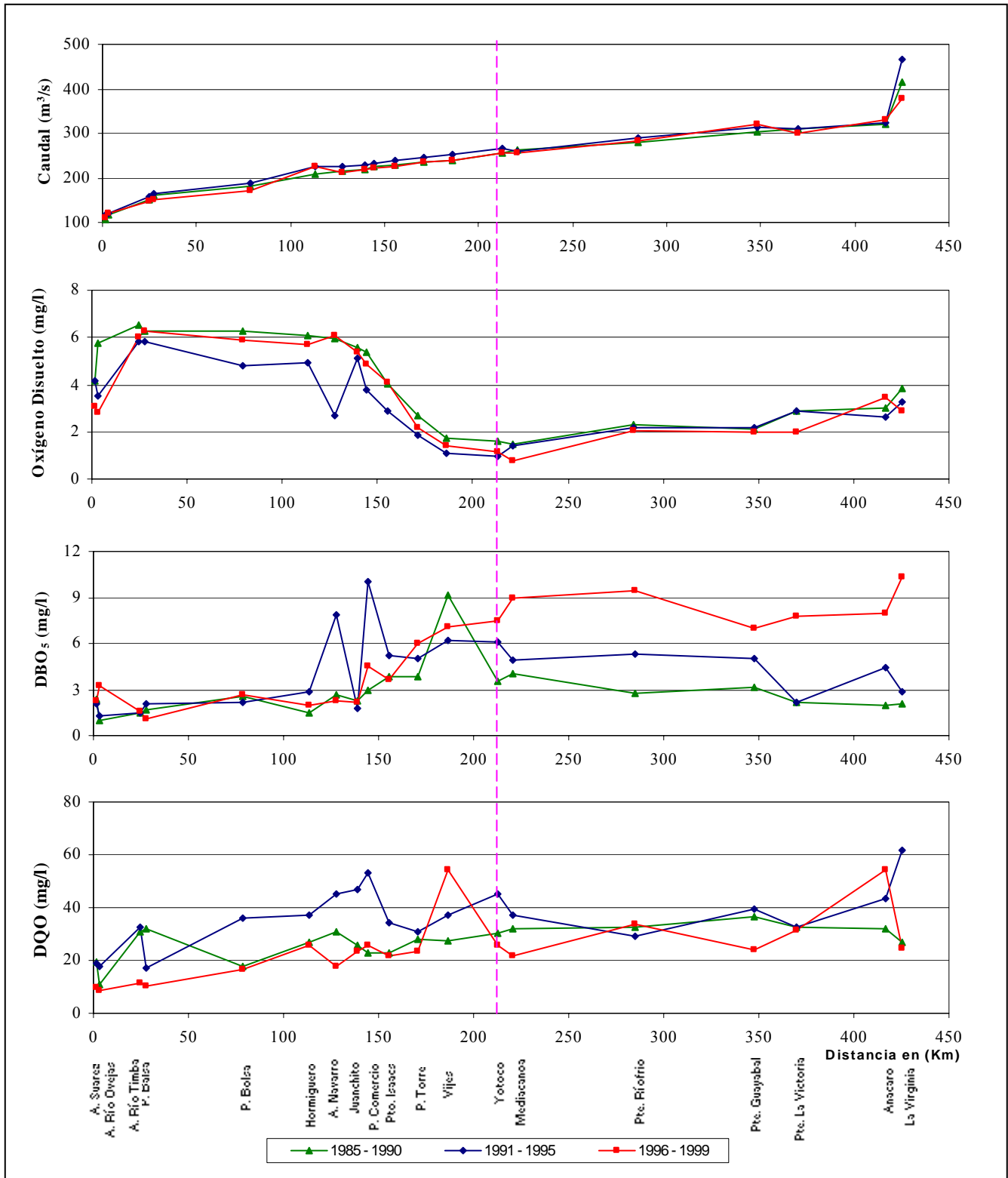


Figura 22 Variación de Caudal, OD, DBO₅ Y DQO en el Río Cauca
Tramo: Salvajina – La Virginia Condición Estacional: Promedio
(CVC- Universidad del Valle, 2001)

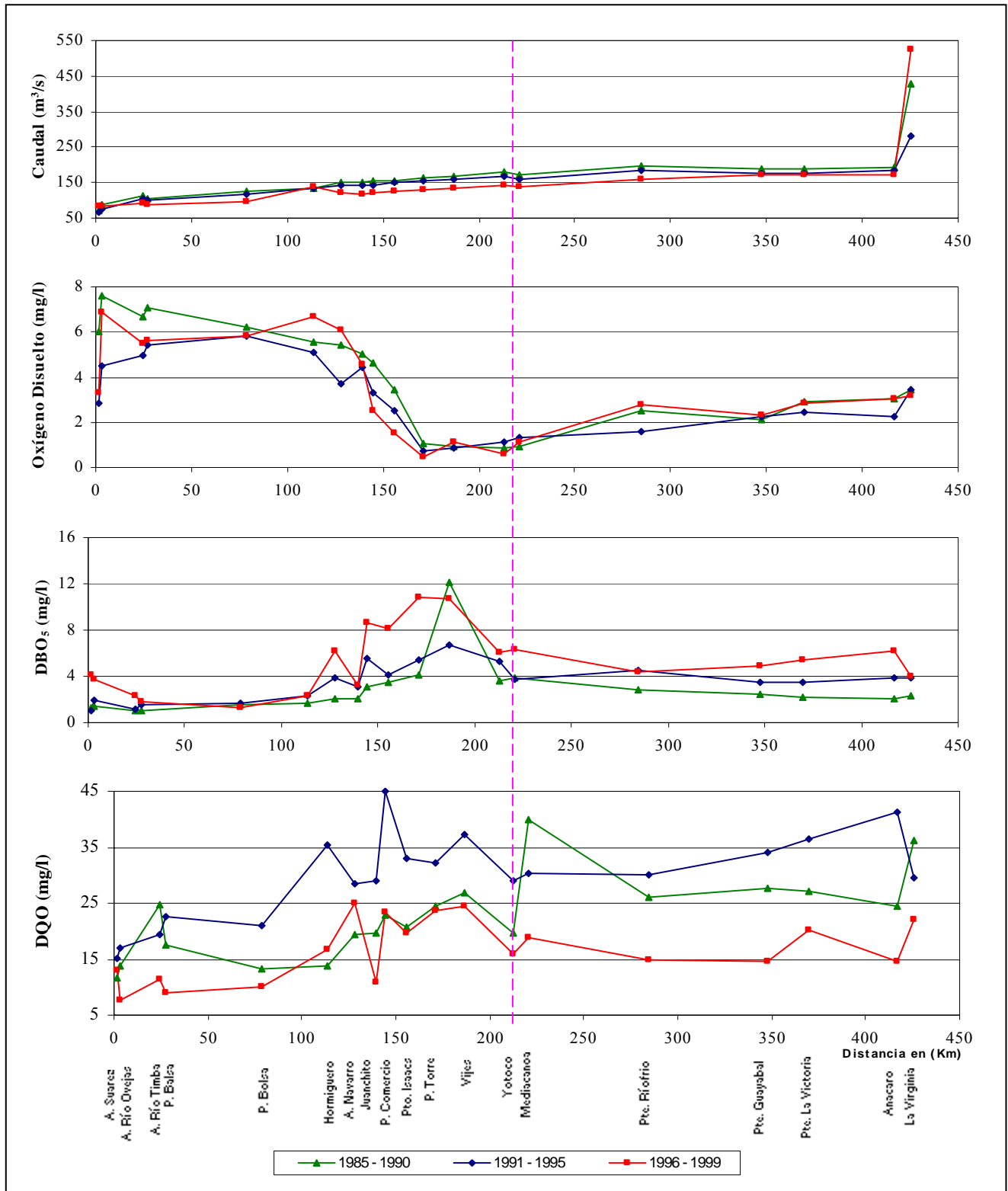


Figura 23 Variación de Caudal, OD, DBO₅ Y DQO en el Río Cauca
Tramo: Salvajina – La Virginia **Condición Estacional: Verano**
(CVC- Universidad del Valle, 2001)

Estos niveles están por debajo del mínimo establecido por el Decreto 1594/84 del Ministerio de Agricultura para diferentes usos del recurso hídrico; incluso existen registros que evidencian condiciones anaerobias puntuales en las estaciones Puerto Isaacs, Paso de la Torre, Vijes, Yotoco y Mediacanoa, evidenciándose esto por la presencia de macroinvertebrados del género *Tubifex* los cuales se encuentran en ambientes contaminados con materia orgánica, bajos niveles de oxígeno y eutrofizantes (Baena, 2004)⁶⁶ Esta situación se presenta como una consecuencia del vertimiento en menos de 40 km de las aguas residuales sin tratamiento de la ciudad de Cali, las aguas residuales de la industria papelera y las de otros municipios e industrias que vierten a través de los ríos Cali, Yumbo, Guachal y Cerrito.

En este tramo se presenta un incremento de la DBO₅ de aproximadamente 2.0 mg/l en la estación Hormiguero a un máximo promedio de 12 mg/l en la estación Vijes para las condiciones de promedio y verano. Esta concentración de DBO₅ disminuye a valores inferiores a 8.0 mg/l para la condición de invierno debido al aumento del caudal.

En este tramo se evidencian cambios notables en la concentración mínima de OD para las condiciones de verano e invierno, debido al efecto de dilución propiciado por los mayores caudales durante la época invernal.

La concentración de DQO para los tres períodos analizados presenta valores entre 30 mg/l y 40 mg/l aproximadamente en el tramo Hormiguero - Mediacanoa para las condiciones de invierno, promedio y verano. La concentración de este parámetro se encuentra por encima de los valores normales en fuentes superficiales (UNEP et al, 1996)⁶⁷.

CVC – Universidad del Valle (2005) definieron los parámetros críticos en el río Cauca dando como prelación al tramo que presentó el mayor número de parámetro críticos, Puente Hormiguero – Mediacanoa. Los parámetros críticos incluyeron los parámetros indicadores de contaminación (OD, DBO₅, DQO), material particulado y suspendido (Sólidos Suspendidos, Turbiedad y Color), nutrientes (Fosfatos y Nitrógeno Amoniacal), metales (Hierro y Manganeso) y patógenos (Coliformes Totales y Fecales).

En términos generales, el tramo Pte Hormiguero – Mediacanoa presenta un mayor número de parámetros limitantes, asociados principalmente con contaminación orgánica e inorgánica, debido al impacto que sufre el río por las descargas de los principales colectores de aguas residuales domésticas y canales de aguas lluvias de la ciudad de Cali, los vertimientos de las diferentes industrias ubicadas en la zona Industrial Acopi – Yumbo y de los ríos tributarios altamente contaminados por vertimientos domésticos, industriales y agrícolas.

⁶⁶ Baena, L.M. (2004). Estudio Experimental para la Determinación de las Constantes Bénticas en el Río Cauca en el Tramo Salvajina – La Virginia. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. 56 p.

⁶⁷ UNEP, UNESCO y WHO. (1996). Water Quality Assessment: A Guide to the Use, of Biota, Sediments and Water Environmental Monitoring. 2 Ed. Londres. Inglaterra. 626 p.

4.2.5.2 Estaciones de Calidad del Agua Vijes, Yotoco y Mediacanoa sobre el Río Cauca

En el Anexo 2 se presentan los resultados de la estadística descriptiva de 31 parámetros de calidad del agua monitoreados regularmente por la CVC durante el período 1993 – 2005, y en el Anexo 3 se presenta un análisis espacial entre las estaciones de interés para el proyecto, Vijes – Yotoco – Mediacanoa, para el mismo período en las condiciones estacionales de Invierno y Verano, períodos seleccionados de acuerdo a la condición bimodal climática que se presenta en la zona de estudio.

En la Tabla 22 se presenta el promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos monitoreados por la CVC durante el período 1983 – 2005 en las estaciones Vijes, Yotoco y Mediacanoa sobre el río Cauca; y en la Figura 24 se presenta un esquema de los tributarios al río Cauca entre las estaciones de calidad del agua Paso de La Torre y Mediacanoa.

Aguas arriba de la estación Paso de la Torre se destacan los vertimientos indirectos al río Cauca de los ingenios azucareros María Luisa, Central Tumaco, Central Castilla y Mayagüez por el río Guachal, y entre las estaciones Paso de La Torre y Mediacanoa el ingenio Manuelita por el río Amaime, Providencia por el río Cerrito y Pichichí por el río Sonso. El ingenio Manuelita está construyendo una planta de alcohol y el ingenio Providencia ya entró en marcha con la producción de alcohol a partir de la caña de azúcar; el impacto de las aguas residuales como consecuencia de estos procesos productivos no han sido tenido en cuenta en cuanto a su afectación al río Cauca y por lo tanto a los ecosistemas aledaños.

- **Estación Vijes**

La estación Vijes está localizada en K186+452.2 de la represa Salvajina. El río Cauca presenta contaminación en esta estación debido, entre otros factores, a la descarga directa de las aguas residuales domésticas del municipio de Vijes, el aporte de carga contaminante procedente de algunas industrias, como las de químicos y los ingenios azucareros que llegan al río Cauca por medio de los ríos tributarios Amaime, Vijes y Cerrito.

El río Amaime recibe las descargas de aguas residuales del Ingenio Manuelita que posee planta de tratamiento de aguas residuales; sin embargo, esto no garantiza la disminución del 100% de la carga contaminante. Al Río Nima, tributario del río Amaime, le extraen casi el 100% del caudal para abastecer las plantas de energía Nima 1 y 2, lo cual aumenta la situación ya crítica de la calidad del agua, por las descargas de las comunidades de Potrerillo, Calucé y Tenjo.

En cuanto al río Vijes, el principal problema de la cuenca son las zonas erosionadas que ha dejado la explotación de caliza y los frecuentes incendios forestales y en época de invierno las inundaciones en la parte baja del municipio de Vijes. Las aguas residuales de Vijes se descargan directamente al Río Cauca.

Tabla 22 Resumen de los Parametros Fisicoquimicos y Microbiologicos en las Estaciones de Monitoreo de Calidad del Agua de Vijes, Yotoco y Mediacanoa sobre el Rio Cauca Periodo: 1983 - 2005

Parametro	Invierno			Verano		
	Vijes	Yotoco	Mediacanoa	Vijes	Yotoco	Mediacanoa
pH	6.91	6.93	6.91	6.94	7.06	7.02
Temperatura	21.25	21.56	22.20	22.56	22.47	22.93
Color	123.57	118.57	132.50	72.60	65.35	67.74
Turbiedad	136.26	145.02	180.63	113.62	98.64	92.50
Sólidos Totales	323.13	330.06	390.06	254.58	247.73	242.95
Sólidos Suspendidos	192.62	203.71	224.34	130.16	115.45	133.16
Sólidos Disueltos	128.71	122.52	161.16	118.40	126.37	109.84
DBO	6.47	5.74	5.39	7.37	6.47	5.76
DQO	29.55	29.11	28.43	28.19	26.76	28.58
Oxigeno Disuelto	1.58	1.46	1.65	1.64	1.44	1.66
Dureza Total	49.47	50.23	53.21	48.82	49.45	53.76
Dureza Calcica	28.76	28.86	31.48	28.37	28.91	31.39
Dureza Magnesica	20.71	21.38	21.74	20.47	20.53	22.37
Calcio	11.50	11.54	12.60	11.34	11.57	12.56
Magnesio	4.97	5.13	5.22	4.92	4.93	5.37
Alcalinidad Total	39.91	40.94	42.45	40.83	44.55	49.16
Bicarbonatos	47.60	47.28	51.50	50.38	55.29	60.07
Conductancia Especifica	138.59	130.91	131.84	146.94	159.96	152.61
Hierro Total	12.48	9.05	8.85	5.51	5.01	6.22
Manganeso Total	0.28	0.21	0.22	0.16	0.27	0.20
Sodio Total	7.48	7.75	7.67	7.77	8.02	7.37
Potasio Total	2.43	2.28	2.36	1.98	2.07	2.22
Nitrogeno Total	1.93	1.94	2.30	2.55	2.47	2.44
Nitrogeno Amoniacal	0.55	0.49	0.43	0.67	0.78	0.69
Nitritos	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
Nitratos	0.28	0.27	0.29	0.25	0.32	0.28
Cloruros	7.65	5.74	9.45	7.55	7.69	7.34
Foforo Total	0.33	0.31	0.32	0.24	0.21	0.23
Fosfatos	0.10	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08
Sulfatos	21.03	20.21	22.00	22.38	23.06	19.57
Coliformes Totales	7.06E+07	4.65E+07	7.42E+07	1.17E+08	4.68E+07	5.33E+07
Coliformes Fecales	6.65E+07	2.12E+07	6.86E+07	9.32E+07	3.53E+07	2.44E+07
Caudal	314.28	333.11	341.84	279.32	296.03	291.64

De los tributarios al río Cauca antes de esta estación, el río Cerrito es el río que más impacto causa debido a que la parte media de la cuenca se encuentran grandes extensiones de tierra dedicadas a la ganadería, recibe parte de las descargas de aguas residuales del municipio del Cerrito con una población de 39000 hab ubicada aproximadamente a 20 Km de la desembocadura; y a través del alcantarillado recibe las descargas de la industria de las curtiembres ubicadas en este municipio como curtiembres Benitez, Curtiembres Bravo,

Curtiembres Cardona, Curtiembre Ríos E impacto Eláter. Al Río Cerrito descarga directamente sus aguas residuales Curtidos La Cebrá y Curtipieles Ltda. (CVC-Universidad del Valle, 2001b)⁶⁸.

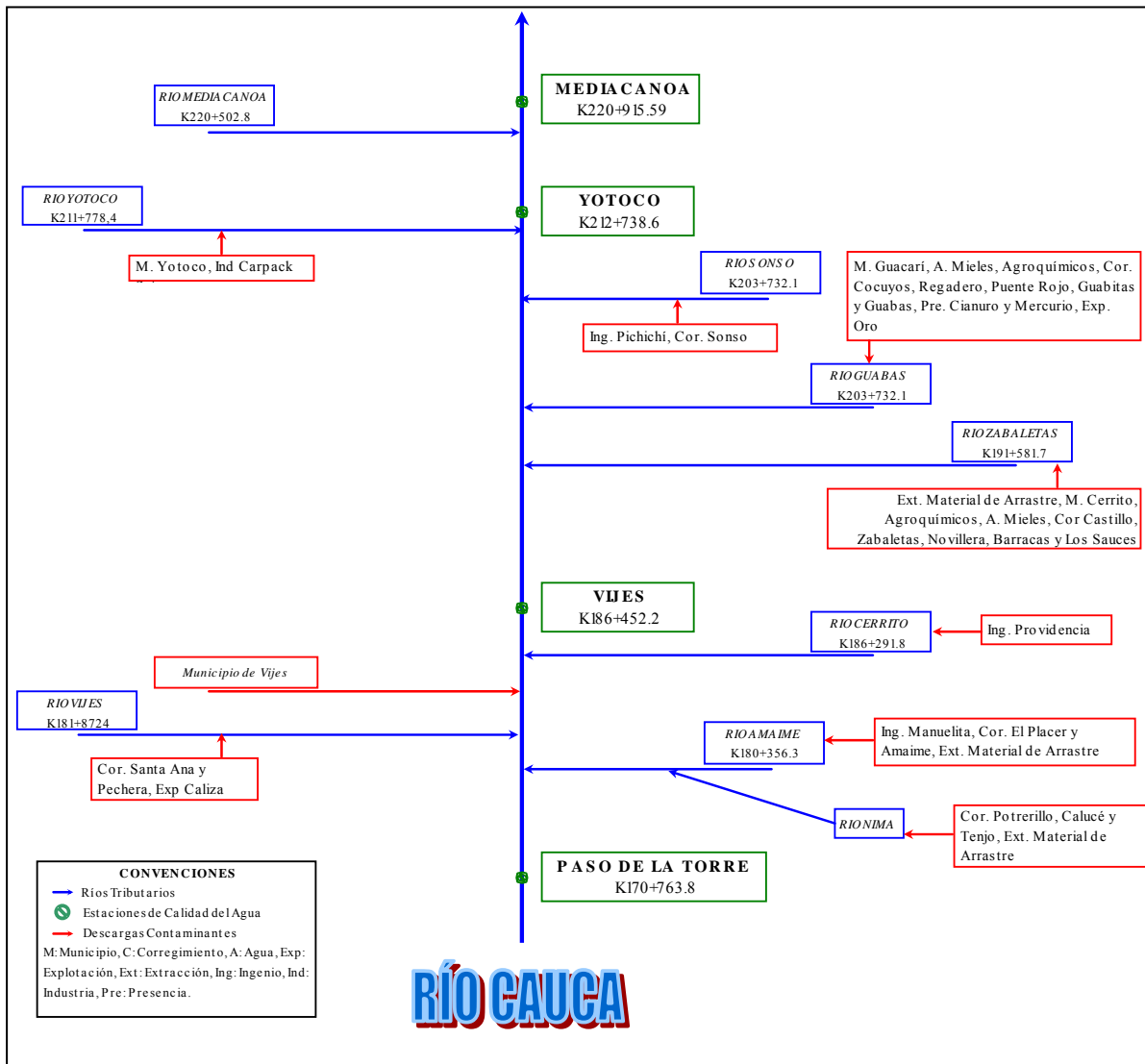


Figura 24 Esquema de Tributarios al Río Cauca entre las Estaciones de Calidad del Agua Paso de La Torre y Mediacanóa (Modificado de CVC-Universidad del Valle, 2001b)⁶⁸

El oxígeno disuelto en esta estación presenta concentraciones entre 0.2 a 4.6 mg/l y un promedio de 1.58 mg/l para la condición de invierno y entre 0.0 a 4.5 y un promedio 1.64 para

⁶⁸ CVC-Universidad del Valle. (2001b). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización de la Calidad del Agua y sus Tributarios, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen VI. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

verano entre los años 1993 y 2005. Concentración de oxígeno disuelto que limita todos los usos que reglamenta el Decreto 1594/84. La DBO₅ presenta concentraciones promedio para invierno y verano de 10 mg/l, presentándose concentraciones para invierno y verano entre 2.6-15.7 y 2.6-13.7 respectivamente.

En esta estación la turbiedad registra valores en promedio de 136.3 UNT para invierno y 113.6 UNT para verano. Los sólidos suspendidos presentan valores inferiores a 200 mg/l. Estos cambios en la concentración de turbiedad y sólidos suspendidos, puede generarse por intervención en la cuenca del río Cauca y el aporte de los ríos Amaime, Cerrito y Vijes que presentan niveles altos de estos parámetros generado por la extracción de material de arrastre en el lecho del río.

Con relación a los coliformes fecales las concentraciones oscilan en 10⁷ NMP/100 ml para las dos condiciones estacionales en el período evaluado. Se registran concentraciones puntuales superiores a 10⁸ NMP/100 concentración de este parámetro que limita los usos que reglamenta el Decreto 1594/84 y el índice de calidad del agua del Acuerdo 014/76.

- **Estación Yotoco**

La estación de calidad del agua de Yotoco se encuentra ubicada en el K211+8 a partir de la represa de Salvajina sobre el río Cauca, la cual presenta contaminación debido entre otros factores, a la descarga de aguas residuales domésticas e industriales provenientes de municipios como Guacarí, Yotoco, Cerrito y Buga, y el Ingenio Pichichí por el río Sonso.

Esta contaminación llega al río Cauca por medio de los ríos tributarios Guabas, Yotoco, Zabaletas y Sonso. El río Guabas recibe las descargas de aguas residuales de algunos corregimientos y las descargas de sedimentos y residuos de cianuro y mercurio de explotaciones mineras que se desarrollan en la zona alta de la cuenca a pesar de los controles que ejerce la CVC. El río Yotoco recibe las aguas residuales de parte del municipio de Yotoco y los desechos industriales de explotaciones agropecuarias (cultivo de caña y ganadería), además de las aguas residuales de Carpak S.A (CVC-Universidad del Valle, 2001b)⁶⁹.

El río Zabaletas recibe parte de las descargas de aguas residuales de una pequeña parte del municipio del Cerrito y los corregimientos del Castillo, los Medios, Zabaletas, Novillera, Barrancos y los Sauces del municipio de Ginebra; además, recibe las descargas de curtiembres Tobón García y Cia Ltda. El río Sonso recibe las aguas residuales del caserío de Sonso y los desechos industriales de explotaciones agropecuarias y del Ingenio Pichichí.

El oxígeno disuelto presenta concentraciones entre 0.2 y 4.3 mg/l con un promedio de 1.46 mg/l en invierno y entre 0.0 y 3.50 mg/l con un promedio de 1.44 en verano en los monitoreos realizados entre los años 1993 y 2005, registrándose concentraciones puntuales de condiciones anaerobias en algunos años. La concentración de oxígeno disuelto en esta estación limita todos

⁶⁹ CVC-Universidad del Valle. (2001b). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización de la Calidad del Agua y sus Tributarios, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen VI. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

los usos que reglamenta el Decreto 1594/84. La DBO₅ presenta concentraciones inferiores a 10 mg/l en la mayoría de los monitoreos realizados entre los años 1993 y 2005.

En esta estación la turbiedad registra valores menores de 150 UNT. Los sólidos suspendidos presentan valores inferiores a 200 mg/l. Los cambios en la concentración de turbiedad y sólidos suspendidos, puede generarse por el aporte de los Ríos Guabas, Yotoco, Zabaletas y Sonso que presentan niveles altos de estos parámetros generado por la alteración del lecho del río por la extracción de material de arrastre (CVC-Universidad del Valle, 2001b)⁷⁰.

Con relación a los coliformes fecales, se presenta un promedio de 10⁷ NMP/100ml en ambas condiciones. La concentración de este parámetro limita todos los usos que reglamenta el Decreto 1594/84 y el índice de calidad de agua del Acuerdo 014/76.

- **Estación Mediacanoa**

El Río Cauca presenta contaminación en esta estación generada, entre otros factores, por el aporte del río Mediacanoa con un caudal promedio multianual de 0.83 m³/s. La cuenca de este río se caracteriza por una excesiva tala del bosque y el uso de sus suelos en ganadería extensiva o en cultivos limpios, también recibe los desechos industriales de explotaciones agropecuarias, principalmente por el cultivo de caña, porquerizas y ganadería. Recibe las descargas de aguas residuales del corregimiento de Mediacanoa en el municipio de Yotoco.

El oxígeno disuelto presenta concentraciones entre 0.0 mg/l y 4.0 mg/l en la mayoría de los monitoreos realizados entre los años 1993 y 2005, con promedio de 1.65 y 1.66 mg/l para las condiciones estacionales de invierno y verano. Se registran concentraciones puntuales de condiciones anaerobias. La concentración de oxígeno disuelto en esta estación limita los usos que reglamenta el Decreto 1594/84. La DBO₅ presenta concentraciones inferiores a 12 mg/l en la mayoría de los monitoreos con promedio de 5.39 mg/l para invierno y 5.76 para verano.

En esta estación la turbiedad registra valores para invierno entre 6 y 462 UNT con un promedio de 180.63 UNT y para verano entre 24 y 242 UNT con un promedio de 92.5 UNT. Los sólidos suspendidos presentan valores promedio de 224 y 133 mg/l para invierno y verano respectivamente, registrando solo un dato superior a 700 mg/l de sólidos en el año de 1996 en invierno. Los cambios en la concentración de turbiedad y sólidos suspendidos, puede generarse por el aporte del Río Mediacanoa que presenta niveles altos de estos parámetros por la presencia en la cuenca de una excesiva tala del bosque, el uso de suelos en ganadería extensiva o en cultivos limpios y la descarga de aguas residuales de porquerizas sin tratamiento previo.

Con relación a los coliformes fecales las concentraciones oscilan entre 10³ NMP/100ml y 10⁸ NMP/100ml para las dos condiciones estacionales analizadas. La concentración de este parámetro limita todos los usos que reglamenta el Decreto 1594/84 del Ministerio de Agricultura.

⁷⁰ CVC-Universidad del Valle. (2001b). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización de la Calidad del Agua y sus Tributarios, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen VI. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

4.2.5.3 Humedal El Cocal

En el Anexo 4 se presentan la estadística descriptiva de 14 parámetros de calidad del agua evaluados por Henao-Ramírez (2004)⁷¹ en 5 campañas de monitoreo y tres puntos sobre el espejo lagunar realizado durante el año 2004.

4.2.5.3.1 Análisis Temporal

En la Tabla 23 se presentan los registros de calidad del agua realizados en el año 2004 en 6 campañas de monitoreo por Henao – Ramírez y dos campañas de monitoreo realizadas en el año 2005 en un punto de muestreo denominado espejo lagunar en el desarrollo del presente Plan de Manejo.

Tabla 23 Registros de Calidad del Agua en el Espejo Lagunar del Humedal

PARAMETRO	UN.	Feb/04	Mar/04	Abr/04	May/04	Jun/04	Jul/04	Sep/05	Dic/05
pH	Unidad	7,24	7,00	7,61	7,44	7,18	7,51	7,02	6,12
Temperatura	C	---	---	---	---	---	---	23,9	23,5
Color	Unidad	71,67	87,53	45,00	95,00	62,93	63,33	---	---
Turbiedad	F.T.U.	20,37	32,67	10,07	30,83	15,67	12,19	33	26
Sólidos Totales	mg/l	---	---	---	---	---	---	---	395
Sólidos Suspendidos	mg/l	---	---	---	---	---	---	---	17,3
Sólidos Disueltos	mg/l	538,33	324,33	553,00	571,33	551,67	356,33	---	377,7
DBO5	mg/l	---	---	---	---	---	---	3,87	7,06
DQO	mg/l	---	---	---	---	---	---	30,91	32,97
Oxígeno Disuelto	mg/l	---	1,40	---	---	---	1,51	0,05	1,56
Dureza Total	mg/l	190,48	183,22	261,62	273,33	139,50	153,90	---	---
Alcalinidad a la Fenol	mg/l	---	---	---	---	---	---	0	0
Alcalinidad Total	mg/l	261,19	295,65	273,83	278,97	283,95	311,03	295,8	286,45
Acidez Total	mg/l	66,59	58,09	60,71	69,25	83,88	87,56	---	---
Conductancia Especifica	uS/cm	547,67	566,67	589,00	576,33	551,33	579,33	591,3	534,4
Hierro	mg/l	---	---	---	---	---	---	0,2	2,18
Cloruros	mg/l	---	---	---	---	---	---	7,21	8,2
Sulfatos	mg/l	---	---	---	---	---	---	4,7	5,17
Fosfatos	mg/l	---	---	---	---	---	---	0,06	0,06
Fósforo Total	mg/l	---	0,10	---	---	---	0,11	0,143	0,17
Nitrógeno Total	mg/l	---	2,07	---	---	---	1,63	2,8	2,21
Nitratos	mg/l	---	---	---	---	---	14,70	0,4	0,4
Nitritos	mg/l	---	---	---	---	---	0,06	---	---
Coliformes Totales	NMP	16800	2400	24000	24000	24000	2400	930	360
Coliformes Fecales	NMP	277	---	250	133	327	---	930	23

⁷¹ Henao-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madre Vieja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. Colombia. 92 p.

• **Temperatura**

La temperatura es una característica física de suma relevancia por su efecto sobre otras propiedades; como la aceleración de reacciones químicas, intensificación de sabores y olores, etc. De acuerdo con Roldán (1992)⁷², los humedales no presentan cambios significativos en la temperatura del agua a lo largo del año.

El promedio de la temperatura en el Humedal El Cocal es de 23.7°C, que de acuerdo con la clasificación realizada por Roldán (1992)⁷², es un lago *Oligomítico*, los cuales están localizados en bajas alturas, con aguas cálidas y sujetos a pocas variaciones de temperatura a lo largo del año poseyendo pocos períodos de circulación

• **pH**

Según Roldán (1992)⁷², los lagos y las ciénagas de las partes bajas tropicales presentan rangos de pH entre 5.0 y 9.0 (Figura 25), dependiendo de su estado de eutroficación y alcalinidad, los cuales presentan uniformidad o pocas variaciones con la profundidad. El promedio del pH en este humedal es de 7.1 unidades y un rango entre 6.12 y 7.61 unidades y no presenta un comportamiento estacional.

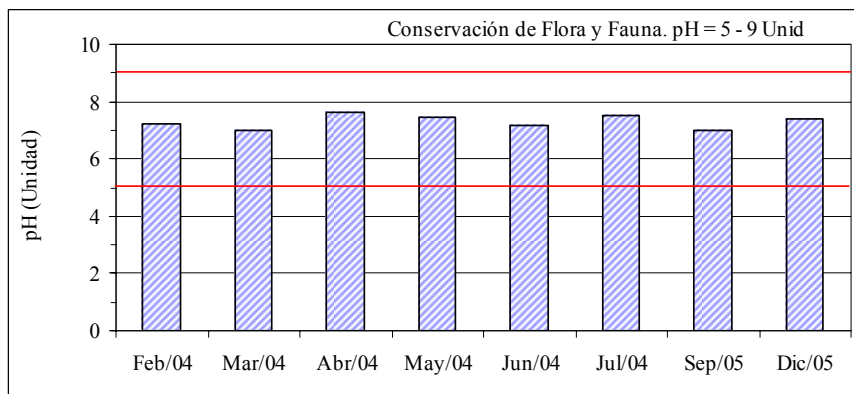


Figura 25 Variación de pH en el Humedal El Cocal

• **Alcalinidad Total**

La alcalinidad es la capacidad de neutralizar los ácidos y es la forma de expresar la cantidad de iones carbonatos y bicarbonatos presenten. Este parámetro es importante desde el punto de vista de la determinación de mantener los procesos biológicos y la productividad de forma sostenida.

⁷² Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529 p.

Los resultados de la alcalinidad a la fenol tomados durante el año 2005, indican que no existe alcalinidad por carbonatos y que por lo tanto la alcalinidad se debe a los iones bicarbonatos. Los registros existentes indican la alcalinidad está en un rango de 260 y 311 mg/l con un valor promedio de 285.8 mg/l (Figura 26). Roldán (1992)⁷³ reporta valores de alcalinidad menores a 100 mg/l en aguas tropicales, sin embargo muestra ciénagas y lagunas costeras con valores superiores, así mismo indica que la mayoría de los ecosistemas neotropicales la alcalinidad se debe a los bicarbonatos.

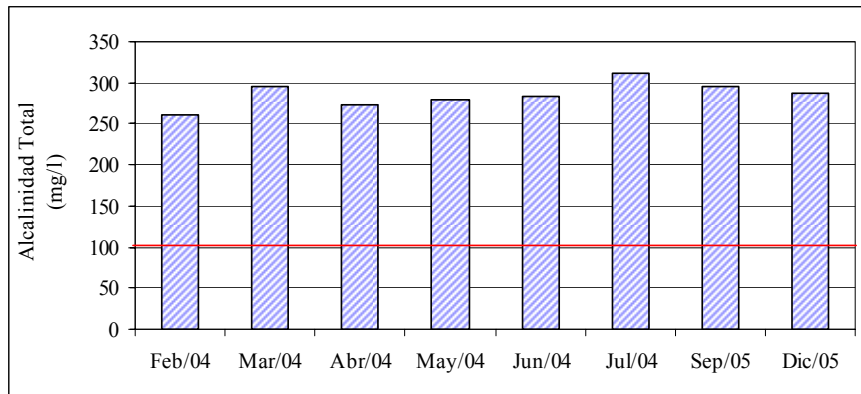


Figura 26 Variación de pH en el Humedal El Cocal

Los valores de alcalinidad y pH encontrados sugieren que el humedal El Cocal presenta una productividad primaria alta, y que el comportamiento relativamente estable que presentó el pH se debe a que este ecosistema posee una alta alcalinidad y por lo tanto resiste mejor los cambios de pH durante los procesos de fotosíntesis y respiración de plantas acuáticas.

- **Turbiedad y Color**

La turbiedad se refiere a la interferencia de un haz de luz en el agua y por lo tanto brinda una cualificación de la productividad de un cuerpo de agua. En términos generales la turbiedad en el espejo lagunar de El Cocal presenta registros entre 10 y 33 UNT y un promedio de 22.6 UNT.

El rango de color en este humedal se encuentra entre 45 y 95 unidades con un promedio de 70.91 unidades, niveles inferiores a los establecidos como límites en aguas superficiales no contaminadas (<5 – 300 UPC). En la Figura 27 se presenta la variación de Turbiedad y Color en el espejo lagunar del humedal El Cocal.

⁷³ Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529 p.

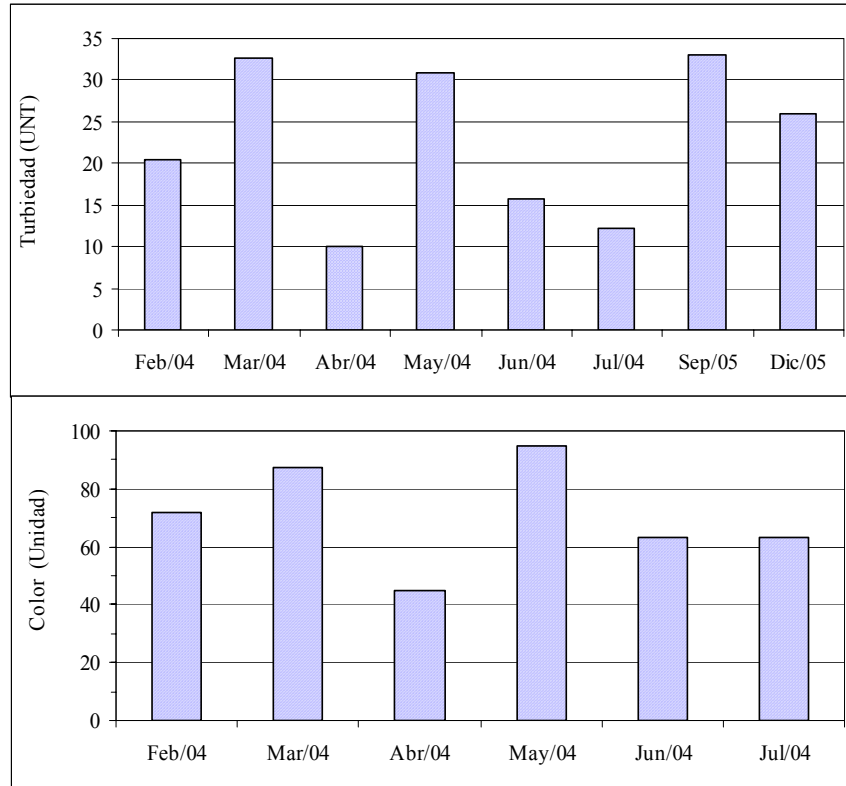


Figura 27 Variación del Color en el Humedal El Cocal

- **Oxígeno Disuelto**

La cantidad de oxígeno disuelto en aguas naturales no contaminadas varía con la presión atmosférica del lugar y la temperatura del agua, por lo que es importante determinar la capacidad del agua para retener el oxígeno que se conoce como porcentaje de saturación. De acuerdo con las condiciones del humedal el promedio de oxígeno disuelto es de 1.13 mg/l, equivalente a un porcentaje de saturación del 10%. De acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente (2002)⁷⁴, porcentajes de saturación mayores al 100% y menores del 50% reflejan tendencia a eutroficación.

Las concentraciones de Oxígeno disuelto en el humedal El Cocal presentan concentraciones por debajo de los 2.0 mg/l, valores que según Margalef (1992) no pueden existir ciertos tipos de peces. Estos niveles de oxígeno disuelto no son aptos para conservación de flora y fauna de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 que mínima exige 4.0 mg/l (Figura 28).

⁷⁴ Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia: Estrategia para su Conservación y Uso Sostenible. Republica de Colombia. Santafe de Bogota. Colombia. 67 p.

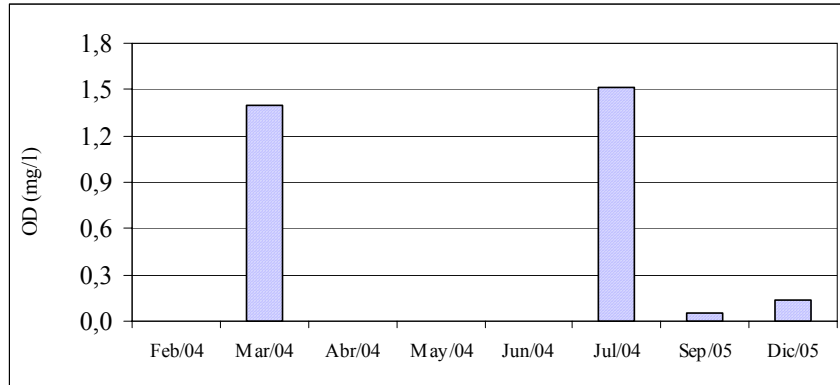


Figura 28 Variación del Oxígeno Disuelto en el Humedal El Cocal

- **DBO₅ y DQO**

Se encontraron valores de DBO₅ y DQO en septiembre del 2005 de 3.87 y 30.91 mg/l respectivamente, cuya relación DBO₅/DQO (0.12) indica que este ecosistema no es un receptor de aguas residuales domésticas, pero excede los valores medios de DQO para aguas superficiales no contaminadas (20 mg/l). En el mes de diciembre del mismo año, los valores de DBO₅ aumentaron a 7.06 como consecuencia en la concentración de materia orgánica en el espejo lagunar debido a la condición del período de lluvias, puesto que los niveles en el humedal aumentaron y se observó boñiga de vaca en el espejo lagunar.

- **Sólidos Disueltos y Conductividad Específica**

En la Figura 29 se presenta la variación de los sólidos disueltos y la conductividad específica en el espejo lagunar del humedal El Cocal. Los registros de sólidos disueltos se encuentran en el rango de 324 a 571 mg/l con un promedio de 467.5 mg/l, valores que se encuentran por encima de los reportados para lagos y ríos neotropicales según Roldán (1992)⁷⁵.

La conductividad mide la cantidad total de iones, por lo que tiene una estrecha relación con los sólidos disueltos, la salinidad y la resistencia. Acorde con los resultados de sólidos disueltos, los registros de conductividad específica oscilan entre 530 y 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y un promedio de 567 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Datos que sugieren que este es un ecosistema rico en nutrientes con una productividad primaria alta y por lo tanto sea un ecosistema eutroficado.

La conductividad en lagos de zonas templadas varía de acuerdo al tipo de lago en términos de nutrientes y a los fenómenos de estratificación y circulación del agua, mientras que en la zona tropical se debe a la naturaleza del terreno, la condición climática y el estado trófico. De acuerdo con Roldán (1992)⁷⁵ se espera conductividades mayores a los 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ecosistemas tropicales debido a la mayor escorrentía a que están sometidos. A este ecosistema

⁷⁵ Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529 p.

le llega por escorrentía el riego de 7.96 Ha de caña de azúcar de la Suerte N°2 correspondiente a la isla que se encuentra en el centro del humedal, cuyo riego se realiza por bombeo con agua del mismo humedal.

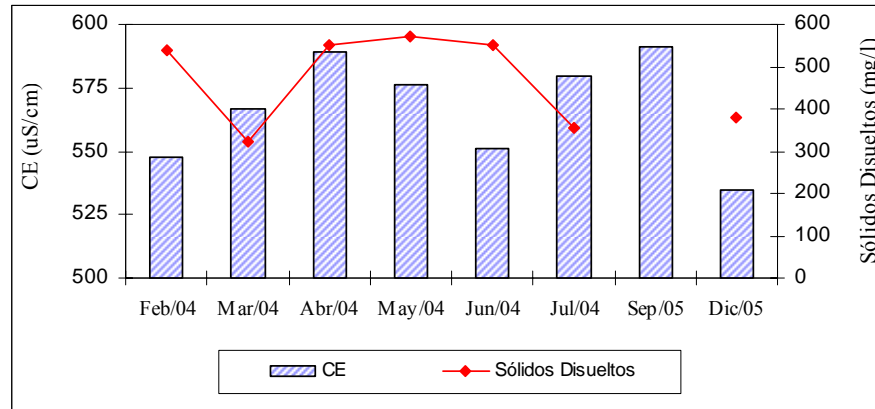


Figura 29 Variación de la Conductividad y los Sólidos Disueltos en el Humedal El Cocal

Estos grandes valores en la conductividad del humedal se puede deber a la conexión existente con el agua subterránea, ya que estas contienen grandes concentraciones de iones, además de la evidencia de que el nivel espejo lagunar en este humedal no disminuye sustancialmente en épocas de estiaje debido al aporte de aguas freáticas. Dicho volumen y dirección técnicamente se pueden determinar pero no están dentro del alcance de este trabajo.

- **Dureza Total**

La dureza total es la concentración total de calcio y magnesio expresada como carbonato de calcio. Los registros de este parámetro en el humedal varían entre 139 y 273 mg/l de CaCO_3 con un promedio de 200 mg/l de CaCO_3 , lo que implica que este ecosistema presenta aguas duras y que según Ohle (1934) citado por Roldán (1992)⁷⁶ son aguas relativamente productivas con pocas especies que se han adaptado a ellas (Figura 30).

La dureza encontrada se debe principalmente a dureza temporal o presencia de carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua, que guarda estrecha relación con la alcalinidad encontrada en los registros y que se debe a la presencia de bicarbonatos, por lo que la dureza se debe a la presencia de bicarbonatos encontrados.

⁷⁶ Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529 p.

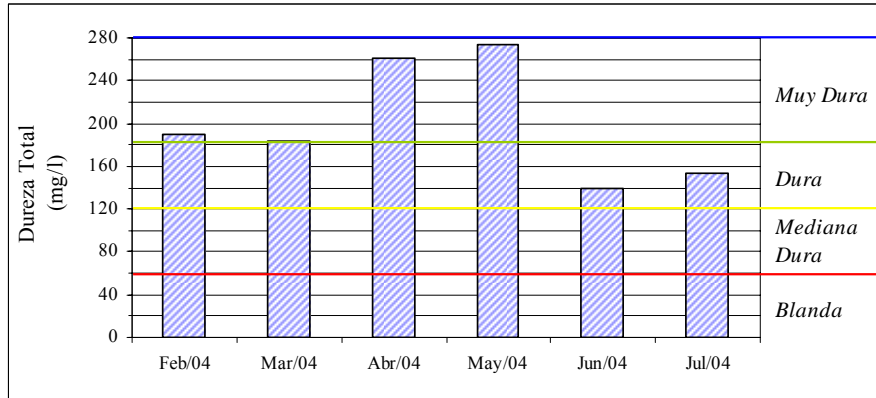


Figura 30 Variación de la Dureza Total en el Humedal El Cocal

• **Coliformes Totales y Fecales**

La concentración de coliformes totales y fecales encontradas en el espejo lagunar del humedal, indican contaminación de origen fecal que restringen el uso del agua para fines domésticos por contacto primario (natación y buceo) y secundario (deportes náuticos y pesca), y para fines recreativos, como se observa en la Figura 31 donde se presenta los registros de coliformes en unidades logarítmicas y se muestran los límites permisibles establecidos para contacto primario (línea de color rojo) y contacto secundario (línea de color azul) del Decreto 1594/84 del Ministerio de Agricultura. Sin embargo, no presenta restricciones para uso agrícola y piscícola. Debido a que en esta Madre Vieja no existen aportes de aguas residuales, se asume que dicha contaminación fecal se debe a excrementos de ganado vacuno que pastorea dentro y alrededor del humedal.

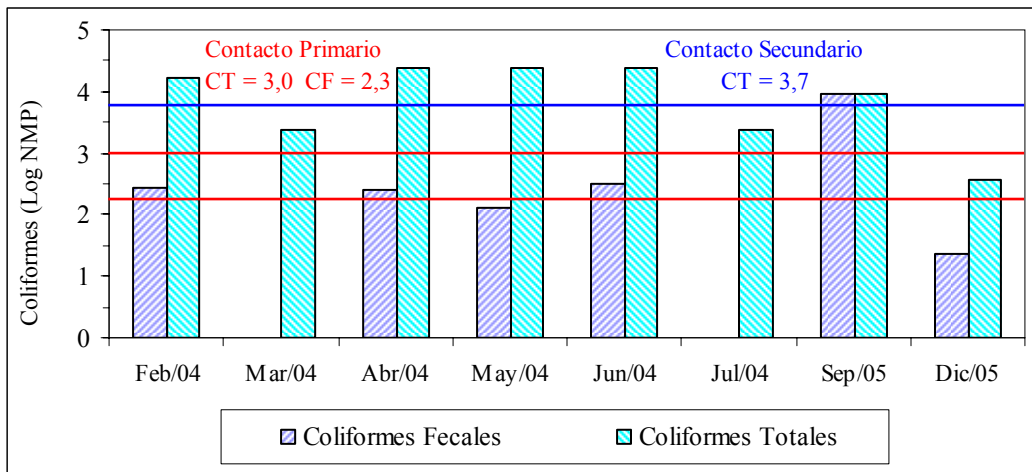


Figura 31 Variación de los Coliformes Totales y Fecales en el Humedal El Cocal

Rodríguez (2002)⁷⁷ reportan que el estiércol bovino es el mayor desecho producido en los agroecosistemas y la cantidad promedio de deyecciones producidas por animal depende de la edad, en donde la producción media diaria de deyecciones sólidas y líquidas equivalen al 7% del peso vivo del animal; mientras que Méndez et al (2000)⁷⁸ reporta que un bovino emite el 8.2% de su peso en excretas y que el 70% de la excreta corresponde a estiércol, por lo que para determinar el contenido de estiércol se multiplica el peso del animal por 5.74%.

Larcen (¿)⁷⁹, reporta que la deposición de estiércol en o cerca de fuentes superficiales representa una fuente de contaminación de coliformes fecales, y que dependerá del tiempo que este el ganado en estos ecosistemas, por lo que se efectúa cerca de 12 defecaciones por día con 5 lb de estiércol por defecación, aportando cerca de 3.84×10^{10} Coliformes Fecales/día causando así un impacto en los ecosistemas hídricos mientras están pastando. Por lo que se infiere que la concentración de coliformes fecales dependerá la disponibilidad de pasto cerca de las corrientes hídricas.

Olivera et al.(¿)⁸⁰, muestran que el ganado bovino en áreas de sistemas intensivos de producción agropecuario ocasiona una alta acumulación de heces en las fuentes de agua reportando concentraciones de coliformes totales y fecales de 242180 y 18227 UFC/100ml respectivamente, y que aún después de varios meses de retirarse el ganado de tierras de pastoreo los niveles de coliformes fecales se mantuvieron en altas concentraciones (FAO, ¿)⁸¹.

- **Hierro**

El hierro en la naturaleza se encuentra en las formas bivalente (Fe^{+2}) y trivalente (Fe^{+3}), su estado dependerá de las características del agua. El Fe^{+2} es soluble en condiciones anaeróbicas y en presencia de oxígeno se oxida a Fe^{+3} formando complejos con iones inorgánicos. Por lo que en lagos y embalses es común encontrar la forma trivalente en la capa superficial y la forma bivalente en las capas más profundas.

De acuerdo con Roldan (1992)⁸², el hierro está más disponible para el fitoplancton en la forma trivalente como $Fe(OH)_3$ el cual se precipita como una película de color ocre en la superficie

⁷⁷ Rodríguez, C. (2002). Residuos Ganaderos. Cursos de Producción Animal I y de Introducción a la Producción Animal. FAV, UNRC.

⁷⁸ Méndez, M.D.; Tzintzun, R. y Val Arreola, D. (2000). Evaluación Productiva del Efecto Ambiental y de Problemas Relevantes en Explotaciones Lecheras de Pequeña Escala. *Livestock Research for Rural Development* 12(1).

⁷⁹ Larsen, R.E. (¿). Manure Loading into Stream from Direct Fecal Deposits. Fact Sheet No. 25. University of California Cooperative Extensión. California. EEUU. <http://danr.ucop.edu/eccelr/h25.htm> revisado el día 24 de Septiembre de 2005.

⁸⁰ Olivera, L; Castaño, J.P y Cozzocino, D. (¿). Monitoreo de Aguadas en Sistemas Ganaderos Intensivos mediante la Espectrofotometría de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano – NIRS. Documento WEB mon_cana.pdf. Febrero 3 de 2006.

⁸¹ FAO. (¿) Influencia del Pastoreo y la Vegetación en los Rendimientos del Agua y en la Erosión. Depósito de Documentos de la FAO. www.fao.org/document_repository.htm.

⁸² Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529 p.

celular, donde algunas algas del género *Lyngbia* puede precipitar gran cantidad de hierro y en cual se evidencio en el muestreo hidrobiológico realizado en el año 2005.

En la estación de bombeo se observa indicios de la existencia de hierro en las estructuras y en los canales por donde anteriormente se bombeaba el agua a las suertes contiguas al humedal, sin embargo en el primer muestreo no se encontró en el análisis fisicoquímico rastros de este metal (<0.2 mg/l), pero en el segundo muestreo realizado en diciembre del año 2005 se encontró una concentración de 2.18 mg/l en el Espejo Lagunar y 0.34 mg/l en el punto de muestreo denominado Carretera Panorama, concentraciones consideradas muy altas en el espejo lagunar si se tiene en cuenta que el contenido de hierro en aguas neotropicales es relativamente bajo en donde no sobrepasa 0.8 mg/l (Roldan, 1992)⁸³.

De acuerdo con Ayers y Westcot (1994)⁸⁴ concentraciones de hierro por encima de 5.0 mg/l no es tóxico para las plantas en suelos bien aireados, pero puede contribuir en la acidificación del suelo, causando disminución del fósforo y el molibdeno aprovechables, pero el uso de esta agua en riego puede causar depósitos en las hojas y equipos; y de acuerdo con Martínez (1989)⁸⁵ se debe restringir el uso de agua para riego por goteo con concentraciones de mayores a 1.5 mg/l.

Las características fisicoquímicas que presenta el humedal que evidencia el aporte de agua subterránea, en términos de dureza debidas a bicarbonatos y con rangos de pH entre 6 y 7 unidades y con concentraciones de hierro por encima de 1.5 mg/l, de acuerdo con Martínez (1989)⁸⁵ tienen un grado de restricción moderado para su uso en riego porque representan un problema potencial en oclusión de los sistemas de riego por goteo, hecho que se ha evidenciado en el uso del agua subterránea alrededor de la zona de estudio y se han visto afectado los sistemas de riego con taponamientos.

4.2.5.3.2 Análisis Espacial

En la Tabla 24 se presenta los resultados de los muestreos fisicoquímicos y microbiológicos realizados durante los meses de Septiembre y Diciembre del año 2005 en 3 puntos de muestreo.

Estas caracterizaciones muestran que los tres puntos muestreados presentan una calidad de agua similar, donde el pH es neutro, conductividades por encima de 500 μ S/cm, niveles de oxígeno por debajo de 4.0 mg/l, alcalinidades altas debida a los bicarbonatos, con evidencia de contaminación microbiológica y aguas con fósforo total como su nutriente limitante debido a la relación nitrógeno/fósforo presente. Características que hacen evidente la influencia del

⁸³ Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 529 p.

⁸⁴ Ayers, R.S y Wescot, D.W. (1994) La calidad del agua en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma.

⁸⁵ Martínez, J.C. (1989). Diagnóstico Preliminar de la Calidad de Aguas para Riego en el Valle del Cauca y su Impacto en la Agricultura. Tesis de Grado para optar al Título de Ingeniero Agrícola. Universidad del Valle – Universidad Nacional de Colombia. Plan Integrado de Ingeniería Agrícola. Palmira. Colombia. 119 p.

agua subterránea, donde el punto de muestreo denominado Carretera Panorama es un punto visible de afloración del agua subterránea en la hacienda Hatoviejo, razón por la que es el punto donde se presenta la más alta conductividad y concentración de alcalinidad total y bicarbonatos, y menor concentración de oxígeno disuelto.

Tabla 24 Análisis Físicoquímico de Aguas en la Madre Vieja El Cocal

PARAMETRO	UNIDAD	Septiembre/05 (verano)			Diciembre/05 (invierno)		
		Carretera Panorama	Espejo Lagunar	Estación de Bombeo 2	Carretera Panorama	Espejo Lagunar	Estación de Bombeo 2
pH	Unidades	6,90	7,02	8,15	7,27	7,38	7,89
Temperatura	°C	25,50	23,90	24,40	25,30	23,50	24,40
Conductividad	µS/cm	689,10	591,30	533,80	643,40	534,40	633,10
Turbiedad	NTU	6,00	33,00	39,00	7,00	26,00	14,00
DBO	mg/l	1,56	3,87	4,23	<1,0	7,06	7,05
DQO	mg/l	<3,28	30,91	12,43	<3,28	32,97	15,55
Oxígeno Disuelto	mg/l	<0,5	<0,5	3,07	0,88	1,56	3,83
Alcalinidad a la Fenolftaleína	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcalinidad Total	mg/l	353,60	295,80	263,46	353,48	286,45	349,50
Carbonatos	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos	mg/l	431,40	360,80	321,43	431,25	349,47	426,39
Cloruros	mg/l	2,31	7,21	5,46	1,87	8,20	5,50
Sulfatos	mg/l	9,05	4,70	12,00	4,72	5,17	4,24
Fosfatos	mg/l	0,158	<0,06	0,126	0,066	<0,06	0,080
Fósforo Total	mg/l	0,118	0,143	0,194	0,120	0,165	0,299
Nitrógeno Total	mg/l	2,29	2,80	2,79	1,51	2,21	2,63
Nitratos	mg/l	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Hierro	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	0,34	2,18	<0,2
Coliformes Totales	NMP	1,10E+04	9,30E+02	6,60E+02	2,40E+02	3,60E+02	6,60E+02
Coliformes Fecales	NMP	6,60E+03	9,30E+02	6,60E+02	2,30E+01	2,30E+01	9,30E+01

En el Humedal El Cocal se observa la influencia de los períodos estacionales en la calidad del agua y que la Estación de Bombeo es el punto con más alto contenido de oxígeno disuelto y con menor contenido de hierro.

Se realizó una toma de registros in situ con una sonda paramétrica en tres puntos de muestreo adicionales (Tabla 25). Donde se observa la influencia del período estacional sobre los parámetros evaluados, y el punto de muestreo denominado río Cauca presenta concentraciones de oxígeno disuelto, turbiedad y conductividad más altas con respecto al resto de los puntos de muestreos ubicados dentro de la hacienda.

Tabla 25 Análisis In Situ de Aguas en la Madre Vieja El Cocal

Fecha	Estación de Monitoreo	pH (Unidad)	Temperatura (°C)	Turbiedad (FTU)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Conductancia Específica (uS/cm)
Septiembre/05 (verano)	Espejo Lagunar	7,24	23,9	0,33	0,06	544
	Estación de Bombeo 2	7,95	24,4	39,00	3,07	535
	Carretera Panorama	7,29	25,5	6,00	0,13	620
	Estación de Bombeo 1	7,11	23,5	8,00	0,27	573
	Zona Cubierta con Vegetación	7,31	23,9	14,0	0,07	552
	Río Cauca	7,70	24,5	35,00	2,50	155
Diciembre/05 (invierno)	Espejo Lagunar	6,12	23,5	26,00	0,14	530
	Estación de Bombeo 2	6,64	24,4	14,00	0,13	639
	Carretera Panorama	6,66	25,3	7,00	0,80	642
	Estación de Bombeo 1	6,33	23,2	16,00	1,63	531
	Zona Cubierta con Vegetación	6,14	23,7	36,0	1,57	518
	Río Cauca	6,54	22,4	94,00	1,35	113

En invierno o período de lluvia que corresponde al período donde la madre vieja se convierte en un vaso regulador del río Cauca, evidencia este comportamiento hidrológico en los análisis in situ debido al aumento de turbiedad y oxígeno disuelto en el resto de los puntos de muestreo, puesto que alimenta al humedal de forma subsuperficial. Y debido a la diferencia de los parámetros in situ del humedal con respecto a Río Cauca se infiere que en verano es la madre vieja la que alimenta al río Cauca convirtiéndose el humedal El Cocal es un punto de descarga al río Cauca y recarga del agua subterránea, confirmando así la clasificación de tipo palustre realizada por Salcedo et al (1991)⁸⁶.

4.2.6 Metales Pesados

Los metales pesados son elementos altamente contaminantes debido a que no son biodegradables y que pueden ser bioacumulables en formas orgánicas e inorgánicas y permanecer en la flora acuática y fauna por largos períodos de tiempo. La toxicidad de estos compuestos radica en el grado de solubilidad, puesto que es la forma soluble la que ejerce principalmente efectos adversos en las especies vivientes. Mediante el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura, en Colombia se reglamentan los criterios máximos admisibles de metales pesados para diferentes usos del agua (Tabla 26).

⁸⁶ Salcedo, E., Gómez, E y Fernández, J. (1991). Plan de Manejo Integral de Humedales y Ecosistemas Naturales Asociados Ubicados en el Valle Geográfico del Río Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Cali. Colombia. 82 p.

Tabla 26 Criterios de Calidad Admisibles para Metales Pesados en Diferentes Usos del Agua (Ministerio de Agricultura, 1984⁸⁷).

Referencia	Expresado como	Valor (mg/l)		
		Consumo Humano y Doméstico	Uso Agrícola	Uso Pecuario
Cadmio	Cd	0.005	0.01	0.05
Zinc	Zn	15.0	2.0	25.0
Cobre	Cu	1.0	0.2	0.5
Cromo	Cr ⁺⁶	0.05	0.1	1.0
Mercurio	Hg	0.001	---	0.01
Plomo	Pb	0.05	5.0	0.1
Níquel	Ni	---	0.2	---
Boro	Bo	---	0.3 – 4.0	---

Martínez (1989)⁸⁸ y García et al., (1992)⁸⁹ reportan que el río Cauca sobrepasa los límites de calidad admisibles de cadmio, cromo, níquel, hierro y manganeso para uso humano y doméstico, agrícola y pecuario en algunos puntos sobre el recorrido sur-norte en el departamento del Valle del Cauca, y que tanto los suelos como las aguas subterráneas no presentan problemas de metales pesados.

En las investigaciones realizadas por Martínez (1989)⁸⁸ no se detectó plomo ni mercurio, y las concentraciones encontradas de boro no sobrepasaban los niveles críticos permisibles para uso pecuario y agrícola en las estaciones monitoreadas sobre el río Cauca ni en los monitoreos de aguas subterráneas. El cadmio en aguas subterráneas tampoco fue detectable. Mientras que en términos generales los suelos del Valle del Cauca no tienen problemas de contaminación por metales pesados haciéndolos aptos para la agricultura.

García et al., (1992)⁸⁹ reporta que los suelos del Valle del Cauca adsorben cadmio a valores de pH neutro a alcalino, mientras que el cromo y mercurio a pH ácidos, pero los suelos evaluados presentan una retención de los metales en rangos de pH entre 6.4 y 6.6 evitando así su disponibilidad para las plantas.

Méndez (2003)⁹⁰ realizó una investigación acerca de la presencia de metales pesados en anuros en algunos humedales del Valle del Cauca (Cocal, Canal Las Mellizas, Portachuelo, Agua Salada y Videles), mostrando que en la piel es la matriz de mayor bioacumulación de cadmio, plomo y cromo. En *Rana catesbeiana* se encontró valores de cadmio entre 0.148 y

⁸⁷ Ministerio de Agricultura (1984). Decreto 1594 de 1984. Santafé de Bogotá. República de Colombia. 62 p.

⁸⁸ Martínez, J.C. (1989). Diagnóstico Preliminar de la Calidad de Aguas para Riego en el Valle del Cauca y su Impacto en la Agricultura. Tesis de Grado para optar al Título de Ingeniero Agrícola. Universidad del Valle – Universidad Nacional de Colombia. Plan Integrado de Ingeniería Agrícola. Palmira. Colombia. 119 p.

⁸⁹ García, A., Bonilla, C.R. y Martínez, J.C. (1992). Contaminación de Aguas para Riego en la Cuenca del Río Cauca. En: Seminario de Manejo Integral de Suelos para una Agricultura Sostenida. Sociedad Colombia de la Ciencia del Suelo. Comité Regional del Valle. Agosto 26 – 28 de 1992. Palmira. Colombia. Pag 67-81.

⁹⁰ Méndez, M.F. (2003). Diagnóstico de la Acumulación de Metales Pesados en dos Especies de Anuro (*Rana catesbeiana*) y (*Bufo marinus*) en Músculo y Piel en los Humedales del Valle del Cauca. Tesis para optar al Título de Bióloga. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Cali. Colombia. 50 p.

0.178 mg/kg y valores entre 0.249 y 0.330 mg/kg de plomo en piel y *Bufo marinus* presentó las mayores concentraciones de plomo (0.456 y 2.69 mg/kg). En este estudio no se detectó metales en músculos.

En este estudio reporta que la menor acumulación de metales en sedimentos de los humedales evaluados en términos de cadmio y plomo se presenta en el humedal El Cocal con concentraciones de 0.397 y 0.151 mg/kg respectivamente, valores que son considerados bajos reflejando poca contaminación en sedimentos (Salomons y Forstner, 1998 y USEPA, 1997 citados por Méndez, 2003⁹¹). Este estudio no encontró una relación directa entre las concentraciones de los metales en sedimentos y la bioacumulación en las matrices de piel y músculo de estos anuros.

En la Tabla 27 se presenta los resultados de las investigaciones de metales pesados en sedimentos de Méndez (2003)⁹¹ en 5 humedales en el Valle del Cauca y de Gischler (2005)⁹² en dos puntos de muestreo sobre la Laguna de Sonso.

Tabla 27 Análisis de Metales Pesados en Sedimentos en 6 Humedales (Modificado de Mendez, 2003; Gischler, 2005)

Humedal	Cadmio (mg/kg)	Plomo (mg/kg)
Videles	0.730	0.280
Cocal	0.397	0.151
Agua Salada	1.151	0.176
Canal Mellizas	0.532	0.119
Hacienda Portachuelo	0.909	0.194
Laguna de Sonso (parte sur)	---	6.950
Laguna de Sonso (parte media)	---	10.670

Estos resultados muestran que no se presenta igual dinámica de movilidad, solubilidad y disponibilidad de los metales en el ecosistema y que esto puede atribuirse a la calidad del agua en cada uno de los ecosistemas. En esta tabla se observa que los niveles de plomo en la Laguna de Sonso son significativamente más altos que en el resto de humedales, pero de acuerdo con Gischler (2005)⁹², los valores encontrados en la laguna están dentro de los rangos encontrados en los sedimentos de otros ríos en el mundo.

Los valores de metales pesados encontrados en estos ecosistemas reflejan una poca contaminación al compararse con los valores guía para la clasificación de sedimentos adaptados de la USEPA en 1977, donde reportan una moderada contaminación a

⁹¹ Méndez, MF. (2003). Diagnóstico de la Acumulación de Metales Pesados en dos Especies de Anuro (Rana catesbeiana) y (Bufo marinus) en Músculo y Piel en los Humedales del Valle del Cauca. Tesis para optar al Título de Bióloga. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Cali. Colombia. 50 p.

⁹² Gischler, C. (2005). Pathways of Heavy Metals and Implications for Stakeholders, Sonso Lagoon, Colombia. Trita-LWR Master Thesis 05-13. KTH Architecture and the Built Environment. Suecia. 76 p.

concentraciones de cadmio y plomo mayores a 6 y 60 mg/kg respectivamente (Méndez, 2003)⁹³.

Parámetros como pH y oxígeno disuelto juegan un papel determinante en la disponibilidad de los metales en los ecosistemas. Por lo que los valores de pH alcalinos registrados en el humedal El Cocal indican que existe poca disponibilidad de metales en la columna de agua y por lo tanto estos se pueden sedimentar o acumular en el tejido. De igual forma niveles bajos de oxígeno disuelto influyen en la retención del metal en los organismos puesto que no sufren el proceso de oxidación en la columna de agua y por lo tanto pasan como moléculas libres que pueden transpasar los tejidos (Méndez, 2003)⁹³.

Gischler (2005)⁹⁴ realizó una investigación de las vías de migración de metales pesados (mercurio, plomo y cromo) hacia la Laguna de Sonso y su interacción con el río Cauca donde incluyó análisis de sedimentos especies y humanos, encontró que el mercurio y el plomo en la columna de agua no sobre pasaban los estándares establecidos para los diferentes usos en el Decreto 1594/84 del Ministerio de Agricultura, e identificaron dos principales focos de contaminación por cromo: 1) el complejo industrial Yumbo-Cali-Palmira y 2) las curtiembres del municipio de Cerrito. El complejo industrial arroja al río Cauca 0.04 mg/l y las curtiembres a través del río Cerrito aportan más de 5000 mg/kg de cromo en sedimento superando la norma de contaminación severa de la EPA establecido en 75 mg/kg.

Se han registrado plomo en peces y caracoles y en sangre humana de los pescadores de Puerto Bertín y El Porvenir cuya dieta se basa en el pescado proveniente de la Laguna de Sonso y sus alrededores. Aunque se presentaron registros altos del orden de 159 µg/l en sangre no presentan niveles para ocasionar daños gastrointestinales o neurológicos (Gischler, 2005)⁹⁴.

Las vías de migración de los metales pesados (mercurio, plomo y cromo) identificadas por Gischler (2005)⁹⁴ se debe a la contaminación de actividades de hierro, manufacturas de aluminio, plantas de papel y pinturas localizadas en la zona de Yumbo, actividades mineras (hierro, bauxita y aluminio) en la zona de Jamundí, las curtiembres del municipio de Cerrito entre otros, que migran a través del río Cauca y entran a los sistemas lénticos y generan de acuerdo a las características propias de los humedales una sedimentación en el lodo o una absorción en los tejidos animales.

4.2.7 Índices de Calidad del Agua

Una forma sencilla de evaluar la calidad del agua de un ecosistema es por medio de la aplicación de índices de calidad y de contaminación, además de realizar comparaciones con la normatividad vigente. Dichos índices cuantifican la calidad de una fuente de agua mediante la

⁹³ Méndez, MF. (2003). Diagnóstico de la Acumulación de Metales Pesados en dos Especies de Anuro (*Rana catesbeiana*) y (*Bufo marinus*) en Músculo y Piel en los Humedales del Valle del Cauca. Tesis para optar al Título de Bióloga. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Cali. Colombia. 50 p.

⁹⁴ Gischler, C. (2005). Pathways of Heavy Metals and Implications for Stakeholders, Sonso Lagoon, Colombia. Trita-LWR Master Thesis 05-13. KTH Architecture and the Built Environment. Suecia. 76 p.

valoración de una serie de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, integrándolos matemáticamente en un solo número que expresa que tan adecuado es un cuerpo de agua para un uso específico.

4.2.7.1 Índice de Calidad -ICA

La evaluación de los índices de calidad para el espejo lagunar de El Cocal en septiembre de 2005, mediante los ICA's NSF Multiplicativo y de Olga-Rojas mostraron que la calidad del agua era aceptable, mientras la evaluación de los mismos índices para el mes de diciembre de 2005 arrojó que el agua es de buena calidad (Figura 32). La evaluación mediante el ICA de Dinius para Uso Agrícola y Pecuario, mostró que el agua del humedal está levemente contaminada en ambas condiciones estacionales y por lo tanto es utilizable en la mayoría de los cultivos (Figura 33).

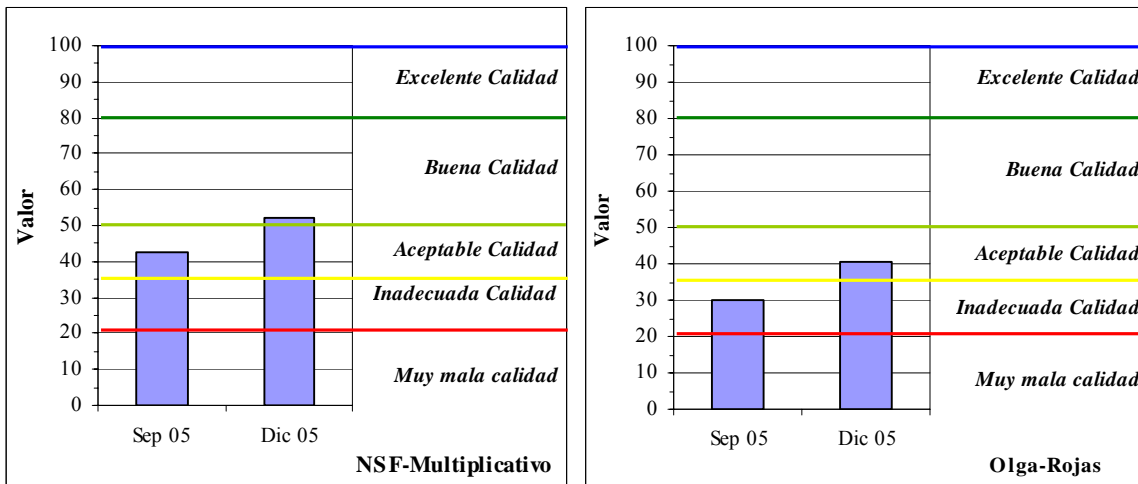


Figura 32 Resultados de los Índices de Calidad ICA's NSF Multiplicativo y Olga-Rojas en el Humedal El Cocal

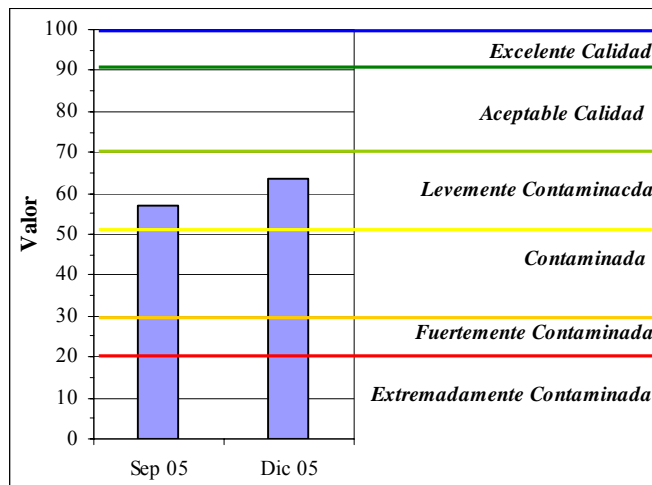


Figura 33 Resultados del Índice de Calidad ICA de Dinius en el Humedal El Cocal

4.2.7.2 Índice de Contaminación - ICO

El índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI) para ambas condiciones estacionales o muestreos dio 1 mostrando que existe una muy alta contaminación por minerales, debido a los parámetros en que este índice se basa, conductividad, dureza y alcalinidad total, parámetros que en este humedal se ve afectado por su carácter típico palustre característico por ser una afloración de aguas subterráneas.

El Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), mostró en ambas condiciones estacionales que existe una mediana contaminación, aunque estos resultados se deben a los parámetros que se utilizan como indicadores (DBO₅, los coliformes fecales y el porcentaje de saturación de oxígeno). Estos resultados se ven afectados por los bajos niveles de oxígeno donde son generalmente menores a 1.0 mg/l y la DBO es menor a 10 mg/l, denota una vez más la influencia del agua subterránea y refleja un ecosistema. Mientras que el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) mostró que el humedal no presenta niveles de sólidos suspendidos que muestren indicios de contaminación (Figura 34).

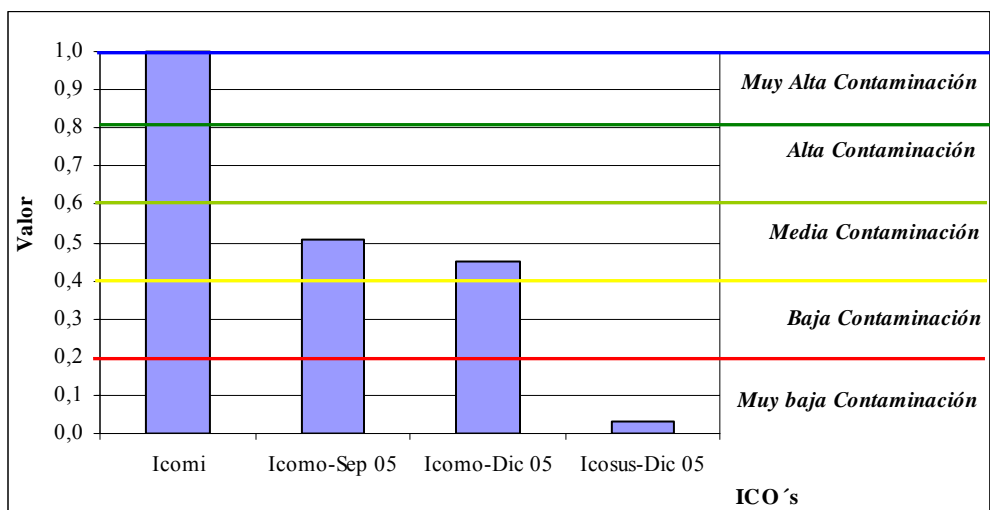


Figura 34 Resultados de los Índices de Contaminación ICO's (ICOMI, ICOMO e ICOSUS) en el Humedal El Cocal

4.2.8 Estado Trófico

La transparencia se cuantifica por medio del disco Secchi, y es uno de los parámetros que se utiliza para cuantificar la cantidad de nutrientes en un cuerpo de agua y esta relacionada con la materia orgánica y los sólidos disueltos, además de permitir conocer la profundidad de la zona fótica o con disponibilidad de luz en el humedal.

Los registros de profundidad del disco Secchi durante el 2005 indican que este ecosistema es hipereutrófico y el promedio de profundidad de la zona fótica es de 0.74 m de acuerdo con la profundidad del disco Secchi (0.36 m) y la constantes de Pool y Atkins (2.7), lo que indica que este humedal contiene partículas en suspensión que resultan del arrastre generado por las precipitaciones y probablemente por el afluente superficial procedente del canal recolector de las aguas sobrantes de riego conectado por una compuerta en el extremo norte del humedal.

La eutroficación se define como el enriquecimiento de los cuerpos de agua en nutrientes y se ha propuesto un sistema de clasificación basado en dicha riqueza (oligotrófico, mesotrófico y eutrófico), donde la secuencia oligotrófico a eutrófico va de condiciones de mínimos nutrientes a gran abundancia de nutrientes.

De acuerdo con diversos autores, de todos los elementos necesarios para el crecimiento de algas, el nitrógeno y el fósforo, son los nutrientes en que su disponibilidad es menor que su demanda, convirtiéndose en elementos limitantes para el crecimiento. Estos elementos son aportados por vertimientos de aguas residuales y por escorrentía en suelos agrícolas y pecuarios principalmente, causando un incremento en la concentración de clorofila-a, disminuyen la penetración de luz solar y producen bajas en las concentraciones de oxígeno disuelto.

El nutriente que controla la máxima cantidad de biomasa vegetal es aquel que primero se consume o que alcanza un mínimo antes que los otros nutrientes de acuerdo al concepto de nutriente limitante. Diversos autores ha propuesto cual debería ser las relaciones entre el nitrógeno total a fósforo total, pero Vollenweider (1983)⁹⁵ propuso la relación 9:1, lo que implica que ecosistemas con relaciones mayores a 9 están limitados por fósforo y relaciones menores a 9 estarán limitados por nitrógeno.

Los registros existentes muestran que la relación promedio de N:P es de 18.1 el cual varía en un rango entre 14.7 y 21.4, y de acuerdo con la clasificación de Vollenweider (1983)⁸³ estos resultados indican que el humedal El Cocal esta limitado por fósforo. Aunque cualquiera de estos nutrientes puede ser limitante, en lagos tropicales el fósforo se convierte en el nutriente limitante debido a que es menos abundante en las entradas del sistema, se absorbe en el sedimento, además de que el nitrógeno permanece en equilibrio con la atmósfera y las algas pueden fijar nitrógeno atmosférico.

De acuerdo a la clasificación del estado trófico propuesta por CEPIS (1982), citado por Salas y Martino (2001)⁹⁶, donde se relacionan los registros de fósforo total, profundidad del disco Secchi y la clorofila-a (Tabla 28), y a los registros encontrados en promedio en el humedal, este es un ecosistema hipereutrófico como se muestra en la Tabla 29, donde se observa que la Laguna de Sonso es también es un ecosistema hipereutroficado.

⁹⁵ Vollenweider, R.A. (1983). Eutrophication. Notes Distributed during the II Meeting of the Regional Project on the Eutrophication of Tropical Lakes.

⁹⁶ Salas, H.J. y Martino, P. (2001). Metodologías Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Calidos Tropicales. Programa Regional CEPIS/OPS. Lima, Perú.

Tabla 28 Clasificación del Estado Trófico (CEPIS, 1982).

Clasificación	Clorofila \underline{A} (mg/l)		Profundidad Secchi (m)		Fósforo Total (mg P/l)
	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo	Promedio
Ultraoligotrófico	≤ 1	≤ 2.5	≥ 12	≥ 6	≤ 0.004
Oligotrófico	≤ 2.5	≤ 8	≥ 6	≥ 3	≤ 0.01
Mesotrófico	2.5 – 8	8 – 25	6 – 3	3 – 1.5	0.010 – 0.035
Eutrófico	8 – 25	25 – 75	3 – 1.5	1.5 – 0.7	0.035 – 0.100
Hipereutrófico	≥ 25	≥ 75	≤ 1.5	≤ 0.7	≥ 0.1

Tabla 29. Clasificación de Eutroficación de los Humedales El Cocal y Laguna de Sonso

Parametros	Humedales				
	El Cocal	Laguna de Sonso ⁹⁷			
		Sur	Centro	Norte	Promedio
Clorofila-a (mg/l)	14	13.97	7.05	5.88	8.96
Profundidad Secchi (m)	0.36	0.56	0.70	0.71	0.66
Fósforo Total (mg P/l)	0.14	0.06	0.05	0.05	0.05
Clasificación	Hipereutrofico	Hipereutrofico	Hipereutrofico	Hipereutrofico	Hipereutrofico

4.3 COMPONENTE BIÓTICO

4.3.1 Flora

4.3.1.1 Descripción

El bosque seco tropical del Valle Geográfico del río Cauca es uno de los ecosistemas más amenazados a desaparecer por la expansión de la frontera agrícola, razón por la cual la CVC lo considera como un ecosistema estratégico.

La madreveja Cocal forma parte integral del ecosistema de humedales interiores del alto río Cauca y es una extensión de la Reserva natural Laguna de Sonso, estando separados solamente por el río Cauca. Dentro del área de captación de la madreveja se encuentran paisajes que van desde la planicie aluvial inundable (basin) hasta la planicie seca y el pie de monte de la cordillera occidental que se encuentra entre los 940 y 1400 m. s n m. Los cultivos de caña dominan las zonas planas, intercalado con pastizales bajo un esquema de manejo silvopastoril.

⁹⁷ Hernández, M.F. (2005). Estudio de la Calidad del Agua y Estado Trófico de la Laguna de Sonso. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 250 p.

Al analizar la cuenca de captación de esta madreveja, se debe tomar en cuenta su régimen hidrológico que durante el período de verano que ocurre en los meses de Diciembre - Febrero y Junio – Agosto se comporta como un sistema de recarga de agua subterránea y descarga al río Cauca; la recarga del humedal se debe al agua captado en el pie de monte de la cordillera occidental. Durante el período de invierno la madreveja se convierte en un ecosistema de recarga del río Cauca y del agua subterránea.

4.3.1.2 Los Ecotonos

Los ecotonos implican una extensión del orden de 2.800 Ha representados en dos ecosistemas; el primero es el bosque seco con dos ecotonos en la cuenca baja (bosque seco inundable y el bosque de galerías) y el bosque sub-andino en su parte alta en la Reserva Forestal Bosque Yotoco donde nace la quebrada Negritos.

Aunque no se evaluó en forma detallada estos tipos de ecosistemas, si se ha establecido su potencial como corredor biológico entre el Bosque de Yotoco y el río Cauca, particularmente considerando que el bosque relicto de galería sobre la quebrada Negritos ha sido cuidado por los propietarios en los últimos 4 km antes de la desembocadura en el río Cauca.

La presencia de las siguientes especies arbóreas con grado de peligro de extinción: ceiba (*Ceiba pentandra*), chamburo (*Erythrina fusca*), higuérón (*Ficus glabrata*), manteco (*Laetia americana*), sauce (*Salix humboldtiana*), palma zancona (*Syagrus sancona*), samán (*Pithecellobium saman*) y caimito morado (*Chrysophyllum caimito*), da una idea de la importancia de conservación (Anexo 5). Pero probablemente de estas 8 especies, la presencia de la Palma Zancona en forma natural a lo largo de la quebrada Negritos es la especie más importante para conservar en su estado natural. Esta especie es clasificada por la IUCN como especie vulnerable dado su alto grado de domesticación como ornamentación.

La inexistencia de otras especies en peligro de extinción, tales como caracolí (*Anacardium excelsum*), burrilico (*Xylopia ligustrifolia*), totofando (*Crataeva tapia*), guayamaral (*Brosimum utile*) y pecueca (*Hymenaea courbaril*), refleja la sobreexplotación y la falta de sostenibilidad de este ecosistema donde el uso de la tierra es predominante del monocultivo de la caña de azúcar y un sistema ganadero tendiendo a ser intensivo sin valorar la potencialidad de los sistemas silvopastoriles, aunque desde hace 2 años los propietarios adaptaron la práctica de usar cercos vivos, que hoy predomina con una longitud por encima de los 8 km.

Consecuencias de esta deforestación y fragmentación son evidenciadas por la extinción local de roedores como la guagua (*Agouti paca*) que depende de este tipo de especies para su alimentación. Relictos chamburos (*Erythrina glauca*) y ceibas (*Ceiba pentandra*), considerados en peligro de extinción, se constituyen en lugares ideales para el anidamiento de especies como el garzón azul (*Ardea cocoi*) y la garza real (*Casmerodius albus*), especies que anidan en colonias mixtas (Foto 7).

La presencia de especies forrajeras introducidas de la Costa Atlántica como matarratón (*Giricidia sepium*), samán (*Pithecellobium saman*) y dormilón (*Enterolobium cyclocarpum*),

son indicadores de una larga tradición ganadera en el bosque seco tropical del altovalle del río Cauca.



Foto 7. Árbol de Apareamiento de Colonias Miztas de Garzón Azul (*Ardea cocoi*) y la Garza Real (*Casmerodius albus*)

La presencia dispersa de la especie forrajera, exótica y además invasora leucaena (*Leucaena leucocephala*) se convierte en una potencial amenaza en los ecosistemas naturales por su masiva producción de semillas diseminada por el ganado al ingerirlo y distribuirlos en su boñiga en una cama germinadora perfecta por ser escarificado su semilla en el sistema gástrico.

El problema de la introducción de esta especie favorable como especie de múltiple uso en forraje, fijadora de nitrógeno y leña, es que desplaza especies nativas como flor amarillo (*Bunchosia nitida*), pecueca (*Hymenaen courbaril*), caña fistula (*Senna grandis*), corozo de puerco (*Attalea butyracea*), cedro hobo (*Spondias mombin*), chiminango (*Pithecellobium dulce*), guasimo (*Guazuma ulmifolia*), higuierón (*Ficus glabrata*), entre otros que son importantes para la fauna de este ecosistema.

Dentro del bosque de galería de la quebrada Negritos en el sotobosque, llama la atención la especie *Heliconia platystachys* (Devia, 1995)⁹⁸ que junto con las 3 especies de *Lauraceas* refleja la importancia como corredor biológico, destacándose por la presencia de guacharacas reportadas por Carlos Lehmann en 1967 en la Laguna de Sonso, pero que hoy en día solo se conoce en el pie de monte y en la Hacienda El Hatico. Estos corredores pueden contribuir a la reintroducción de flora y fauna en la planicie del Valle del Cauca.

4.3.2 Fauna

4.3.2.1 Hábitats

A la hora de identificar las características ecológicas de un sitio como este, es muy importante tener en cuenta el tipo de hábitats presentes y la variedad de especies que puedan estar asociadas a cada uno de ellos. Según lo observado en el área de estudio se establecieron seis tipos de hábitat de acuerdo con composición y estructura general de la vegetación. Los principales tipos de hábitat que se pudieron distinguir fueron:

Md. *Madrevieja*: Zona anegadiza caracterizada por la presencia de macrófitas, gramíneas, ciperáceas, tifáceas y otras plantas acuáticas.

B. *Bosque Ribereño*: Se asoció a las zonas en donde había una densidad mayor de árboles de la misma especie. Sin embargo para efectos metodológicos, se incluyó también un pequeño relicto de bosque de galería primario que colinda con la quebrada “negritos”, y las manchas de vegetación que se concentran a lo largo de la misma.

Ht. *Pastizales*: Está caracterizado por la presencia de gramíneas principalmente y vegetación arbórea distribuida de manera espaciada. Se llamó así por que en este tipo de hábitat se incluyen los potreros, las zonas de transición, los diques y las zonas cercanas a construcciones humanas.

R. *Ribera Cauca*: Hace alusión a toda la parte del área de estudio que limita con una de las orillas del río Cauca, y en donde la presencia de “playas” la hace exclusiva con respecto a las demás.

⁹⁸ Devia, W. (1995). Platanillos (Heliconia: Heliconiaceae) del Departamento del Valle del Cauca. Primera Edición. Cali, Colombia. 129 p.

Ca. Cuerpos de agua: Se incluye aquí todos los canales de regulación de aguas que rodean los cultivos de caña, también hacen parte de este hábitat los pequeños reservorios que se forman en algunas partes de los potreros debido a la acumulación de agua de lluvias.

Cñ. Cultivo de caña: Ocupa un gran porcentaje del área de estudio. Está dividido por bloques grandes pero considerados como un solo hábitat.

4.3.2.2 Aves

Se observaron 94 especies de aves pertenecientes a 35 familias, de las cuales 9 son migratorias: como son reinita tropical (*Hirundo rustica*), ibis pico de hoz (*Plegadis falcinellus*), pato careto (*Anas discors*), andarríos maculado (*Actitis macularia*), andarríos (*Tringa flavipes*), andarríos solitario (*Tringa solitaria*), reinita amarilla (*Dendroica petechia*), Aguila pescadora (*Pandion haliaetus*) y el soldadito (*Sturnella militaris*); 2 son exóticas representadas en los pájaro capuchinos (*Lonchura malaca* y *Lonchura atricapilla*); 1 endémica representado por el carpinterito punteado (*Picumnus granadensis*); 1 casi endémica, tångara rastrojera (*Tangara vitreolina*) y 1 especie considerada como especie vulnerable y en peligro de disminución de acuerdo con Naranjo (2002)⁹⁹ como es el pato colorado (*Anas cyanoptera*).

En el Anexo 6 se muestra el listado de las especies registradas, se incluye el nombre vulgar y el nombre científico que se ajusta a la nomenclatura taxonómica más reciente. También se determinó el hábitat más frecuentado por cada una de las especies destacándose el hecho de que todos los hábitats tienen una representación de uso de al menos 12 especies. Al examinar la riqueza proporcional de especies en los distintos hábitats (Figura 35), se puede observar que los pastizales y el bosque alojaron el mayor número de especies y los cañaduzales y la madreveja el menor número, sin embargo la diferencia entre todos los hábitats no es demasiado significativa.

La riqueza proporcional de especies en los distintos hábitats de la zona obtenidos pueden deberse a que los pastizales son potreros y áreas abiertas con vegetación arbórea debido al sistema de producción silvopastoral que se maneja en la hacienda, y esto permite encontrar más variedad de especies. También vale la pena recalcar la poca diferencia de especies entre hábitats, lo que hace a cada uno elemento importante de la diversidad, incluyendo incluso los cañaduzales cuya presencia aporta refugio a especies particulares de aves como la perdiz, el jilguero y otras especies granívoras.

Durante el tiempo de muestreo se evidenciaron eventos de este tipo en nueve especies. El Periquito de Anteojos (*Forpus conspicillatus*) anidando en una estaca de un cerco de guaduas cerca de un cañaduzal, el Tiranuelo Silbador (*Camptostoma obsoletum*) y la Espatulilla común

⁹⁹ Naranjo, L. G. (2002). *Anas cyanoptera*. En: Libro Rojo de Aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Renjifo, L. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya – Espinel, G. Catan y B. López – Lanás (eds.). Bogotá, Colombia.

(*Todirostrum cinereum*), recolectando material para construir sus nidos en el borde del bosque; y otras especies como el Guaco (*Nycticorax nycticorax*), el Pájaro Capuchino (*Lonchura malaca*), el Pigua (*Milvago chimachima*), El Carpinterito Punteado (*Picumnus granadensis*) y la Garcita rayada (*Butorides striatus*) y la Polla Gris (*Gallinula chloropus*) como especies que se observaron en pequeños grupos familiares de adultos y juveniles.

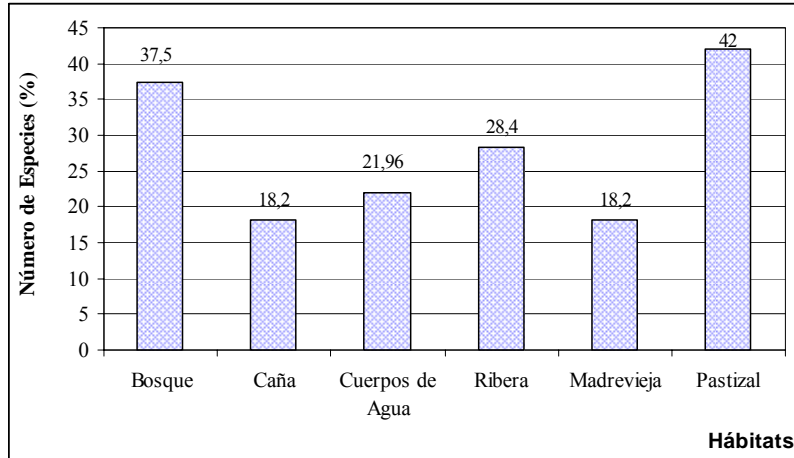


Figura 35 Distribución de Especies por Hábitat

El índice de Biodiversidad señala el total de aves registrado para el área de estudio, comparado con el total reportado por el universo (289 spp.), en este caso el complejo de humedales del centro del Valle del Cauca. Para la madreveja El Cocal el índice es de 31%, un índice parecido al de otras madrevejas en donde se han hecho estudios similares; sin embargo teniendo en cuenta la curva de saturación de especies (Figura 36) por el poco tiempo de muestreo puede evidenciarse que el número de especies puede ser mayor y por lo tanto el índice de biodiversidad.

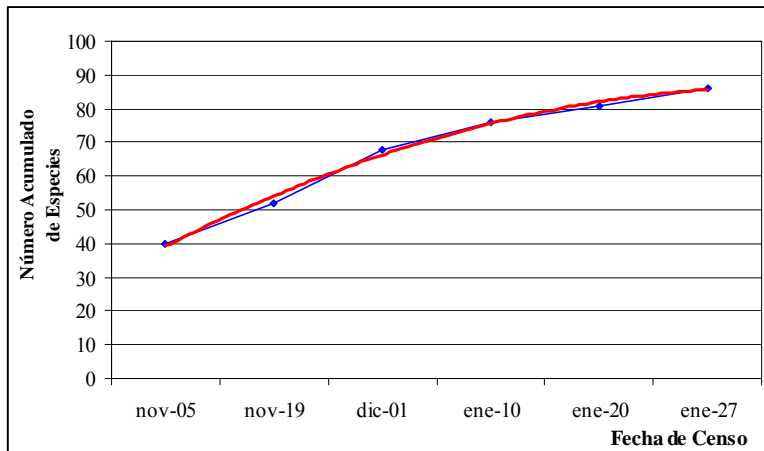


Figura 36 Curva de Saturación de Especies de Aves

Los análisis de frecuencia y abundancia determinaron 41 especies comunes, 26 raras, 17 escasas y 3 abundantes, datos que como la diversidad pueden presentar cambios si se obtienen más registros de campo. Lo que si se puede determinar en primera instancia es que el alto número de especies raras y escasas puede deberse a las particularidades de este ecosistema y su papel como refugio de estas especies.

A excepción del Águila Caracolera (*Rosthramus sociabilis*) todas las especies fueron registradas durante este estudio por observación visual o auditiva, esta especie fue observada durante una de las jornadas de análisis hidrobiológico en el humedal por otros miembros del equipo de manejo ambiental en la zona y evidenciado por la gran cantidad de conchas de caracoles vacías en los denominados mataderos, que son perchas donde el caracol come. También se observó caracoles perforados en la concha los cuales son consumidos por Carrao (*Aramus guarauna*)

4.3.2.3 Herpetofauna y Mastofauna

Se elaboró un listado de otros grupos de vertebrados presentes en la zona, a través de la observación directa, la consulta con los habitantes de la zona y el registro bibliográfico (Alberico, 1983¹⁰⁰ y Arias, 2000¹⁰¹). En las Tablas 30 y 31 se muestra el listado de las especies presentes y posibles para un total de 36 especies entre mamíferos, anfibios y reptiles.

Tabla 30 Listado de Anfibios, Reptiles y Culebras Presentes y Posibles para el Humedal El Cocal

Clase	Nombre Científico	Nombre Común	Especies Amenazadas ¹⁰²
Anfibios	<i>Leptodactylus colombiensis</i>	Rana Común	
	<i>Hyla colombiana</i>	Rana arbórea	S2
	<i>Bufo marinus</i>	Sapo Cañero	
	<i>Rana catesbeiana</i>	Rana Toro (Exótico)	
	<i>Typhlonectes natans</i>	Cecilia	S1
Reptiles	<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	S2
	<i>Anolis auratus</i>	Lagarto	
	<i>Ameiva ameiva</i>	Lagarto azul	
	<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>	Lagarto	
	<i>Chelydra sertentina</i>	Tortuga Bache	S1S2
Culebras	<i>Drymarchon corais</i>	Petacona	
	<i>Lampropelthys triangulum</i>	Falso Coral	
	<i>Micrurus mipartitus</i>	Coral	
	<i>Leptophis ahaetulla</i>	Platanilla	

Nota: S1 = Especie muy amenazada en el Valle del Cauca

S2 = Especie amenazada en el Valle del Cauca

S1S2 = Especie en estado intermedio de amenaza en el Valle del Cauca

¹⁰⁰ Alberico, M. (1983). Lista anotada de los Mamíferos del Valle. CESPEDESIA, 10 (39-40): 223 – 250.

¹⁰¹ Arias, L.A. (2000). Caracterización y Recomendaciones para el manejo de las comunidades animales en la Estación Biológica El Vínculo, Municipio de Buga – Valle. CESPEDESIA, 24 (75-78): 69-94.

¹⁰² CVC. (¿) Fauna Amenazada del Valle del Cauca. Centro de Datos para la Conservación. Cali. Colombia. 8 p.

Tabla 31 Listado de Mamíferos Presentes y Posibles para el Humedal El Cocal

Grupo	Nombre Científico	Nombre Común	Especies Amenazadas
Rodentia	<i>Agouti paca</i>	Guagua	S2 ¹⁰³
	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatín	
	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>	Chigüiro	S1 ¹⁰¹
	<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla Común	
	<i>Mus mus</i>	Rata Silvestre	
	<i>Rattus rattus</i> (Exótico)	Rata Café	
	<i>Rattus norvegicus</i> (Exótico)	Rata Gris	
Xenarthra	<i>Dasybus novemcinctus</i>	Armadillo	
Marsupialia	<i>Didelphys marsupiales</i>	Chucha común	Bajo Riesgo (IUCN)
	<i>Chironectes minimus</i>	Chucha de agua	
	<i>Philander opossum</i>	Chucha Gris	
Carnívora	<i>Felis yagouaroundi</i>	Yaguaroundí	S2 ¹⁰¹
	<i>Felis catus</i> (Exótico)	Gato Remontado	
	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	
	<i>Cerdocyon thous</i>	Zorro Cangrejero	
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorro Gris	
	<i>Lutra longicaudus</i>	Nutria	Vulnerable (IUCN)
Lagomorpha	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo sabanero	
Chiroptera	<i>Noctilio leporinus</i>	Murciélago pescador	
	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago cola corta	
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero	
	<i>Desmodus rotundus</i>	Vampiro	
	<i>Molossus molossus</i>		

Nota: S1 = Especie muy amenazada en el Valle del Cauca
S2 = Especie amenazada en el Valle del Cauca

A excepción de la rana toro y la rata café, no se encontraron especies invasoras que puedan representar un desequilibrio para este ecosistema, sin embargo aunque no se hizo un estudio detallado del tamaño de población de esta especie según las observaciones durante el presente estudio y la información ofrecida por parte de los habitantes de la zona, pueden considerarse especies comunes en la zona de estudio, pero no una especie introducida con un estado medianamente crítico en términos de invasión o desequilibrio ecológico como lo fue hace algunos años.

4.3.3 Fauna Íctica

En la Tabla 32 se reportan las especies de peces identificadas en la madreveja El Cocal y el índice de abundancia correspondiente a cada especie.

¹⁰³ CVC. (¿) Fauna Amenazada del Valle del Cauca. Centro de Datos para la Conservación. Cali. Colombia. 8 p.

Tabla 32 Especies de Peces Identificados en la Madre Vieja El Cocal

Nombre Científico	Nombre Común	Cantidad	Índice de Abundancia	Característica
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia nilótica	21	75	Introducida
<i>Hypostomus plecostomus</i>	Corroncho	2	7.1	Trasplantada
<i>Astynax fasciatus</i>	Sardina colirroja	4	14.2	Nativa
<i>Caquetaia kraussii</i>	Mojarra amarilla	1	3.5	Trasplantada

A pesar de su gran importancia ambiental los humedales del Valle Geográfico del río Cauca, son ecosistemas que han sido afectados directa o indirectamente por la actividad humana. En el caso de la ictiofauna Miles (1973)¹⁰⁴ reporta para la época una diversidad relativamente pobre para la zona, con menos de 50 especies inventariadas, en la actualidad ese número descende a 14, haciendo mayor presencia las especies introducidas y trasplantadas que las nativas (Anexo 7).

La biodiversidad que presentan las madre viejas es comparable a la Laguna de Sonso, información consecuente, si se tiene en cuenta que en algún momento el complejo se intercomunicaba, y que el río Cauca es su principal abastecedor en época de invierno (Maldonado-Ocampo et al., 2005¹⁰⁵; Patiño, 1973¹⁰⁶).

Si bien se utilizaron diferentes artes de pesca la captura no fue representativa ya que se presentaron limitaciones en el muestreo inherentes a cada arte. Durante esta época el número de ejemplares capturados es bajo debido a las dificultades ocasionadas por la profundidad de las aguas (de acuerdo al estudio de batimetría se registra de hasta 6 m de profundidad) y por la mayor dispersión de los peces al aumentarse el área de dispersión.

Vale la pena anotar que en los muestreos realizados solo se capturaron 2 tilapias nilóticas (*Oreochromis sp*) en el área de la laguna, las demás especies presentes se capturaron en los colectores los cuales pueden tener conexión con la madre vieja según los niveles de agua a través de compuertas.

En consecuencia los resultados numéricos de las capturas, se consideran insuficientes para la realización de análisis estadísticos y cálculos de índices ecológicos tales como: diversidad y riqueza de especies.

A pesar de capturar solo 21 ejemplares de tilapia nilótica (*Oreochromis sp*) y 2 corronchos (*Hypostomus plecostomus*) en el área, los pescadores aseguran que hay presencia de bocachico y de otras especies como agujetas (*Ctenolucius sujeta*), especies que no fueron capturadas en época de aguas altas, ni bajas durante el tiempo de estudio.

¹⁰⁴ Miles, W C. (1973). Estudios Económicos y Ecológicos de los Peces de Agua Dulce del Valle del Cauca. CEPEDESIA No. 2(5).

¹⁰⁵ Maldonado-Ocampo, J.A.; Ortega-Lara, A.; Usma O., J.S.; Galvis V., G.; Villa-Navarro, F.A.; Vásquez G., L.; Prada- Pedreros, S. y Ardila R., C. (2005) .Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos <<Alexander von Humboldt>>. Bogotá, D.C.-Colombia. 346 p.

¹⁰⁶ Patiño R, A. (1973). Especies de Peces Introducidas al Alto Río Cauca. CESPEDESIA No. 2(5).

De acuerdo a los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el presente trabajo, la tilapia hace presencia por ser una especie resistente a niveles bajos de oxígeno, altas concentraciones de turbiedad y cambios drásticos de temperatura razón por la cual está presente en la mayoría de las madrevejas del complejo de humedales del Valle Geográfico del río Cauca, hábitat caracterizado por este tipo de parámetros fisicoquímicos (Miles, 1973¹⁰⁷; y Ortega et al., 2000¹⁰⁸).

Por último es importante anotar que en comparación con las otras madrevejas como Maizena, Román, Videles, Yocambo, Laguna de Sonso y Chiquique (Anexo 10) que hacen parte del complejo de humedales del sector de Yotoco, este humedal presenta características muy similares, presentándose un fenómeno preocupante como es la baja presencia de especies nativas y la alta presencia de especies introducidas (Bolívar et al., 2004¹⁰⁹; Rodríguez y López, 2003¹¹⁰; Llanos y Llanos, 2004¹¹¹).

4.4 COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

El humedal El Cocal se encuentra localizado en el predio de la Hacienda Hatoviejo, propiedad de la sociedad Mercedes-Garcés y Cia Ltda., representada por el señor Gonzalo Garcés Lloreda, y no presenta beneficios económicos directos para la población; no existe servidumbre pública y no se realiza pesca por el grado de colmatación que tiene el humedal.

El Municipio de Yotoco, es el núcleo urbano más cercano a esta Madreveja (2.5 km), cuya población es de 16.721 habitantes, de los cuales el 47.02% vive en la zona urbana y el 52% habita en la zona rural (DANE, 1993¹¹²). Este municipio tiene una extensión de 373 Km², limitando por el norte con el municipio de Riofrío, por el sur con los municipios de Vijes y Guacarí, por el oriente con los municipios de San Pedro y Buga, y por el occidente con los municipios de Restrepo y Darién.

¹⁰⁷ Miles, W C (1973). Estudios Económicos y Ecológicos de los Peces de Agua Dulce del Valle del Cauca. CEPEDESIA No. 2(5).

¹⁰⁸ Ortega A., Murillo, O., Pimienta, M.C. y Sterling J.E. (2000). Peces de la Cuenca Alta del Río Cauca. CVC. Subdirección de Patrimonio Ambiental, Grupo Hidrobiología, Cali, Colombia. 68 p

¹⁰⁹ Bolívar, W., Echeverri, J., Reyes, M., Gómez, N., Salazar, M.I., Muñoz, L.A., Velasco, E., Castillo, L.S., Quiceno, M.P., García, R., Pfaffner, A.M., Giraldo, A. y Ruiz, S. L. (2004). Plan de Acción en Biodiversidad del Valle del Cauca: Propuesta Técnica. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. Bogotá. Colombia. 166 p

¹¹⁰ Rodríguez, E.E y López, D.F. (2003). Estudio Ambiental del Humedal Yocambo. Tesis de Pregrado para optar al título de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. 94 p

¹¹¹ Llanos, C.A. y Llanos, J.P. (2004). Estudio Ambiental de la Ciénaga del Conchal. Tesis de Pregrado para optar al título de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. 105 p

¹¹² DANE. (1993). Base de Datos Estadísticos para Colombia. Formato Excell.

- **Base Económica**

La base económica de este municipio es la actividad agropecuaria, donde la mayor parte de los ingresos provienen de la ganadería extensiva, los cultivos permanentes y transitorios de la zona rural, y el comercio formal en la vía Panorama.

Un renglón importante es el cultivo de caña de azúcar que predomina con mayor influencia del Ingenio Pichichí seguido de los ingenios Providencia, Manuelita y Carmelita. La pesca es una actividad que se desarrolla en menor escala formalmente por la asociación de pescadores artesanales de Yotoco, constituida a partir de 1986 y conformada por 40 habitantes de la zona, actualmente pertenecen 15 pescadores artesanales registrados y carnetizados por INCODER en el mes de Noviembre del 2005, quienes cuentan con cobertura de salud a través del SISBEN.

- **Sector Educativo**

El Municipio cuenta con 26 institutos educativos, 22 están ubicados en la zona rural, 2 en la zona urbana, y 2 dos satélites del Colegio Alfonso Zawadsky en las veredas San José y Jiguales. En estos establecimientos se atienden 3.255 estudiantes en los diferentes niveles educativos (Rizo, 1998)¹¹³. Según la población por rangos escolares en el municipio se tiene una cobertura del 61.3% de la población en edad escolar; la básica primaria con un 99.9%, la básica secundaria con un 62.6% y el nivel preescolar con un 6.9%, siendo este el nivel de más baja cobertura con énfasis en la zona rural (DANE, 1993)¹¹⁴.

- **Sector Salud**

El municipio a través de la empresa social del estado ha venido realizando contratos para prestarle a la comunidad los servicios de: fonoaudiología para niños en crecimiento y desarrollo, psicoprofilaxis para madres gestantes y grupo de hipertensión y 4 promotores rurales de salud que prestan atención integral a la comunidad. Se cuenta con el Hospital Local Materno Infantil, 15 puestos de salud veredales y dos centros de salud ubicados en el corregimiento de Media Canoa y la vereda de San Juan.

- **Infraestructura Vial**

Yotoco cuenta con 230 kilómetros de vías rurales que permiten la comunicación de los 12 corregimientos y 21 veredas con el perímetro urbano. El sector urbano tiene pavimentado el 65% de sus calles. En la zona rural existe un convenio tripartita entre el Departamento, el Comité de Cafeteros y el Municipio para la pavimentación de los tramos del Corregimiento Las Delicias- San Juan y Miravalle Rayito-Campo Alegre (Rizo, 1998¹¹³).

¹¹³ Rizo, Y. (1998). Plan de Desarrollo. Municipio de Yotoco. Departamento del Valle del Cauca. Yotoco. 32 p.

¹¹⁴ DANE. (1993). Base de Datos Estadísticos para Colombia. Formato Excell.

- **Desarrollo Interinstitucional**

A través del CMDR (Concejo Municipal de Desarrollo Rural) se ha obtenido una buena participación de las comunidades en las acciones de desarrollo. También se han implementado la creación de los diferentes Comités de Participación Interinstitucional como son la JUME, el CLE, Comité de Estratificación Socioeconómica, Comité de Desarrollo y Control Social de los Servicios Públicos Domiciliarios, etc (Rizo, 1998¹¹⁵).

¹¹⁵ Rizo, Y. (1998). Plan de Desarrollo. Municipio de Yotoco. Departamento del Valle del Cauca. Yotoco. 32 p.

5 EVALUACIÓN

Tomando como base los lineamientos para la formulación de planes de manejo para humedales de importancia internacional y otros humedales, en este capítulo se determinarán o confirmarán las características ecológicas, socioeconómicas, culturales y demás características que fueron identificadas en la fase de caracterización para la planificación del manejo del humedal El Cocal.

5.1 EVALUACIÓN ECOLÓGICA

5.1.1 Tamaño y Posición del Humedal

Colombia cuenta con una de las mayores diversidades ecosistémicas en América del Sur, debido a su posición geográfica en la zona intertropical, es así como los humedales en Colombia incluyen una diversidad de ambientes representados en praderas fanerógamas, manglares, ciénagas de tierras bajas, bosques inundables del Pacífico y la Amazonía, lagunas altoandinas, turberas de páramo, lagos, lagunas entre otros (CORANTIOQUIA – Universidad Nacional de Colombia, 2004)¹¹⁶.

La mayoría de los humedales en nuestro país se presentan en la franja de tierras bajas (<1000 msnm), caracterizándose por las variaciones en el nivel de agua. La mayoría están ubicados en las playas de inundación de los ríos, por lo que la superficie que cubre pueden cambiar hasta en un 90% entre el período de aguas bajas y el de aguas altas (IDEAM, 1997)¹¹⁷.

Los humedales en el departamento del Valle del Cauca pertenecen a la cuenca del Alto Cauca que a pesar de la naturaleza interandina y a la zona de captación hacen parte a su vez de la región Caribe por su biogeografía e hidrología que es inseparable de los complejos presentes en dicha región y que hace parte de la cuenca del río Grande de la Magdalena (Figura 37).



Figura 37 Cuenca del Río Magdalena¹¹⁶

¹¹⁶ CORANTIOQUIA – Universidad Nacional de Colombia. (2004). Prediagnóstico Físico y Sociocultural Participativo del Estado Ambiental de los Humedales del Magdalena Medio antioqueño, Jurisdicción de Corantioquia. Colombia. Medellín. 187 p.

¹¹⁷ IDEAM. (1997). www.ideam.goc.co.

El alto río Cauca incluye las planicies aluviales del río Cauca y sus principales afluentes hacia el sur hasta Santander de Quilichao en el departamento del Cauca (INSTITUTO HUMBOLT, 1998)¹¹⁸. Los humedales en el departamento del Valle del Cauca, en su mayoría corresponden a meandros o cauces abandonados por el río Cauca, denominados Madreviejas que son alimentadas por aguas subterráneas y los desbordamientos del río que de acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente (2002)¹¹⁹ forman el complejo del Alto Río Cauca perteneciente a la Región Caribe.

Estas madrevejas son cuerpos de agua formados por la acción de las corrientes de los ríos que pueden formar cuencas o bacines mediante la deposición de sedimentos; localizados en depresiones pocos profundas y conectadas al río Cauca por medio de canales meandriformes de forma natural o artificial, por lo que la dirección del flujo va generalmente en ambos sentidos dependiendo del régimen del pulso del río o la condición estacional presente.

Estos humedales permiten la supervivencia de ciertas especies de vegetación y de fauna nativa, que se adaptan perfectamente a los niveles freáticos altos y a los encharcamientos, sirviendo de amortiguación cuando los niveles del río son altos en ciertas épocas del año debido a los altos regímenes de precipitaciones; cumplen además una función hidrodinámica de retención de sedimentos y contienen las inundaciones en otras áreas, ya que sirven de colchón para esta agua sobrantes épocas de inundación.

Se caracterizan por tener un espejo de agua con macrófitas o vegetación flotante y pueden estar conectadas al río, pueden estar en conjunto conectadas entre sí directa o indirectamente o estar aisladas sin conexión al río y alimentada esporádicamente por los desbordes del mismo (Duque, 2000)¹²⁰. Los procesos antrópicos más importantes en este complejo tienen que ver con la extensión de la frontera ganadera y agrícola.

El humedal El Cocal hace parte del complejo lagunar Laguna de Sonso e incluye todas las madrevejas al norte (Bocas del Tuluá) como hacia el sur (Román) puesto que contribuyen a amortiguar las fluctuaciones poblacionales de avifauna y otros grupos de animales como mamíferos, reptiles y anfibios asociados a estos ecosistemas. Ramírez et al. (2000)¹²¹ reportan que más del 70% de las aves registradas en la Laguna de Sonso son compartidas por los humedales Guarinó, La Guinea, El Estero, Pacheco, Lili, Román, Chiquique, La Herradura, Bocas de Tuluá ubicados en los municipios de Cali, Jamundí, Bolívar y Tuluá en el departamento del Valle del Cauca, mostrando que estos humedales deben ser planificados

¹¹⁸ INSTITUTO HUMBOLT. (1998). Hacia la Conservación de Los Humedales de Colombia: Bases Científicas y Técnica para una Política Nacional de Humedales. Biosíntesis – Boletín Informativo No 9. Bogotá. Colombia. 4p.

¹¹⁹ Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia: Estrategia para su Conservación y Uso Sostenible. Bogotá. Colombia. 67 p.

¹²⁰ Duque, A.A. (2000). Clasificación y Localización de los Humedales en Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Risaralda. 30 p.

¹²¹ Ramírez, JC; Vásquez, G.L.; Navarrete, A.M.; Vásquez, C.M. y Orejuela, J.E. (2000). Determinación del Estado Sucesional de los Humedales: Madreveja Guarinó, Ciénaga La Guinea, Caño El Estero, Laguna Pacheco, Madreveja Lili, Madreveja Román (Gota'e Leche), Madreveja Chiquique, Madreveja La Herradura y Lagunas Bocas del Tuluá, Localizados en los Municipios de Cali, Jamuní, Bolívar y Tuluá, Departamento del Valle Cauca. Informe Final Contrato CVC-SGA-069-2000. Cali. Colombia. 396 p.

como un complejo de humedales, y como lo ratifica Reyes y Gómez (2005)¹²² donde afirma que la Laguna de Sonso hace parte de un complejo de humedales (El Burro, La Marina, Yocambo, Chiquique, Videles, El Conchal, La Nubia, entre otros) y bosques ubicados en la zona centro del Valle del Cauca (bosque de las Chatas y el Vinculo).

La madreveja El Cocal dentro del contexto del complejo de humedales del Alto Río Cauca y su cuenca de captación, tiene una importancia con sus 14 Ha por ser parte de este complejo de humedales separado de la Laguna de Sonso por el río Cauca. Este humedal está localizado en la intersección de dos corredores biológicos, el río Cauca siendo eje de las migraciones anuales de aves acuáticas y terrestres, y el corredor formado por la quebrada Negritos que va desde el río Cauca hasta la Reserva Forestal Bosque de Yotoco.

Adicionalmente se cuenta con un fragmento de Bosque Seco Tropical de 5 Ha que los dos propietarios de los predios donde se encuentra la han conservado hasta el momento. Este fragmento de Bosque de Galería es de particular interés por tener especies de árboles amenazados y por estar localizado sobre la quebrada Negritos, un potencial corredor biológico con gran posibilidad de conservar y restaurar. Con una cuenca de captación de 2714 Ha, este humedal adquiere importancia por los relictos de Bosque Seco Tropical y Bosque sub Andino localizado dentro unos pocos predios que facilita su conservación y eventual protección.

5.1.2 Dinámica Hídrica

Los procesos hidrodinámicos han sido claramente identificados en este humedal, y de acuerdo con la situación geográfica, los afloramientos de agua subterránea en dos acequias en los predios de la Hacienda, los análisis de calidad del agua en el espejo lagunar de la madreveja, el río Cauca, los canales de riego y el pozo profundo de la Hacienda, y teniendo en cuenta que los pulsos hidrológicos dependen de los regímenes pluviométricos de tipo bimodal, este humedal se establece como un ecosistema de recarga de agua subterránea y descarga al río Cauca en época de verano, y en un sistema de recarga del río Cauca en época de invierno por infiltración subsuperficial cuando sus niveles aumentan por encima del nivel del humedal y no por recarga de tipo superficial debido a que el río no sobrepasa los niveles del dique o albardón.

Este humedal está transformado antrópicamente y ha sido alterado en su régimen hídrico. Las actividades identificadas en su orden de alteración relacionadas con la afectación de la dinámica hídrica por los cambios e impactos son la ganadería y las actividades derivadas como canales y apropiación de playones para pastoreo; prosigue la agricultura representada en caña de azúcar con sus subactividades de canales conectados por medio de un canal principal que llega al humedal por medio de una compuerta, y principalmente riego de las suertes 1 y 2. Otro impacto importante es la construcción de diques o jarillones que dividen el humedal, con el fin de retener la mayor cantidad posible de agua durante todo el año, garantizando el

¹²² Reyes, M. y Gómez, N. (2005). Determinación de Objetivos de Conservación y Elaboración de un Mapa de Zonificación Preliminar para la Laguna de Sonso. CVC. Cali. Colombia. 33 p.

abastecimiento necesario para el ganado y para el riego en la Hacienda Hatoviejo donde queda ubicado el humedal El Cocal.

La alteración hidrodinámica genera repercusiones de segundo orden como el taponamiento del antiguo cauce del río Cauca, que generó un aislamiento formando la madreveja por procesos morfodinámicos y de sedimentación. Actualmente este humedal y el río Cauca está comunicado por medio de un canal que en épocas de máximas del río se tapona por los sedimentos que este trae; así como la disminución del espejo del agua por la prevalencia de macrófitas acuáticas que refleja el grado de eutroficación presente.

De acuerdo con la cota de fondo del canal (939.507 m) y los niveles medios anuales del río Cauca en el canal de comunicación de la madreveja de 940.69 m; el río Cauca alcanza estos niveles cuando se encuentra en su máxima capacidad de transporte, o sea a banca llena, por lo de acuerdo la frecuencia de desbordamiento del río Cauca en este sector es de dos veces al año, aunque cuando el río Cauca alcanza esta cota, la madreveja ha recibido agua del río por infiltración. Hay que tener en cuenta que en eventos extremos como el ocurrido en diciembre del año 2005, cuando el río Cauca alcanzó y sobrepasó este nivel (940.69 m) trajo consigo mucho sedimento que depositó en el canal de comunicación y por lo tanto modificó la cota de fondo del canal (Foto 8).



**Foto 8. Deposición de Sedimentos en el Canal de Comunicación
Río Cauca – Humedal El Cocal (Enero 28 de 2006).**

El riego que se realiza actualmente a la caña de azúcar se realiza en verano cada 25 días con un volumen de 1200 m³/Ha aproximadamente, lo que significa que en 1 año se necesita para regar la Suerte 2 (7.96 Ha) de la Hacienda Hatoviejo un volumen de 68774 m³. Y asumiendo que la madreveja se recarga en invierno y que sus máximos niveles llegan a la cota 938.2

(231393 m³), la cantidad de agua necesaria para el riego de la suerte 2 ocasionan un disminución de 0.45 m en los niveles de la madreveja, lo cual no causan un impacto a la misma.

Sin embargo hay que tener en cuenta que además de este bombeo, la madreveja se ve afectada por la evapotranspiración y la precipitación, lo que implica una disminución de niveles en un año por estos factores de 0.65m, lo que en total se traduce una disminución en niveles de agua de 1.1 m equivalentes a 118808 m³. Hay que resaltar que este balance a 1 año no se tuvo en cuenta el factor de carga de agua subterránea, la descarga de agua hacia el río Cauca en época de verano y la recarga del río Cauca en época de invierno.

De acuerdo con esto la dinámica hídrica se debe abordar teniendo en cuenta un apropiado diagnóstico hidrológico y con la aplicación de este, para no caer en los errores de alteraciones hidráulicas con la apertura o cierres de caños dejando serias consecuencias ambientales y económicas. Por lo que se hace necesario identificar la dinámica con el agua subterránea e implementar un programa de mantenimiento y operación de la compuerta existente que comunica los canales del agua de riego de la Hacienda y la entrada del río Cauca, y seguir las recomendaciones de los niveles mínimos que se deben dejar en la madreveja en época de verano cuando se riega la suerte 2, La Isla, y se bombea directamente del humedal.

5.1.3 Calidad del Agua

En la cuenca de captación y en el área de influencia de la madreveja se encuentran ubicados 4 predios, por lo que se encuentran 3 casas y no representan un peligro de contaminación por aguas residuales domésticas puesto que poseen sistemas de tratamiento in situ individuales.

Aunque se encontró contaminación fecal ocasionado por el pastoreo de ganado en las áreas aledañas del humedal representado en potreros inundables ubicados en bacines y en la zona de captación, que por procesos de biológicos por medio del cucarrón estercolero (*Digitontophagus gazzel*)¹²³, infiltración y lixiviación llega el estiércol al agua subterránea y al espejo lagunar. En épocas de lluvias se observó estiércol directamente en el espejo lagunar, que por su dinámica con el agua subterránea puede ocasionar una contaminación directa de la misma (Foto 9).



Foto 9. Estiércol en el Espejo Lagunar del Humedal El Cocal

¹²³ Saueressing, T. (2005). Avances en Control Biológico para la Mosca de los Cuernos. Revista Ganadería. Noviembre – Diciembre. P 2 – 5.

La contaminación microbiológica de origen fecal restringen el uso del agua para fines domésticos por contacto primario (natación y buceo) y secundario (deportes náuticos y pesca), y para fines recreativos, aunque no presenta restricciones para uso agrícola y piscícola de acuerdo con lo niveles de coliformes fecales establecidos en el Decreto 1594 de 1984.

La caracterización hidrobiológica mostró que la madreveja El Cocal es un ecosistema eutrófico, muy productivo de acuerdo con las clases fitoplanctónicas (Bacillariophyceae, Cyanophytaceae, Chrysophytaceae y Chlorophyceae), diversidad de zooplancton (Rotíferos y Cladóceros) y macroinvertebrados acuáticos (*Anodontites* y *Chironomus*) causando una pérdida en la calidad del agua, resultado del aislamiento del mismo, la conexión con el agua subterránea, las conexiones con los canales de riego y el pastoreo en el área protectora de los cauces de agua, indicadores indirectos de los cual se ve representado en la proliferación de macrófitas y la presencia de hierro en los canales del bombeo antiguo de la madrevejas a la suerte 6 ubicada contigua a la margen derecha del humedal.

La presencia de especies del género *Staurastrum* indica que el agua de este ecosistema presenta una dureza muy alta y corresponde a un sistema muy productivo, como lo confirmaron los registros de calidad de agua, donde se encontró un promedio de 200 mg/l de CaCO₃ representado aguas duras debido a los bicarbonatos presentes en la columna de agua. La presencia de oligoquetos, moluscos y dípteros indican un ecosistema perturbado y con contaminación por materia orgánica, presencia que se ve justificada con lo encontrado en los análisis fisicoquímicos existentes donde los niveles de oxígeno son menores a 4.0 mg/l, mínimo recomendado para protección de flora y fauna según el Decreto 1594 de 1984 y coliformes fecales.

La ganadería genera impacto en la calidad fisico-química del agua, la estabilidad del cauce y los organismos acuáticos que viven allí. Todos estos parámetros se relacionan entre sí, y en la medida que se afectan por el uso del suelo, pueden ser empleados para determinar los efectos que este último ocasiona sobre el recurso hídrico. La falta de cobertura vegetal nativa y el libre acceso de los animales a los cursos de agua, generan mayores sedimentos (sólidos disueltos en el agua) y con el aporte de excretas incrementan en gran medida los coliformes fecales, afectando la calidad del recurso hídrico.

Los mayores valores de DBO, nitrógeno y coliformes en las zonas ganaderas se presenta presumiblemente debido al depósito de estiércol por el ganado en los potreros, canales y espejo lagunar directamente. Los sólidos totales y la turbiedad también pueden ser un efecto directo de la perturbación que hace el ganado que incrementa la erosión en las zonas de pastoreo pues se tiene acceso directo al cauce.

Las características fisicoquímicas promedias de la lámina del agua, representadas en los contenidos de hierro (2.0 mg/l), la conductividad (567 µS/cm), los sólidos disueltos (467.5 mg/l), la alcalinidad total (285.9 mg/l), los niveles de oxígeno disuelto (1.13 mg/l) y la dureza (200 mg/l CaCO₃) presentes, indican que este humedal presenta una alta influencia de aguas subterráneas, convirtiéndose en épocas de verano en un ecosistema de recarga para el río Cauca puesto que sus niveles son más altos y en invierno se convierte en un ecosistema amortiguador o descarga del río Cauca por procesos de infiltración de forma subsuperficial,

donde en términos promedio no se observa una influencia directa del río Cauca sobre la calidad del agua de este humedal.

La profundidad y estabilidad de la columna de agua, al no recibir impactos directos y significativos de materia orgánica explican el comportamiento de la turbiedad (22.6 UNT) y sólidos suspendidos (17.3 mg/l) sean bajos, indicadores que muestran la no influencia del río Cauca sobre este humedal, puesto que los niveles de turbiedad y sólidos suspendidos a esta altura presentan un promedio de 180.6 UNT y 224 mg/l respectivamente en la condición más crítica correspondiente a invierno. Las concentraciones de turbiedad y sólidos suspendidos encontrados en el humedal muestran que las partículas sólidas se sedimentan y sus concentraciones no interfieren con la probabilidad de desarrollo de ictiofauna, aunque son otros los factores que limiten su crecimiento en este humedal, tal como los niveles mínimos de oxígeno disuelto existentes que favorecen a especies invasoras tolerantes como es la tilapia.

La población de zooplancton y fitoplancton, así como las concentraciones de nitrógeno y fósforo total indica que es un ecosistema con un alto nivel de eutroficación, el cual está limitado por fósforo como consecuencia la presión ganadera y agrícola presente sobre este humedal, representado en la inexistencia de franja protectora que podría actuar como barrera para el pastoreo de ganado, y la influencia de escorrentía de la suerte 1 de caña de azúcar y la comunicación con los canales de aguas de riego, así como por la poca circulación de agua sobre el humedal.

Es de resaltar que la suerte 2 o sector de “La Isla” ubicada en el centro de la madre vieja posee una franja protectora y por vasos comunicantes o niveles de los canales de riego estos no van directamente a la madre vieja sino al canal central de riego ubicado en la zona norte, mientras que la suerte 1 es un bacín con problemas de inundación en épocas de lluvia, por lo que en ambas condiciones estacionales drena directamente a la madre vieja, generándose un riesgo el regar sin las debidas precauciones.

5.1.4 Diversidad Biológica

La diversidad biológica presente en este humedal es natural y similar a la Laguna de Sonso y los humedales cercanos debido a que El Cocal hace parte del complejo de humedales del Alto Cauca, los cuales están condicionados por la calidad del agua y cantidad de espejo lagunar presente en el mismo, por lo que este humedal debe ser manejado para mantener y mejorar la biodiversidad presente. Por otro lado la introducción de especies predatoras como tilapia y rana toro, ha alterado la diversidad íctica presentando una amenaza particularmente en la población de bocachico. La Rana Toro representa una amenaza a la biodiversidad de la Madre vieja para especies nativas de nichos ecológicas similares como la Cecilia (*Typhlonectes natans*), Rana de Laguna (*Hyla colombiana*) y Rana Común (*Leptodactylus colombiensis*) (Universidad del Valle – CVC, 1998a)¹²⁴.

¹²⁴ Universidad del Valle – CVC. (1998a). Estudio para el Monitoreo y Control de la Rana Toro en el Valle del Cauca. Cali, Colombia. 46 p.

Uno de los argumentos para determinar el que una zona sea considerada un refugio importante para la vida silvestre son las especies focales, especies indicadoras de biodiversidad que revisten importancia para una zona de estudio. Dentro de este grupo se encuentran las especies endémicas, las migratorias y las especies amenazadas, sean vulnerables o en peligro de extinción. En este humedal se ha podido observar hasta el momento 20 especies representativas de estos tres grupos. Según la lista de chequeo de la Salaman et al. (2001)¹²⁵ el Carpinterito Punteado (*Picumnus granadensis*) es una de las especies endémicas de Colombia; también el Pato colorado (*Anas cyanoptera*) residente de acuerdo con las observaciones realizadas en esta madreveja y es una especie que aunque no se encuentra en estado crítico si está en peligro, y se encuentra en el libro rojo de Aves de Colombia.

También es necesario destacar de manera general la presencia de especies clave y de sombrilla, es decir especies cuya presencia y estrategias de conservación afecta de manera contundente a otras especies o incluso a toda la comunidad. En el ámbito de este ecosistema se pueden destacar las especies de aves frugívoras, granívoras y nectarívoras que en total suman 43 especies, y cuyos hábitos benefician la proliferación y recuperación de varias especies de vegetación arbórea vitales para mantener la dinámica de este lugar. Se recomendaría al respecto promover más trabajos enfocados al estudio de especies de aves dispersoras de semillas y especialistas en cuanto al consumo de frutos de árboles de gran talla importantes para el ecosistema.

El Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Yotoco (2000)¹²⁶ declaró a las madrevejas de este municipio como Zonas Estratégicas y Reservas Naturales del Municipio, además de contemplar que las madrevejas de este municipio son áreas de riesgo por ser vulnerables a la contaminación de los acuíferos; mientras que la CVC identifica a esta madreveja como un Refugio de Fauna y Flora (Fundación Entorno - CVC, 2003)¹²⁷.

5.1.5 Naturalidad

El área aunque presenta intervención antrópica es un ecosistema formado por ser un camino del antiguo cauce del río Cauca, donde se debe tener en cuenta que se presenta como refugio de avifauna, presencia de especies en vía de extinción y escasas para la región, áreas anidación de aves de la lista AICA y en términos generales zonas que brindan garantías para el refugios de muchas especies, presentando un gran potencial como corredor biológico tanto en el sentido Norte-Sur como Este-Oeste. La gran población de Chironomidos en la agua favorece la pernotación de Zarcetas, patos migratorios que llegan al humedal y refleja hasta el 89% de su alimentación (Mitsch y Gosselink, 1993)¹²⁸.

¹²⁵ Salaman, P.; Cuadros, T; Jaramillo, G.J.G. y Weber, W.H. (2001).Lista de Chequeo de las Aves de Colombia. Sociedad Antioqueña de Ornitología. Medellín. Colombia. 116 p.

¹²⁶ Municipio de Yotoco. (2000). Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT Yotoco 2000 – 2010: Documento Técnico de Soporte. Yotoco, Colombia. 91 p.

¹²⁷ Fundación Entorno - CVC. (2003). Plan de Manejo Madreveja Videles. Cali, Colombia. 100 p.

¹²⁸ Mitsch, W.J. y Gosselink, J.G. (1993). Wetlands. 2da Edición. Van Nostrand Reinhold – VNR. New York. 723 p.

Por ser una madreveja palustre emergente, es un refugio para la reproducción de especies de fauna amenazadas como son el chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*), la tortuga bache (*Chelydra serpentina*) que requiere la presencia de matorrales de Zarza como refugio seguro (Ortega, 2005)¹²⁹

La rareza es uno de los aspectos de la biodiversidad más importantes a la hora de determinar la importancia ecológica de un lugar. La singularidad o rareza de este ecosistema se ve reflejado en la avifauna donde se encontraron 41 especies comunes, 26 raras, 17 escasas y 3 abundantes, datos que como la diversidad pueden presentar cambios si se obtienen más datos de futuras visitas.

De las especies observadas, 9 son migratorias como son Reinita Tropical (*Hirundo rustica*), Ibis Pico de Hoz (*Plegadis falcinellus*), Pato Careto (*Anas discors*), Andarrios Maculado (*Actitis macularia*), Andarrios (*Tringa flavipes*), Andarrios solitario (*Tringa solitaria*), Reinita Amarilla (*Dendroica petechia*), Aguila Pescadora (*Pandion haliaetus*) y el Soldadito (*Sturnella militaris*); 2 son exóticas representadas en los Pájaros Capuchinos (*Lonchura malaca* y *Lonchura atricapilla*); 1 endémica representado por el carpinterito punteado (*Picumnus granadensis*); 1 casi endémica, Tángara Rastrojera (*Tangara vitreolina*) y 1 especie considerada como especie vulnerable y en peligro de disminución de acuerdo con Naranjo (2002)¹³⁰ como es el Pato Colorado (*Anas cyanoptera*).

5.1.6 Fragilidad

Debido a la compleja dinámica hídrica presente en este ecosistema, presenta su mayor fragilidad en la alteración de los flujos al mismo, los cuales se presentan de forma natural pero la intervención antrópica es una causa muy grave debido a los efectos acumulativos y que no permite que el ecosistema recupere sus condiciones naturales de tal forma que se generan un impacto en los hábitats y por lo tanto en las especies vegetales y animales.

En este humedal se observa una vulnerabilidad a perturbación de especies debido a factores antrópicos por ser un ecosistema rodeado de cultivos de caña de azúcar donde se realizan quemas y de acuerdo con el inventario de avifauna, este hábitat alberga un 18.2% de especies encontradas en la zona de estudio.

¹²⁹ Ortega, A.F. (2005). Determinación del Área de Actividad y Uso del Hábitat de la Tortuga Bache *Chelydra serpentina acutirostris* reintroducida y silvestre en las Madrevejas de La Trozada, Madrigal y La Herradura utilizando Radiotelemetría. Fundación Ecoandina. Cali.colombia. 98 p.

¹³⁰ Naranjo, L. G. (2002). *Anas cyanoptera*. En: Libro Rojo de Aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Renjifo, L. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya – Espinel, G. Catan y B. López – Lanás (eds.). Bogotá, Colombia.

5.1.7 Representatividad

Este humedal por su posición y características es de tipo palustre y de acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006)¹³¹ se debe clasificar como **Tp** o Pantanos/esteros/charca permanente de agua dulce (Tabla 33). Este humedal es representativo de la dinámica hídrica de la zona puesto que al occidente se encuentra la cordillera occidental donde se presenta una zona de afloramiento de agua subterránea y por la parte oriental limita con el río Cauca, el cual en época de verano el humedal se convierte en una fuente de recarga para el río y en invierno es un vaso regulador de forma subsuperficial.

Si se compara el listado de especies de aves de este trabajo con el de otros 12 estudios sobre la avifauna del complejo de humedales del alto río Cauca (Datos no publ.), se puede destacar la presencia de seis especies que han sido registradas únicamente por uno o dos estudios en los últimos 40 años. Estas especies son Colibrí Nuquiblanco (*Florisuga mellivora*), Pájaro Capuchino (*Lonchura malaca*), Esmeralda Coliazul (*Chlorostilbon mellisugus*), Espiguero Pizarra (*Sporophila schistacea*), Carpintero Marcial (*Campephilus melanoleucus*), Sirirí Rayado (*Myiodinastes maculatus*), Pájaro Capuchino (*Lonchura atricapilla*) y Rastrojero Pálido (*Synalaxis braquiura*), estas tres últimas especies poco observadas incluso en la Laguna de Sonso, y por lo tanto este humedal se convierte en un foco de interés como aporte de biodiversidad a todo el complejo de humedales del centro del Valle del Cauca.

Si se compara el listado de especies de aves de este trabajo con el de otros 12 estudios sobre la avifauna del complejo de humedales del alto río Cauca (Datos no publ.), se puede destacar la presencia de ocho especies que han sido registradas únicamente por uno o dos estudios más en los últimos 40 años. Estas especies son: *Florisuga mellivora*, *Lonchura malaca*, *Chlorostilbon mellisugus*, *Myiodinastes maculatus*, *Lonchura atricapilla*, *Synalaxis braquiura*, *Sporophila schistacea* y *Campephilus melanoleucus*, algunas de estas poco observadas incluso en la Laguna de Sonso, y por lo tanto focos de interés como aporte de biodiversidad a todo el complejo de humedales del centro del Valle.

Estos datos revelan la importancia de este humedal como sitio de refugio de especies poco probables en otros humedales, debido muy seguramente a condiciones únicas tales como la presencia del relicto de bosque de galería, en el cual la oferta alimenticia y habitacional puede ser única de este lugar para ciertas especies, además de ser probablemente un corredor biológico natural entre el bosque de Yotoco y las zonas inundables.

5.1.8 Restauración

El espejo lagunar se ve afectado por varios factores, entre ellos ser una fuente de afloramiento de agua subterránea implicando niveles de oxígeno disuelto bajo, alcalinidad, dureza y conductividades altas; la ganadería afecta los niveles de coliformes fecales y totales; la cobertura de plantas acuáticas que ocasionan una disminución en la superficie vegetal y por lo

¹³¹ Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0196 del 1 de Febrero de 2006. República de Colombia. 36 p.

tanto afectan la diversidad de aves. Por lo que las posibilidades de mejoramiento se traducen básicamente en formar la franja protectora alrededor de la madreveja creando un habitat para la refugio de fauna, no permitir el pastoreo de ganado en el área lagunar y protectora, y en los potreros inundables; y mantener un espejo lagunar despejado de plantas acuáticas.

Tabla 33 Clasificación de Humedales Naturales (modificado de Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006)¹³²

Ámbito	Sistema	Subsistema	Clase	Subclase	
Marino y Costero	Marino	Submareal		A: Aguas marinas someras	
			Lecho acuático	B: Lecho marino submareales	
		Arrecife	C: Arrecifes de coral		
		Intermareal	Roca	D: Costas marinas rocosas	
	No consolidado		E: Playas de arena o de guijarros		
	Estuarino	Submareal		F: Estuarios	
		Intermareal	No consolidado	G: Bajos intermareales de lodo, arena o con suelos salinos	
			Emergente	H: Pantanos y esteros	
	Lacustre/ Palustre	Permanente/ Estacional		I: Humedales intermareales arbolados	
				J: Lagunas costeras salobres/saladas	
Interior	Fluvial	Permanente		K: Lagunas costeras de agua dulce	
				L: Deltas interiores	
	Lacustre	Permanente	Emergente		M: Ríos/arroyos permanentes
					N: Ríos/arroyos estacionales/intermitentes/ irregulares
		Estacional			O: Lagos permanentes de aguas dulces
					P: Lagos estacionales/intermitentes de agua dulce
	Palustre	Permanente	Emergente		Q: Lagos permanentes salinos/salobres/alcalinos
					R Lagos y zonas inundadas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos
					Sp: Pantanos/esteros/charcas permanentes salinas/salobres/alcalinos
					Tp: Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce
		Estacional	Emergente		U: turberas no arboladas
					Va: Humedales alpinos/ de montaña
					Vt: Humedales de la tundra
					W: Pantanos con vegetación arbustiva
	Geotérmico				Xf: Humedales boscosos de agua dulce
					Zp: Turberas arboladas
				Y: Manantiales de agua dulce, oasis	
				Ss: Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes /salinos/salobres/alcalinos	
				Ts: Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos	
				Zg: Humedales geotérmicos	

¹³² Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0196 del 1 de Febrero de 2006. República de Colombia. 36 p.

Si bien no se considera necesario un despeje total y constante del espejo de agua de la madreveja sería recomendable seguir manteniendo despejada la porción del espejo de agua que ya lo está, esto con el fin de recuperar y mantener la oferta de hábitat a ciertos grupos de aves más especialistas y que son de presencia escasa tales como el Águila pescadora (M), el Águila Caracolera, los Zambullidores y los Martines Pescadores. Es importante destacar en este punto que uno de los focos de atención del convenio RAMSAR son las *aves acuáticas*, especies que si bien podría decirse no dependen únicamente del medio acuático están constante asociado con el mismo. Para el caso del Cocal se registraron 30 especies de aves pertenecientes a este grupo y cuyos rangos de presencia se circunscribían exclusivamente a tres hábitats: la madreveja, los colectores de agua y la ribera del río Cauca.

5.2 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

La importancia de este humedal no radica en los valores estéticos, culturales, religiosos o históricos que pueda ofrecer a la comunidad, sino al desarrollo de actividades educativas e investigativas debido a la naturaleza palustre de este humedal, poco común en la zona del complejo de humedales del río Cauca.

La madreveja el Cocal como humedal palustre cumple las funciones de recarga y descarga al río Cauca en época de verano e invierno respectivamente, descarga de acuíferos, control de flujo, retención de nutrientes y hábitat para vida silvestre; mientras que sus atributos se ven reflejados en fuente de agua para el riego de cultivo de caña de azúcar. Su atributo es la diversidad de especies.

5.3 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y CONFRONTACIÓN DE INTERESES

5.3.1 Problemática Ambiental

La problemática ambiental se identificó teniendo en cuenta la información primaria y secundaria consignada en el diagnóstico del presente estudio y usando como referencia los factores de afectación naturales y antrópicos tanto externos como internos contemplados en la Política Nacional para Humedales Interiores (Ministerio del Medio Ambiente, 2002)¹³³. En este humedal se identificaron que los factores de perturbación asociados se deben a factores naturales y antrópicos de tipo interno.

- **Factores Naturales Internos**

Este humedal con un área de 14.2 Ha y cuya vegetación macrófita refleja diferentes etapas de sucesión, indicando diferentes intervenciones antropogénicas. Las especies dominantes en dos etapas iniciales reflejan su calificación del agua como duras por ser agua subterráneas favoreciendo por lo tanto el crecimiento de *Pistia stratiotes*. El estado trófico hipereutrófico y

¹³³ Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia: Estrategia para su Conservación y Uso Sostenible. Republica de Colombia. Santafe de Bogota. 67 p.

la poca circulación del agua favorece el excesivo crecimiento de plantas macrófitas que tienen semillas en el caso de lechuguilla (*Pistia stratiotes*) o esporas como el helecho de agua (*Salvinia minima*) almacenados en un estado latentes.

Tres intentos de limpiar el espejo de agua ha resultado infructuoso debido al rápido crecimiento de las plantas macrófitas; plantas flotantes libres sumergibles como las comunidades Pleustofíticas o Hidrofitas (plantas flotantes) son las primeras en aparecer como es el caso de grasilla (*Utricularia inflata*) y el helecho de agua (*Salvinia minima*). Entre los 5 a 6 meses, la propagación sexual de las semillas latentes comienza su agresiva multiplicación llegando a cubrir el espejo de agua en 18 meses.

Sobre el colchón de lechuguilla (*Pistia stratiotes*) se establecen comunidades Helofíticas (plantas enraizadas) como es la ciperacea (*Cyperus sp.*) formando manchas circulares que van agrandando hasta cerrarse y tapando la lechuguilla, y posteriormente invade el pasto alambre (*Laersia heyandua*). (Foto 10) la presencia de estos islotes de ciperacea podría estar relacionado con el consumo de las semillas del mismo por zarcetas e iguazas cuya semilla es transportada y depositado en heces fecales (Colon, 2004¹³⁴ y Green et al., 2002¹³⁵). Otras especies que se presentan tempranamente como la chapana (*Hydrocotyle umbellata*) y la cuerquilla de oro (*Cuseuta groniovii*).



Foto 10. Lechuguilla y Ciperaceas

¹³⁴ Colón, D. (2004). Presencia de Patos Pijije, Alablanca (*Dendrocygna autumnales*) y Canelo (*D. bicolor*), en Toluca, Estado de M'xico. Huitzil: 5: 1-2.

¹³⁵ Green, A.J.; Figuerola, J. y Sánchez, M.I. (2002). Implications of Waterbird Ecology for the Dispersal of Aquatic Organisms. Acta Oecologica International Journal of Ecology. 23: 177 – 189.

Aunque la lechuguilla (*Pistia stratiotes*) es exótica e invasora, muchas especies de avifauna acuática la han adoptado a través del tiempo y no impiden la alimentación de algunas especies como la iguaza común o cormoranes. El junco (*Typha dominguensis*) se propaga extendiéndose rápidamente como también la zarza (*Mimosa pigra*) llegando a predominar antes del establecimiento de arbustos como el cordoncillo (*Piper aduncum*), martingalves (*Cassia reticulata*), zarza falsa (*Aeschynomene americana*) y pie de paloma (*Sesbania emerus*). La primera especie arbórea en aparecer es el chamburo (*Eyithrina fusca*) estableciéndose sobre el colchón de macrófitas flotantes

El hábitat de macrófitas dominados por el junco (*Typha dominguensis*) y la zarza (*Mimosa pigra*) son indispensables para la presencia y supervivencias de 2 especies amenazadas en el Valle del Cauca según la clasificación de CVC, como especie muy amenazada (S1) el chiguero (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y la tortuga bache (*Chelydra serpentina*).

De otra parte, la introducción de gramíneas estoleníferas exóticas en la madreveja como el pasto pará (*Brachiaria mutica*) y en particular el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) adaptado al agua y muy invasor presenta una amenaza de grandes proporciones. Puesto que este último desplaza especies nativas y presenta un incentivo para que el ganado entre a comer y por lo tanto se genera una fuente de contaminación y eutroficación del cuerpo lagunar debido a la deposición de estiércol que contiene grandes concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, coliformes fecales y estreptococos.

Como factor natural interno que incide sobre el balance hídrico de este humedal y cobra gran importancia debido a la cantidad de agua almacenada y la función hidrológica de la zona como es la descarga al río Cauca y recarga de agua subterránea en época de verano, y recarga del río Cauca y el agua subterránea en invierno, es la incidencia del agua subterránea que no ha sido identificada en términos cuantitativos, teniendo en cuenta que en este humedal existe un déficit de agua por los procesos de evapotranspiración y precipitación de 307.5 mm/año, lo que implica un volumen sobre la madreveja de 43811.5 m³ y una variación en niveles de la madreveja de 0.65 m.

- **Factores Antrópicos Internos**

Este humedal ha sido transformado antrópicamente en su régimen hídrico debido a la ganadería y a sus actividades derivadas como la construcción de canales y apropiación de playones para pastoreo; el uso del suelo en el cultivo de caña de azúcar con la construcciones de canales conectados indirecta y directamente al humedal y el riego de las suertes 1 y 2; y la construcción de diques o jarillones que dividen el humedal.

La ganadería genera impacto en la calidad físico-química del agua, la estabilidad del cauce y los organismos acuáticos debido a la falta de cobertura vegetal nativa y al libre acceso a los cursos de agua y al pastoreo en potreros inundables ubicados en bacines y en la zona de captación, generando sedimentos e incrementando los niveles de coliformes fecales.

El cultivo de caña de la suerte 1 de la hacienda corresponde a un bacín con problemas de inundación en época de invierno, y en ambas condiciones climáticas el drenaje va directamente a la madreveja, generándose un riesgo al regar sin las debidas precauciones. La introducción de especies exóticas como la tilapia y la rana toto, dos predadores en la cadena alimenticia, han afectado negativamente los ecosistemas, reflejando una disminución en la diversidad de ictiofauna.

Estas perturbaciones de origen antrópico son catalogados de un orden de magnitud 2 de perturbación severa los cuales se resumen en la Tabla 34 y se esquematizan en la Figura 38.

Tabla 34 Síntesis de Conflictos Antrópicos Internos de Orden de Magnitud 2 en el Humedal El Cocal

Proceso	Sector	Tipo de Acción	Consecuencia
Control de Inundaciones	Agrícola y ganadero.	Diques y canales	Alteración del régimen hidrológico del humedal
Introducción de especies invasoras	Piscícola	Liberación de alevinos de tilapia	Cambio en la estructura y composición de especies
		Colonización de rana toro	
		Liberación de hormiga loca	
	Agrícola	Siembra de Leucaena, para ganado	Invasora, que desplaza la vegetación endémica
Contaminación	Agrícola	Lavado de nutrientes en las aguas que alimentan al humedal	Alteración del humedal representado en un avanzado estado de eutroficación
	Ganadero	Pastoreo en playones y potreros inundables	Aumento de sedimentos y coliformes fecales.

5.3.2 Confrontaciones y Conflictos

Los conflictos en este humedal se debe principalmente a la accesibilidad del mismo por parte de la población para su utilización en pesca, pero teniendo en cuentas las características fisicoquímicas de la madreveja y que aunque las concentraciones de turbiedad y sólidos suspendidos no interfieren con la probabilidad de desarrollo de ictiofauna, son los niveles de oxígeno disuelto los que impiden el libre crecimiento de fauna íctica autóctona de la zona; por lo que este humedal no ofrece una oferta ambiental en términos de pesca.

Esta madreveja por estar localizada en un predio privado, no existe servidumbre pública, pero si acceso para investigadores, autoridades ambientales y grupos de escolares con previo permiso de los dueños.

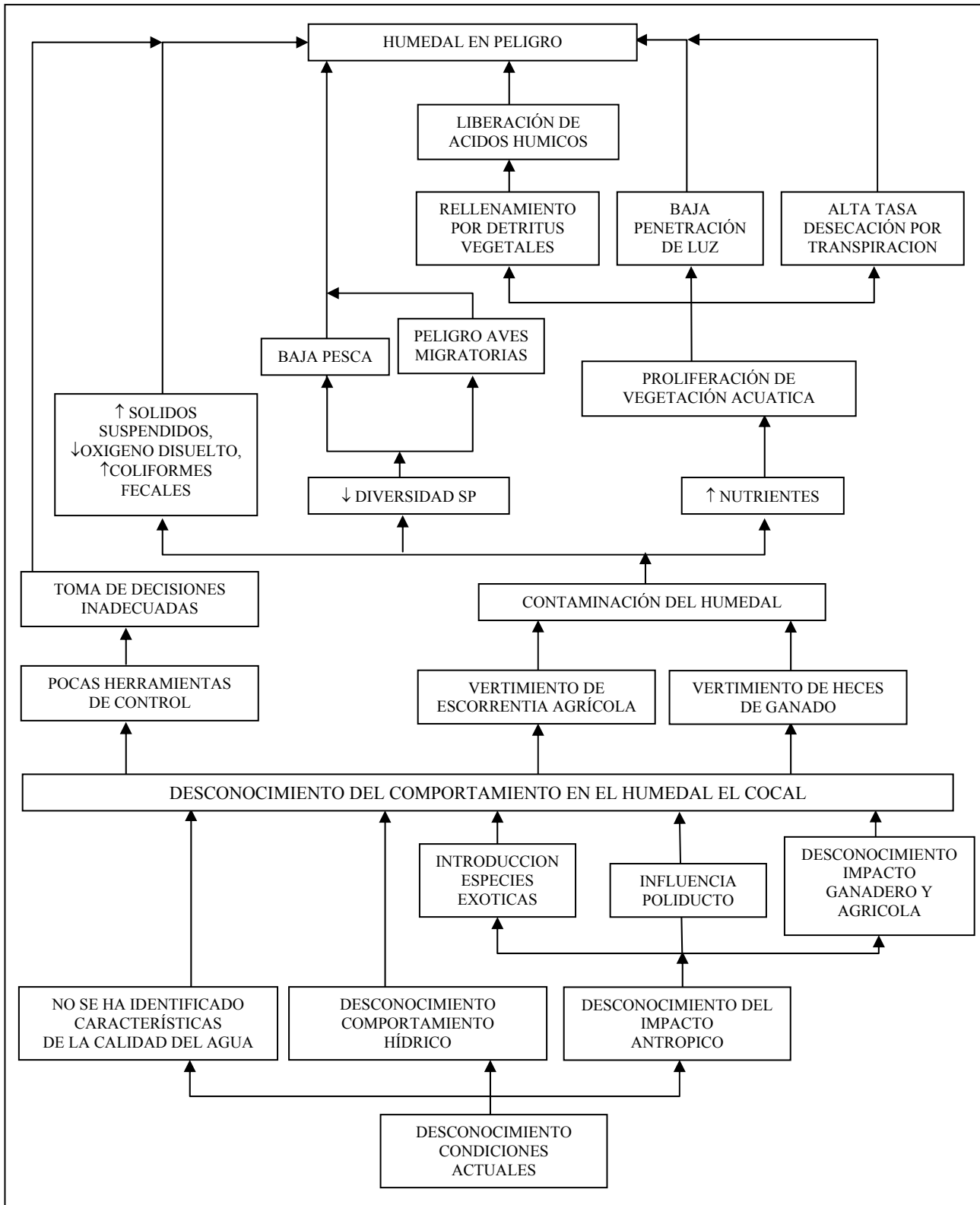


Figura 38 Árbol de Problemas y Consecuencias del Humedal El Cocal

6 ZONIFICACIÓN

De acuerdo con el diagnóstico, la cartografía temática, los criterios de zonificación y la zonificación ambiental establecidos como fases en los lineamientos para realizar la zonificación de humedales de acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006)¹³⁶ la zonificación incorpora fundamentalmente tres áreas: conservación (Zona de Humedales y Madreviejas - ZHM y Zona Forestal Protectora – ZFP), restauración (Zona de Restauración de Suelos – ZRS) y producción sostenible (Zona Agropecuaria Intensiva – ZAI y Zona Ganadera Extensiva - ZGE) (ver Mapa siguiente).

De manera general para cada una de las zonas se establecieron los usos y las restricciones de acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006)¹²⁶ de la siguiente forma:

Uso Principal: Es el uso deseable cuyo aprovechamiento corresponde a la función específica del área y ofrece las mejores ventajas o la mayor eficiencia desde los puntos de vista ecológico, económico y social, en un área y en un momento dado.

Usos Compatibles: Son aquellos que no se oponen al principal y concuerdan con la potencialidad, la productividad y demás recursos naturales conexos. Se puede establecer o practicar sin autorización o permiso previo.

Usos Condicionados: Aquellos que por presentar algún grado de incompatibilidad con el uso principal y ciertos riesgos ambientales previsibles y controlables para la protección de los recursos naturales del humedal están supeditados a permisos y/o autorizaciones previas y a condicionamientos específicos de manejo.

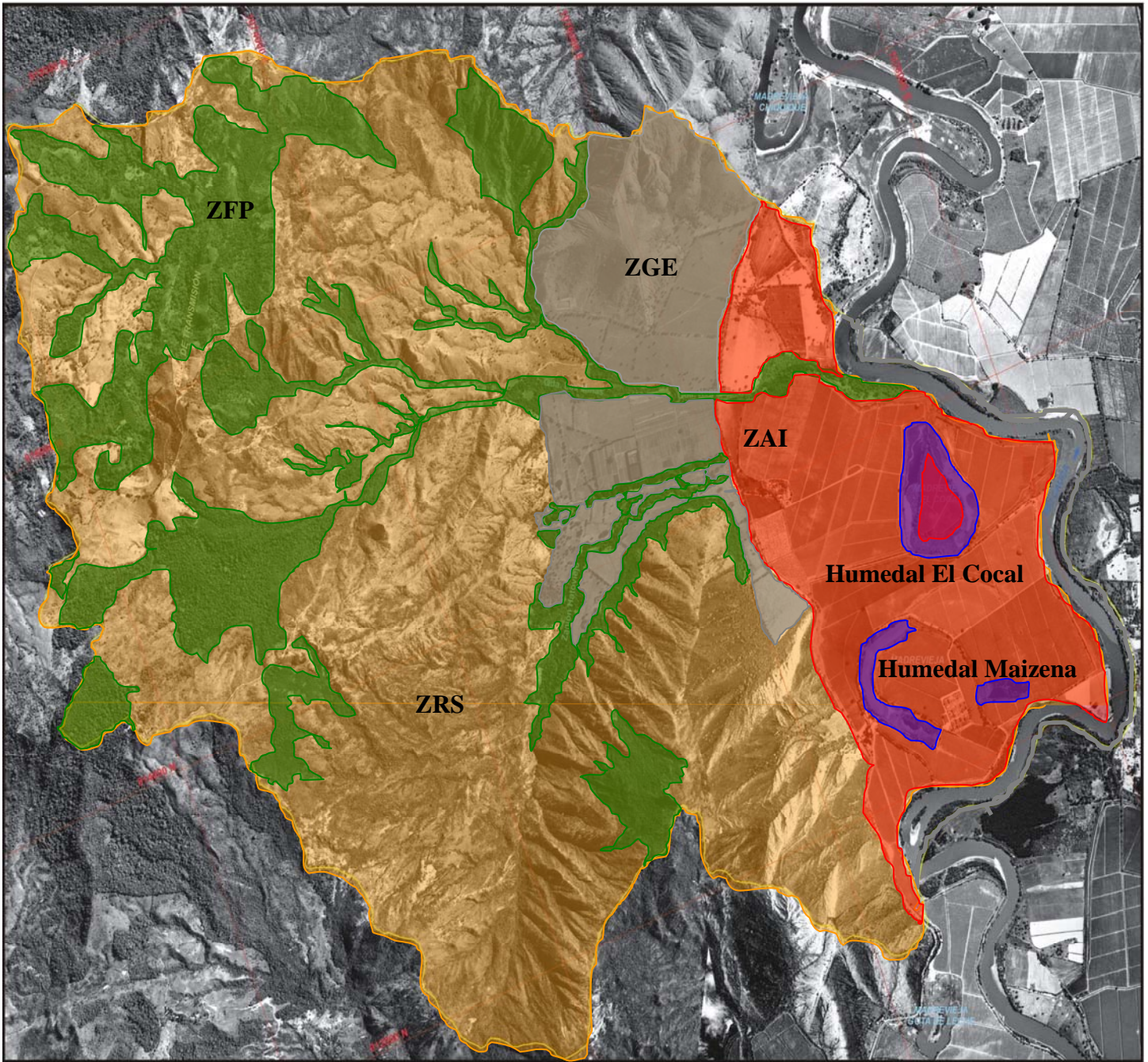
Usos Prohibidos: Aquellos incompatibles con el uso principal del área en particular y con los propósitos de conservación ambiental y/o manejo. Entrañan graves riesgos de tipo ecológico y/o para la salud y la seguridad de la población. Por lo tanto, no deben ser practicados ni autorizados por la Autoridad Ambiental.

6.1 ZONA DE HUMEDALES Y MADREVIEJAS - ZHM

Esta zona comprende dos humedales, El Cocal y Maizena, y se encuentra vestigios de otros dos humedales. Comprende un área de 46 H. y por lo tanto constituye el 1.65% del área de captación.

Uso Principal: Conservación del ecosistema e investigación a partir de las medidas y estrategias fijadas en el Plan de Manejo.

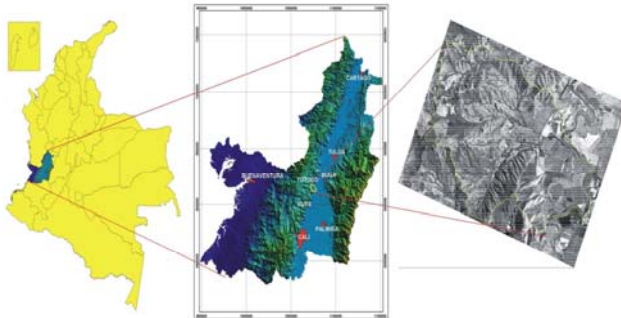
¹³⁶ Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0196 del 1 de Febrero de 2006. República de Colombia. 36 p.



Zonificación de la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal

REALIZÓ: GUSTAVO ADOLFO ROMERO LOZADA - INGENIERO AGRÍCOLA
REVISÓ: ROBERT PECK - DIRECTOR TÉCNICO ASOYOTOCO
APROBÓ: EDUARDO VELASCO ABAD - DIRECTOR AMBIENTAL REGIONAL
ESCALA 1:10000
 500 0 500 1000 metros
 Un centímetro en el mapa representa 100 metros en el terreno
 Área de la cuenca de captación de la Madre Vieja El Cocal
ÁREA: 2795.2 hectáreas

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE CAPTACIÓN DE LA MADREVEJA EL COCAL



Convenciones:

- Zona de Humedales y Madreviejas – ZHM
- Zona Forestal Protectora – ZFP
- Zona de Restauración de Suelos – ZRS
- Zona Agropecuaria Intensiva - ZAI
- Zona Ganadera Extensiva – ZGE

Nota:

Mosaico construido con fotografías aéreas del año 1998 tomadas por FAL LTDA., propiedad de la CVC y georeferenciadas con cartografías base escala 1:10.000 en zona plana, 1:50.000 en zona de ladera y puntos de control

Usos Compatibles: Educación y monitoreo con permiso previo.

Usos Condicionados: Uso de agua para riego de suerte diferentes a la número 2 de la Hacienda Hatoviejo; recuperación para restauración del valor ambiental del humedal en términos de redoblamiento de peces exóticos y limpieza de macrófitas del humedal, los cuales están supeditados a estudios de impacto ambiental.

Usos Prohibidos: Todos aquellos que no compagin en con lo anteriormente propuesto y por lo tanto incluyen cacería, actividades acuáticas y recreativas, quemas, fumigaciones y alimentación de fauna.

6.2 ZONA FORESTAL PROTECTORA – ZFP

Esta zona corresponde a áreas que se deben reglamentar para destinarlas al establecimiento o protección de bosques existentes. Incluye áreas de nacimientos de quebradas, zonas que se podrían declarar como reservas forestales, establecimientos de corredores biológicos entre el Bosque de Yotoco y el río Cauca a través de la quebrada Negritos, el cual puede tener una conectividad con el corredor biológico del río Sonso.

Uso Principal: Áreas forestales protectoras encaminadas a la protección de los relictos de bosques sub-andinos y bosques secos tropicales.

Usos Compatibles: Ejecución de medidas y obras encaminadas a la recuperación de posibles corredores biológicos, como aislamientos y enriquecimiento de especies nativas puntuales.

Usos Condicionados: Todos los usos diferentes a conservación están condicionados a la autoridad ambiental.

Usos Prohibidos: Uso forestal productor, introducción de especies exóticas, y extracción de flora y fauna.

6.3 ZONA DE RESTAURACIÓN DE SUELOS – ZRS

La zona de restauración de suelos comprende los terrenos de mayor degradación en la cuenca de captación como consecuencia a la acción erosiva. Debido a su grado de erosión, se constituye en áreas con restricciones para actividades productivas.

Uso Principal: Restauración de la flora nativa y conservación a partir de las acciones y medidas establecidas en el Plan de Manejo.

Usos Compatibles: Construcción de obras de infraestructura para bebederos de ganado con el fin de proteger los recursos hídricos.

Usos Condicionados: Pastoreo de ganado ajustado a su capacidad de carga con el fin de alcanzar la restauración de los suelos.

Usos Prohibidos: Cualquier otro uso diferente que no vaya dirigido a la recuperación natural del terreno.

6.4 ZONAS AGROPECUARIAS INTENSIVAS – ZAI

En esta zona se presentan actualmente actividades de tipo agrícola y ganadera de importancia en la zona y con una tradición de producción de muchos años. Por lo que en esta zona se propone un aprovechamiento técnicamente dirigido donde se integre los conceptos de producción sostenible.

En la zona plana donde se encuentran los cultivos de caña y la ganadería semi-intensiva muy cerca al área de los humedales, se debe tener el manejo de esta actividad en los períodos climáticos de invierno y por lo tanto se debe tener en cuenta los ciclos de dinámica hídrica y el comportamiento de inundabilidad en los basines.

Uso Principal: Uso ganadero y/o agrícola intensivo.

Usos Compatibles: Uso ganadero semi-intensivo y/o producción de caña de azúcar. Reforestación con cercos vivos.

Usos Condicionados: Ejecución de medidas y obras encaminadas a suministro de agua para ganado y cultivos de caña.

Usos Prohibidos: Entrada de ganado a fuentes superficiales, quemas para control de maleza en potreros. Reforestación con especies no nativas.

6.5 ZONAS GANADERAS EXTENSIVAS - ZGE

Estas zonas corresponden a áreas correspondientes a zonas de ladera en la que actualmente existe ganadería extensiva con una tradición de producción de muchos años y junto con las quemas han erosionado el suelo en un alto grado. Razón por la que se urge la implementación de acciones que vayan encaminadas al aprovechamiento agropecuario técnicamente dirigido siempre y cuando se efectúe dentro de los preceptos básicos del desarrollo sostenible.

Uso Principal: Ganadería extensiva.

Usos Compatibles: Cercos vivos y otras actividades silvopastoriles

Usos Condicionados: Ejecución de medidas u obras encaminadas a suministrar agua para ganado.

Usos Prohibidos: Quemados para control de malezas en potreros y entradas de ganado a corrientes superficiales.

7 PLAN DE ACCIÓN

De acuerdo con el diagnóstico y la evaluación llevada a cabo en el humedal El Cocal, la normatividad existente, el EOT del municipio de Yotoco (2000)¹³⁷, los lineamientos establecidos por el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006)¹³⁸ y CVC (2004a)¹³⁹, se identificaron los siguientes objetivos para el plan de acción.

7.1 OBJETIVOS DE CONSERVACION

La Política Ambiental de Colombia establece, en materia de Areas Naturales Protegidas, que éstas deben basar su misión en dos aspectos primordiales: la conservación del patrimonio natural y cultural y la racionalización del aprovechamiento de recursos naturales en el marco de un desarrollo humano sostenible. Desde esta perspectiva, las Areas Protegidas se constituyen en áreas fundamentales para el desarrollo nacional por los bienes y servicios ambientales que estas unidades de conservación prestan en forma directa e indirecta a las poblaciones locales y a los asentamientos regionales.

El conjunto de categorías legales existentes conforman lo que se denomina el Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas –SINAP–, que busca identificar los posibles nexos e interrelaciones existentes entre las diversas categorías de protección que lo integran (incluyendo las privadas), con el fin de promover y adelantar las acciones necesarias para establecer o restablecer los lazos ecosistémicos y los vínculos ecológicos, institucionales, sociales, financieros, culturales, simbólicos, de uso, etc., existentes o necesarios, para que el conjunto de las áreas protegidas del país, potencialicen e incrementen los beneficios perseguidos con la declaratoria de cada área en particular y facilitar la puesta en marcha de estrategias de articulación, coordinación y conexión entre ellas (Ponce de León, 2003)¹⁴⁰.

El SINAP se puede definir como “*el conjunto de las áreas naturales protegidas del país, que han sido integradas en un sistema de planificación y gestión en el cual se comparten objetivos, criterios de manejo y mecanismos de gestión y seguimiento.*” (Instituto Humbolt et al., 1998)¹⁴¹.

¹³⁷ Municipio de Yotoco. (2000). Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT Yotoco 2000 – 2010: Documento Técnico de Soporte. Yotoco, Colombia. 91 p.

¹³⁸ Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0196 del 1 de Febrero de 2006. República de Colombia. 36 p.

¹³⁹ CVC. (2004a). Propuesta de Categorías de Áreas Protegidas para el Valle del Cauca y sus Directrices de Manejo. Informe de Consultoría presentado por la Fundación Trópico.

¹⁴⁰ Ponce de León, E. (2003). Estudio Jurídico Sobre Categorías Regionales de Areas Protegidas. Instituto Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 188 p.

¹⁴¹ Instituto Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente y DNP. (1998). Colombia Biodiversidad Siglo XXI. Bogotá. Colombia. 240 p.

Los objetivos generales del SINAP se refieren a los propósitos nacionales de conservación de la naturaleza, para lo cual se pueden implementar diferentes tipos de mecanismos o estrategias (p.e. normas, proyectos, corredores, ordenamiento territorial, áreas protegidas, etc), los cuales son propósitos generales, no excluyentes y complementarios entre sí.

Estos objetivos generales tienen unos objetivos específicos que se refieren a los propósitos de conservación de las áreas protegidas que integran el SINAP, por tanto se constituyen en el referente fundamental para la declaración y el manejo. Los objetivos específicos de conservación definen los diferentes mecanismos o formas como, a partir de la protección *in situ* de ciertos espacios, se logran los objetivos generales de conservación del país. El SIDAP et al. (2004)¹⁴² ha propuesto para el Valle del Cauca unas figuras de conservación de acuerdo a los objetivos específicos (Tabla 35).

Tabla 35 Objetivos Generales y Específicos de Conservación y sus Posibles Figuras de Conservación.

Objetivos Generales de Conservación	Objetivos Específicos de Conservación	Figuras Posibles de Conservación
1. Asegurar la <u>continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica</u>	1.1 Preservar en su estado natural de muestras que representen en su integridad los ecosistemas o combinaciones de los ecosistemas del país	1.Parque Natural Regional 2.Reserva Forestal Protectora
	1.2. Proteger espacios que son esenciales para la perpetuación de especies silvestres que presentan características particulares de distribución, estatus poblacional, requerimientos de hábitat o endemismo.	1.Reserva de Recursos Naturales 2.Territorio Faunístico
2. Garantizar la <u>oferta natural de bienes y servicios ambientales</u> esenciales para el bienestar humano	2.1. Mantener las coberturas vegetales necesarias, para regular la oferta hídrica, así como para prevenir y controlar la erosión y la sedimentación masivas.	1.Reserva Forestal Protectora-Productora 2.Reserva Forestal Protectora 3.Reserva de Agua
	2.2 Conservar la capacidad productiva de los ecosistemas para el uso sostenible de los recursos de fauna y flora, terrestre y acuática	1.Distrito de Manejo Integrado
	2.3. Proveer espacios naturales para la investigación, el deleite, la recreación y la educación para la conservación.	1.Paisaje Protegido o Área Recreativa Urbana o Rural
3. Garantizar la <u>permanencia del medio natural, o de algunos de sus componentes, como fundamento para el mantenimiento de la diversidad cultural del país</u> y de la valoración social de la naturaleza.	3.1. Conservar vestigios arqueológicos, y sitios de valor histórico y cultural asociados a ecosistemas naturales	1.Reservas Naturales Especiales

¹⁴² SIDAP, Fundación Trópico y CVC. (2004). Construcción Colectiva del Sistema de Áreas Protegidas del Valle: Propuesta de Categorías de Áreas Protegidas para el Valle del Cauca y sus Directrices de Manejo. Cali. Colombia. 90 p.

Después de recopilar toda la información del Humedal El Cocal , se llevó a cabo una ponderación numérica para la definición de objetivos tanto generales como específicos. En el caso de los específicos, se sumaron el número de criterios dentro de cada objetivo específico y se dividió por el total de criterios en el mismo. Esto arrojó un valor numérico que permitió comparar todos los objetivos específicos del cuadro, para determinar cuál presenta mayor importancia y de esta forma tomarlo en cuenta especialmente para la selección de la categoría de área protegida.

Para definir el objetivo general de conservación, se sumaron todos los criterios incluidos dentro del objetivo bajo evaluación y se dividió por el número total de criterios de ese mismo objetivo general. En todos los casos, como se habla de una ponderación, el máximo valor que se puede obtener es de uno.

Los valores obtenidos en la matriz de objetivos generales y específicos de conservación se muestran en el Tabla 36. El objetivo general de conservación es el Número 1, *“Asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica”* con un valor de 0.82. El objetivo específico con valor más alto fue el 1.1 (*“Preservar en su estado natural de muestras que representen en su integridad los ecosistemas o combinaciones de los ecosistemas del país”*) cumpliendo con un valor de 1 (uno) el más alto posible. Este hecho tiene implicaciones claras para la categoría legal de área protegida que tiene el Humedal El Cocal y su cuenca de captación y la formulación del plan de manejo. Ya que este objetivo se concibe como el que debe generar acciones de conservación más estrictas, la categoría legal de protección debe ser por definición estricta.

7.2 OBJETIVOS OPERACIONALES

7.2.1 Objetivos Generales

Contribuir a la conservación y restauración de los ecosistemas de la cuenca de captación del humedal El Cocal

7.2.2 Objetivos Específicos

- Contribuir al conocimiento del balance hídrico en este ecosistema.
- Restricción y reglamentación del uso del recurso hídrico.
- Reducir y controlar las entradas de contaminantes al humedal.
- Reforestación con especies nativas.
- Implementación de un programa de monitoreo de la calidad del agua.
- Protección y recuperación de hábitat de valor significativo dentro del ecosistema.

Tabla 36 Objetivos de Conservación Para el Humedal El Cocal y su Área de Captación

OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN	OBJETIVOS ESPECIFICOS A CUMPLIR POR LAS AREAS PROTEGIDAS	CRITERIOS	CUMPLE	PONDER OBJ ESPEC	PONDER OBJ GRAL	LOCALIDAD	OBSERVACIONES	
I. Asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y el flujo genético necesario para preservar la diversidad biológica	1.1 Preservar en su estado natural de muestras que representen en su integridad los ecosistemas o combinaciones de los ecosistemas del país	1.1.1 Ecosistema con baja representatividad ecosistémica a nivel nacional y/o regional y/o alto grado de complementariedad y/o alto grado de irremplazabilidad	SI	1		Area lagunar , zona de regeneración Bosque Seco Tropical; Guaduales; Bosque de Galería, Qda. Negritos	El humedal El Cocal es una extensión natural de la Laguna de Sonso	
		1.1.2 Presencia de ecotonos (áreas de transición entre dos ecosistemas)	SI			La Isla (14,2 Ha),		
		1.1.3 Mas de un ecosistema dentro del area considerada	SI			Cuenca de captación (2795 Ha)	Bosque Seco Tropical, Bosque Sub-andino de la Reserva Bosque de Yotoco	
		1.1.4 Areas con ecosistema natural continuo, poco o nada fragmentado, con conexión a parches de hábitat cercanos y/o grado de aislamiento bajo con otros parches. (depende del 1.1.1)	SI			Bosque de Galería, Qda. Negritos, Franja protectora del humedal y el Río Cauca	Relicto de Bosque Seco Tropical de aprox. 5 Ha en la quebrada Negritos	
		1.1.5 El fragmento de bosque (o ecosistema natural) presenta una forma de parche redondeada (aprox) que disminuye el efecto de borde (depende del 1.1.1)	SI			La isla y la quebrada Negritos	Hace parte del complejo de humedales del Alto Río Cauca	
	1.2. Proteger espacios que son esenciales para la perpetuación de especies silvestres que presentan características particulares de distribución, estatus poblacional, requerimientos de hábitat o endemismo.	1.2.1 Presencia de alguna especie clasificada como "en peligro crítico (CR)" por la IUCN	NO	0,67	0,82			
		1.2.2 Presencia de alguna especie clasificada como "en peligro (EN)" por la IUCN	SI			Canales de riego en la Hacienda Hatoviejo	Pato Rojo	
		1.2.3 Presencia de alguna especie clasificada como "vulnerables (VU)" por la IUCN	SI			Bosque de Galería	Palma Zancaona (<i>Syagrus sancona</i>)	
		1.2.4 Presencia de alguna especie clasificada como "casi amenazado (NT)" por la IUCN	NO					
		1.2.5. Especies no amenazadas pero con tendencias a la declinación en las poblaciones o especies raras, especies endémicas o casi endémicas o presencia de especies taxonómicamente únicas (especies no incluidas en los criterios anteriores), especies priorizadas por la CVC, especies Cites I, II.	SI			Madrevejia, Cuenca de captación	Chiguero (<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>), Yaguaroundi (<i>Felis yagouaroundi</i>), Tortura Bache (<i>Chelydra serpentina</i>), Rana Arborea (<i>Hyla colombiana</i>), Iguana Verde (<i>Iguana iguana</i>) en Listado de CVC. Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>), chamburo (<i>Erythrina fusca</i>), higuero (<i>Ficus glabrata</i>), manto (<i>Laetia americana</i>), sauce (<i>Salix humboldtiana</i>), samán (<i>Pithecellobium saman</i>) y caimito morado (<i>Chrysophyllum caimito</i>). Corozo de Puerto (<i>Attalea Butyracea</i>) catalogada por la IUCN como LC o preocupación menor	
	1.2.6. Presencia de sitios con concentración de especies migratorias o residentes para reproducirse, alimentarse o descansar	SI	Habitats acuáticos: madreveja, río Cauca	Reinita tropical (<i>Hirundo rustica</i>), ibis pico de hoz (<i>Plegadis falcinellus</i>), pato careto (<i>Anas discors</i>), andarríos maculado (<i>Actitis macularia</i>), andarríos (<i>Tringa flavipes</i>), andarríos solitario (<i>Tringa solitaria</i>), reinita amarilla (<i>Dendroica petechia</i>), águila pescadora (<i>Pandion haliaetus</i>) y el soldadito (<i>Sturnella militaris</i>).				
	II. Garantizar la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano.	2.1. Mantener las coberturas vegetales necesarias, para regular la oferta hídrica, así como para prevenir y controlar la erosión y la sedimentación masivas.	2.1.1. Presencia de nacimientos de ríos de los cuales depende el suministro para consumo de comunidades humanas	SI	0,75		Quebrada Negritos	Fuente: personal de CVC, DAR Buga.
			2.1.2. Existencia de áreas con cobertura vegetal nativa que evitan o disminuyen los deslizamientos o inundaciones	SI			Cuenca de captación en el pie de monte	Ver: Foto Mosaico
			2.1.3 Existencia de humedales o cuerpos de agua que evitan o disminuyen la posibilidad de presentarse inundaciones.	SI			Hacienda Hatoviejo (Humedal El Cocal y Basines). Cuenca de captación (Humedal Maizena).	Ver: Foto Mosaico
			2.1.4. Sistemas hidrológicos de donde se obtiene el agua para generación de energía eléctrica	NO				
2.2 Conservar la capacidad productiva de los ecosistemas para el uso sostenible de los recursos de fauna y flora, terrestre y acuática		2.2.1 Existencia de patrones de uso de la tierra diferentes dentro del área considerada (presencia de áreas de conservación adelfas a sistemas de producción)	SI	0,86	0,67	Paralelo a la quebrada Negritos (ganadería extensiva). Hacienda Hatoviejo (ganadería y caña de azúcar alrededor del humedal El Cocal)	Existen cercos para aislar los ecosistemas en gran parte	
		2.2.2 Presencia de modelos silvopastoriles o agroforestales compatibles con el medio natural	SI			Pie de monte en la cuenca de captación y Hacienda Hatoviejo		
		2.2.3. Presencia de especies vegetales silvestres relacionadas con la agricultura y la silvicultura	SI			Potrerros y linderos	Chamburos (<i>Erythrina fusca</i>)	
		2.2.4. Especies medicinales con potencial farmacológico.	NO					
		2.2.5. Presencia de áreas o especies que suministran servicios ambientales relacionados directamente con la productividad agrícola (secuestro de carbono, control biológico, incremento en productividad del suelo)	SI			Cuenca de captación. Madrevejia.	33.3% de la cuenca de captación tiene presencia de bosques que secuestran CO2. Las macrofitas presentan un control químico.	
		2.2.6. Existencia de humedales o bosques naturales que suministran recursos para las comunidades humanas o especies con potencial de uso o para la domesticación	SI			Madrevejia	Cacería furtiva de iguanas, chigueros, tortuga bache y pesca en los canales de drenaje.	
		2.2.7. Existencia de sitios que proveen protección en alguna etapa el ciclo de vida de especies importantes para el hombre	SI			Area lagunar del humedal	Chiguero (<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>) y Tortura Bache (<i>Chelydra serpentina</i>)	
2.3. Proveer espacios naturales para la investigación, el deleite, la recreación y la educación para la conservación.		2.3.1. Existencia de algún programa de investigación a largo plazo en el área	SI	0,25		Humedal El Cocal	Monitoreo de Rana Toro en humedales del Valle del Cauca.	
		2.3.2. Presencia de sitios con facilidades para la recreación, el turismo y la educación ambiental en áreas naturales	NO					
		2.3.3. Areas donde se presenten rasgos geofísicos de gran valor científico, estético o recreativo	NO					
		2.3.4 Presencia de humedales o sitios con cobertura arbórea dentro de la zona urbana y suburbana, que promuevan la presencia de las aves.	NO					
III. Garantizar la permanencia del medio natural como fundamento de la integridad y supervivencia de las culturas tradicionales	3.1. Conservar vestigios arqueológicos, y sitios de valor histórico y cultural asociados a ecosistemas naturales	3.1.1. Existencia de sistemas boscosos, no boscosos o humedales asociados a la cosmogonía de alguna cultura ancestral	NO	0,0	0,0			
		3.1.2. Presencia de grupos étnicos que mantengan patrones culturales de uso sostenible de los recursos naturales en áreas de importancia para la biodiversidad.	NO					
		3.1.3. Presencia de valores históricos o relictos arqueológicos, o muestras de culturas antepasadas asociados a ecosistemas naturales de importancia desde el punto de vista de su biodiversidad.	NO					
		3.1.4 Presencia de especies asociadas a sistemas de conocimiento tradicional	NO					

7.3 PROGRAMAS DE ACCIÓN Y OBJETIVOS OPERACIONALES

Los programas se desarrollaron con base en la problemática identificada, su evaluación y los aportes realizados con la asociación de pescadores, dueños de la hacienda, personal del Ingenio Pichichí y la autoridad ambiental durante el desarrollo del plan a partir de los talleres, zonificación, reuniones técnicas y concertaciones. Estos están articulados y coherentes de acuerdo con las estrategias programáticas propuestas en la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia. En la Figura 39 se presentan los 4 programas propuestos que sintetizan la futura gestión en este humedal; estos programas no son líneas fijas y terminadas, sino que por el contrario obedecen a un proceso de retroalimentación en el cual deben participar de manera comprometida la CVC, los dueños del predio, el Ingenio Pichichí y la asociación de pescadores.

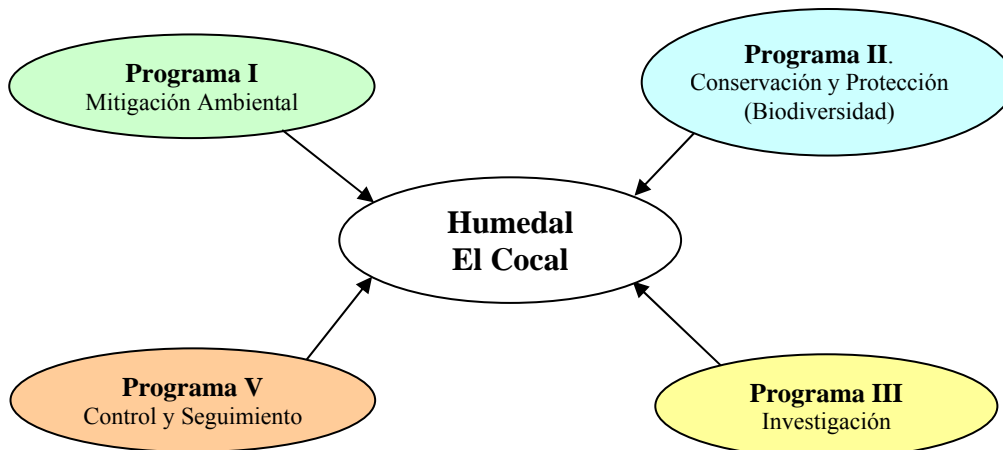


Figura 39. Programas de Acción para el Plan de Manejo Ambiental del Humedal El Cocal

De acuerdo con los lineamientos del el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006)¹⁴³ se ha señalado un término máximo de diez años para la realización de los programas pertinentes al plan, plazo dentro del cual se han establecido los siguientes períodos de ejecución de los proyectos: de 1 a 3 años se consideran de corto plazo; de 4 a 6 años de mediano plazo; y de 7 a 10 años los proyectos a largo plazo.

¹⁴³ Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0196 del 1 de Febrero de 2006. República de Colombia. 36 p.

7.3.1 Programa I. Mitigación Ambiental

7.3.1.1 Proyecto 1. Manejo de Producción Limpia del Cultivo de la Caña de Azúcar

Justificación

El sector azucarero de acuerdo con las políticas de gobierno, propuestas en la Ley 99 de 1993, concertó un convenio de producción limpia, acordando una metodología de trabajo en las actividades de manejo ambiental para alcanzar un desarrollo sostenible de forma gradual, eficiente, económicamente viable y que no perjudicara su productividad.

En el desarrollo del presente trabajo, enfocado hacia el manejo del Humedal El Cocal, se encontró un impacto del manejo del cultivo de la caña de azúcar en la suerte 1, puesto que está una zona de basin sometida a inundaciones periódicas que hace que el cultivo tenga una cosecha más larga de lo normal (aproximadamente de 14 meses); y no existe una barrera física que la separa del humedal, por lo que la escorrentía de esta suerte va directamente al ecosistema enriqueciendolo de nutrientes.

Objetivo General

Contribuir a la conservación del Humedal El Cocal mediante prácticas de producción limpia del cultivo de la caña de azúcar en la Hacienda Hatoviejo.

Objetivos Específicos

- Evaluar la rentabilidad del cultivo de la caña de azúcar de la suerte 1 de la Hacienda Hatoviejo.
- Implementar prácticas de producción limpia para el cultivo de la caña de azúcar en la Hacienda Hatoviejo.
- Implementar un colector de riego que bordee la madreveja.

Meta

Implementación de prácticas de producción limpia para el cultivo de la caña de azúcar en la Hacienda Hatoviejo, con especial énfasis de la suerte 1

Acciones

- Estudio de rentabilidad de la producción de caña en la suerte 1 de la Hacienda Hatoviejo.
- Adecuación de colector de aguas de riego de la suerte 1 de la Hacienda Hatoviejo.

Indicadores

- Carta de compromiso del Ingenio Pichichí para seguir prácticas de producción limpia en la Hacienda Hatoviejo.
- Estudio de rentabilidad.
- Colector de la suerte 1 adecuado.

Responsables

Ingenio Pichichí

CVC
Asesor Ambiental

Tiempo de Ejecución

1 año

7.3.1.2 Proyecto 2. Mejoramiento en las Prácticas de la Producción de Ganado

Justificación

Las inadecuadas prácticas de pastoreo alrededor de fuentes superficiales han conllevado a un deterioro progresivo de los recursos naturales debido a la contaminación por coliformes totales y fecales de las fuentes hídricas. Es así como el Humedal El Cocal, ecosistema que no recibe aguas residuales, se encuentra con altos niveles de contaminación por heces fecales debido a la entrada directa del ganado al humedal y basines por no tener el adecuado aislamiento y conocimiento del impacto que esta práctica ocasiona sobre el ecosistemas.

Objetivo General

Diminución del impacto de la práctica ganadera en la contaminación por materia orgánica en el Humedal El Cocal.

Objetivos Específicos

- Implementación de adecuadas prácticas de pastoreo en la Hacienda Hatoviejo.
- Evaluación del impacto de las prácticas de pastoreo sobre la contaminación por coliformes en el Humedal El Cocal.

Meta

Disminución de la contaminación del Humedal El Cocal en términos de coliformes totales y fecales.

Acciones

- Aislamiento de la madre vieja.
- Restricción de pastoreo de ganado en basines, área lagunar del humedal y cerca de canales de riego.
- Monitoreos quincenales de coliformes totales y fecales en el espejo lagunar.
- Análisis e interpretación de los resultados de los monitoreos.

Indicadores

- Aislamiento.
- Cuantificación de coliformes totales y fecales.

Responsables

Dueños de la Hacienda Hatoviejo
CVC

Tiempo de Ejecución

1 año

7.3.1.3 Proyecto 3. Impacto de la Limpieza de Macrófitas en la Calidad del Agua en el Humedal El Cocal

Justificación

El Humedal El cocal presenta un nivel de oxígeno disuelto de 1.13 mg/l, nivel muy por debajo del límite establecido en el Decreto 1594 de 1984 para conservación de flora y fauna en 3.0 mg/l. Este nivel de oxígeno impide el establecimiento de especies que necesitan oxígeno para sobrevivir, razón por la que se pretende evaluar si la limpieza del humedal ayuda al establecimiento de fitoplancton que contribuyan a aumentar la cantidad de oxígeno en este humedal y en general a mejorar la calidad del agua en este ecosistema.

Objetivo General

Seguimiento de la calidad del agua en el humedal con el fin de identificar y cuantificar los cambios en este ecosistema.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las especies de zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados para determinar su estado como bioindicadores de agua.
- Determinar la influencia de la limpieza de macrofitas en la calidad del agua de la madreveja.
- Caracterizar la calidad del agua del humedal

Meta

Identificar el efecto de la limpieza sobre la calidad del agua del humedal

Acciones

- Limpieza de las macrófitas en el brazo occidental de la madreveja.
- Restricción de las macrófitas en el espejo lagunar que se limpie.
- Muestreos mensuales de zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados en dos puntos sobre el área despejada del humedal.
- Muestreos quincenales de calidad del agua de pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos, conductividad específica, clorofila-a, profundidad de disco secchi y nitrógeno y fósforo total en 1 punto de muestreo.
- Análisis e interpretación de los monitoreos.

Indicadores

- Proporción de espejo lagunar despejado.
- Registros de zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados.

- Registros de pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos, conductividad específica, clorofila-a, profundidad de disco secchi y nitrógeno y fósforo total.
- Índices de calidad

Responsables

CVC

Contratista

Tiempo de Ejecución

1 año

7.3.1.4 Proyecto 4. Recuperación de la Cobertura del Área Protectora del Humedal El Cocal y el Río Cauca

Justificación

Actualmente el ecosistema se encuentra deteriorado debido al desequilibrio ecológico causado por la implementación del uso inadecuado de los recursos forestales para el establecimiento de pastos para ganadería y el cultivo agrícola. Esto trae como consecuencia un efecto negativo porque se disminuye el flujo de energía y materia.

Pensando en el desarrollo sostenible de este ecosistema, se propone este proyecto como alternativa para contribuir a la recuperación de vegetación nativa, al proponer la siembra de plantas tolerantes a las condiciones de humedad producida por las cotas máximas de agua en este humedal.

Objetivo General

Recuperar la cobertura vegetal arbórea de la ronda de este humedal.

Objetivos Específicos

- Reforestación del área protectora del humedal.
- Contribuir al mejoramiento de la calidad del agua

Meta

Mejorar la calidad del agua del humedal El Cocal

Acciones

- Reforestación con especies nativas en el área de amortiguación del humedal.

Indicadores

- Número de árboles sembrados

Tiempo de Ejecución

1 año

7.3.2 Programa II. Conservación y Protección de Especies Focales y Sombrilla en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal

7.3.2.1 Proyecto 1. Evaluación del Corredor Biológico de las Quebradas Negritos y Las Minas

Justificación

La pérdida de la diversidad biológica por medio de la destrucción de especies, de ecosistemas y particularmente de la vegetación, trae como consecuencia un cambio en la estructura, funcionamiento y forma de los paisajes naturales. La fragmentación de la cobertura vegetal original de los ecosistemas, es uno de los síntomas más relevantes de la pérdida de la biodiversidad.

La riqueza florística y faunística que se presentan alrededor de los cursos agua, que al atravesar paisajes en algunos casos diferentes, es consecuencia de la conectividad que se produce alrededor de los corredores fluviales como son los ríos y quebradas, por lo que se convierten en los colectores naturales de todos los procesos que se originan en dichos ambientes.

La conexión entre áreas que sirven para el traslado de especies animales o vegetales, o los corredores biológicos son una salvaguarda de la vida, constituyéndose así en el seguro de supervivencia de algunas especies animales y de la flora que esas especies son capaces de transplantar.

Es así como un profundo conocimiento técnico-científico de las características y funcionamiento de los corredores es básico para el manejo integrado y sustentable de los mismos, y la investigación científica es básica para el entendimiento del funcionamiento y características de todo corredor, y por lo tanto su análisis servirá para la gestión integrada del mismo.

Objetivo General

Evaluar el corredor biológico de las quebradas Negritos y Las Minas en la cuenca de captación del Humedal El Cocal.

Objetivos Específicos

- Evaluar la conectividad del corredor biológico.
- Determinación del potencial de establecer el corredor biológico.

Meta

Evaluación del corredor biológico de las quebradas Negritos y Las Minas.

Acciones

- Inventarios de flora
- Inventario de fauna.
- Generación de cartografía.

- Informe de inventarios

Indicadores

- Número de especies encontradas de flora.
- Número de especies encontradas de fauna.
- Número de especies focales y sombrilla de fauna encontradas.
- Cartografía.

Responsables

CVC

Asesor Ambiental

Tiempo de Ejecución

1 año

7.3.2.2 Proyecto 2. Fortalecimiento de Objetivos de Conservación a través de Reservas de la Sociedad Civil

Justificación

Las reservas naturales de la sociedad civil (RNSC) se constituyen en un elemento importante para aunar los esfuerzos de conservación que realiza el Estado, pues dinamizan desde lo privado los procesos sobre sistemas municipales, departamentales y regionales de áreas protegidas.

Las Reservas Naturales de la Sociedad Civil es la categoría jurídica establecida por el Estado colombiano para catalogar a las reservas naturales establecidas por propietarios privados de forma voluntaria. Estas áreas se constituyen en un complemento para alcanzar los objetivos de conservación con participación social, pues se involucran temas de conservación como la preservación de sistemas biológicos, la generación de bienes y servicios ambientales, la soberanía y seguridad alimentaria o la construcción de tejido social.

Es así como dada la importancia de conservación del Humedal El Cocal y el Corredor Biológico de las quebradas Negritos y Las Minas como parte del complejo de humedales del Alto Río Cauca, se hace necesario aunar esfuerzos para fortalecer los objetivos de conservación por medio de la figura de las Reservas de la Sociedad Civil.

Objetivo General

Consolidación de Reservas de la Sociedad Civil para el Humedal El Cocal y el Corredor Biológico de las quebradas Negritos y Las Minas.

Objetivos Específicos

- Determinación de categoría de conservación.

- Evaluación de la designación de conservación del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Yotoco.
- Consolidación de las Reservas de la Sociedad Civil

Meta

Declaratoria de conservación e inscripción de las Reservas de la Sociedad Civil

Acciones

- Análisis de la viabilidad jurídica de objetivos de conservación.
- Elaborar propuesta legal para la declaratoria.
- Descripción de los predios.
- Socialización con los propietarios de los predios en la zona de estudio.
- Solicitud de inscripción de las Reservas de la Sociedad Civil

Indicadores

- Declaratoria de conservación
- Inscripción de las Reservas de la Sociedad Civil

Responsables

CVC

Asesor Ambiental

Propietarios

Tiempo de Ejecución

6 meses

7.3.2.3 Proyecto 3. Recuperación del Corredor Biológico de la Quebrada Negritos y Las Minas

Justificación

Una vez se haya confirmado el potencial del corredor de las quebradas Negritos y Las Minas, su funcionamiento y características, además de haber involucrado a los propietarios a la conservación del ecosistema presente en sus predios, se hace urgente recuperar este corredor biológico con miras a lograr una gestión integrada del mismo que conlleve a la conservación de la cuenca de captación del Humedal El Cocal.

Objetivo General

Recuperar el corredor biológico de la quebrada Negritos y Las Minas en la cuenca de captación del Humedal El Cocal.

Objetivos Específicos

- Contribuir a la conservación de los ecosistemas presentes en la cuenca de captación.
- Establecer la conectividad del corredor biológico de las quebradas Negritos y Las Minas.

Meta

Recuperación del corredor biológico de las quebradas Negritos y Las Minas.

Acciones

- Aislamientos
- Resforestación con especies nativas

Indicadores

- Número de especies encontradas de flora.
- Número de especies encontradas de fauna.
- Número de especies focales y sombrilla de fauna encontradas.
- Cartografía.

Responsables

CVC

Asesor Ambiental

Tiempo de Ejecución

1 año

7.3.3 Programa III. Investigación Ambiental

7.3.3.1 Proyecto 1. Plan de Monitoreo Hidrológico en el Humedal El Cocal

Justificación

La hidrología es el factor más importante para el mantenimiento, estructura y funcionamiento de los humedales; esta es el resultado del balance entre las entradas y salidas de agua o lo que se llama como balance hídrico, el contorno del suelo en el humedal y las condiciones subsuperficiales (Mitsch y Gosselink, 1993)¹⁴⁴.

El balance de las entradas y salidas de agua a través de un humedal define la cantidad de agua almacenada en el humedal y las fluctuaciones del nivel están asociados a la morfología del humedal y al régimen hidrológico de la cuenca, así como a las condiciones estacionales, frecuencia y duración de las inundaciones del suelo (hidroperíodos del humedal).

Cambios en la hidrología de los humedales pueden afectar o cambiar las propiedades físicas y químicas como disponibilidad de nutrientes, salinidad del suelo, propiedades en los sedimentos, cambios en el pH, etc, lo que implica un cambio directo en la biota del sistema, ocasionando cambios en la composición y riqueza de especies y en la productividad.

¹⁴⁴ Mitsch, W.J. y Gosselink, J.G. (1993). Wetlands. 2da Edición. Van Nostrand Reinhold – VNR. New York. 723 p.

Uno de los mayores problemas que afrontan hoy en día los humedales es la alteración de la dinámica hídrica debido a las diferentes actividades humanas, principalmente para uso del suelo en ganadería y agricultura, y al poco entendimiento del funcionamiento hídrico del mismo.

Objetivo General

Contribuir al conocimiento del balance hídrico en el Humedal El Cocal

Objetivos Específicos

- Evaluar el aporte de aguas subterráneas al balance hídrico del humedal como sistema de control.
- Identificar y cuantificar el sentido de flujo del canal de comunicación del humedal y canales de riego.
- Evaluar la incidencia del río Cauca en términos de niveles al Humedal El Cocal

Meta

Generar el balance hídrico con un Δt de 8 días del humedal

Acciones

- Instalación de 12 freatómetros alrededor del humedal.
- Monitoreo semanales de niveles de agua subterránea.
- Instalación de una estructura de aforo en el canal de comunicación entre el humedal y el canal principal de riego.
- Cuantificación semanal de caudal en la compuerta de conexión entre el canal de riego y el humedal.
- Monitoreo diario de la mira instalada en el cuerpo lagunar del humedal.
- Análisis e interpretación de los monitoreos.

Indicadores

- Número de freatómetros instalados y monitoreados
- Registros de nivel de los freatómetros
- Registros de caudal de entrada al humedal por la compuerta.
- Registros de nivel del canal de conexión con el humedal.

Responsables

Ingenio Pichichí
CVC
Asesor Ambiental

Tiempo de Ejecución

1 año

7.3.3.2 Proyecto 2. Evaluación de Metales Pesados en el Humedal El Cocal

Justificación

De acuerdo con el estudio de Gishler (2005)¹⁴⁵ de vías de migración de metales pesados hacia la Laguna de Sonso y la interacción directa e indirecta con los principales actores de la Laguna y el río Cauca, donde se realizaron análisis de cromo, plomo, mercurio y aluminio en agua, sedimentos y 4 especies de fauna (tilapia, corroncho, guramis y caracoles). Se encontraron los focos de contaminación por metales pesados corresponden al complejo industrial de Yumbo, Cali y Palmira, y las curtiembres de Cerrito, y se detectaron niveles de cromo y plomo por encima los límites establecidos por la EPA.

El río Cauca tiene conexión indirecta con el Humedal El Cocal y en algunos casos directamente con algunas madrevejas de la zona, teniendo en cuenta los niveles de metales que están migrando por el río Cauca, se plantea un monitoreo de metales pesados en este humedal en sedimentos y macrófitas.

Objetivo General

Investigar si este humedal presenta acumulación de metales pesados (cadmio, plomo, cromo y mercurio) en sedimentos y macrófitas.

Meta

Determinar el grado de acumulación de metales pesados en sedimentos y macrófitas en el Humedal El Cocal.

Acciones

- Monitoreo de metales pesados (cadmio, plomo, cromo, y mercurio) en sedimentos en tres puntos de muestreo.
- Monitoreo de metales pesados (cadmio, plomo, cromo, y mercurio) en macrófitas en dos puntos de muestreo.
- Análisis e interpretación de los monitoreos.

Indicadores

- Registros de muestreos.

Responsables

CVC

Asesor Ambiental

Tiempo de Ejecución

2 meses

¹⁴⁵ Gishler, C. (2005). Pathways of Heavy Metals and Implications for Stakeholders, Sonso Lagoon, Colombia. TRITA-LWR Master Thesis 05-13. KTH Architecture and the Built Environment. Suecia. 76 p.

7.3.3.3 Proyecto 3. Inventario Sistemático de Macrófitas

Justificación

Determinar la línea base de las diferentes especies de las macrófitas y tener un seguimiento de sucesión a través del tiempo en aguas duras de origen subterráneo.

Objetivo General

Establecer la línea base del estado de sucesión de la madreveja El Cocal.

Objetivos Específicos

- Caracterización de plantas macrófitas adaptadas a aguas duras.
- Evaluación de la sucesión de macrófitas en este humedal.

Meta

Determinación de la sucesión de plantas macrofitas de aguas de origen subterráneo.

Acciones

- Inventario sistemático con archivo fotográfico de macrófitas.
- Análisis y evaluación.

Indicadores

- Registros de muestreos

Responsables

CVC

Asesor Ambiental

7.3.4 Programa V. Seguimiento y Control

7.3.4.1 Proyecto 1. Monitoreo y Control de la Calidad del Agua en el Humedal El Cocal

Justificación

En el contexto de la planificación del manejo, el monitoreo y su evaluación indican la eficacia de la planificación realizada, es así como se hace prioritario tener una continuidad en el tiempo del monitoreo y análisis de calidad del agua en los puntos de medición establecidos en el presente documento con el fin de identificar y manejar todo cambio en las características del sitio.

Objetivo General

Seguimiento de la calidad del agua en el humedal para identificar y cuantificar los cambios en este ecosistema.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las especies de zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados.

- Caracterizar la calidad del agua del humedal

Meta

Caracterización semestral por condición estacional de zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados, y calidad del agua en el Humedal El Cocal.

Acciones

- Muestreos semestrales de zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados en tres puntos sobre el humedal.
- Muestreos semestrales de calidad del agua de pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos, conductividad específica, clorofila-a, profundidad de disco secchi y nitrógeno y fósforo total en 3 puntos de muestreo (carretera panorama, espejo lagunar y estación de bombeo 1) establecidos en el presente estudio.
- Análisis e interpretación de los monitoreos.

Indicadores

- Registros de zooplancton, fitoplancton y macroinvertebrados
- Registros de pH, temperatura, turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos, conductividad específica, clorofila-a, profundidad de disco secchi y nitrógeno y fósforo total.
- Número de puntos monitoreados por fecha de muestro
- Índices de calidad

Responsables

CVC

Contratista

7.3.4.2 Proyecto 1. Monitoreo de Fauna y Flora en el Humedal El Cocal

Justificación

Al igual que el proyecto anterior debe realizarse un monitoreo de fauna y flora periódico con el fin de identificar y manejar los cambios en las características ecológicas del sitio.

Objetivo General

Evaluación de fauna y flora para identificar y cuantificar los cambios en este ecosistema.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las especies focales de fauna en el humedal.
- Caracterizar las especies de flora en el humedal

Meta

Caracterización anual de fauna y flora en el Humedal El Cocal.

Acciones

- Muestréos anuales de especies focales fauna y flora en el humedal.
- Análisis e interpretación de los monitoreos.

Indicadores

- Registros de especies encontradas.
- Índices de biodiversidad

Responsables

CVC

Contratista

7.4 RESUMEN DEL PLAN DE ACCION

En la Tabla 37 se presenta un resumen de los programas y proyectos, con sus respectivos costos y prioridades, con el fin de alcanzar los objetivos de uso racional y conservación del Humedal El Cocal. Es de resaltar que los proyectos del programa de Seguimiento y Control, son proyectos que debe realizarse en el tiempo y el costo estipulado corresponde al costo del valor neto presente, y es de suprema importancia realizar estos proyectos para poder determinar si las medidas implementadas han sido eficaces.

Tabla 37 Resumen del Plan de Acción

<i>Programa</i>	<i>Proyecto</i>	<i>Duración (meses)</i>	<i>Costos (\$)</i>	<i>Prioridad</i>
<i>Mitigación Ambiental</i>	<i>1. Manejo de Producción Limpia del Cultivo de la Caña de Azúcar</i>	<i>12</i>	<i>5.000.000</i>	1
	<i>2. Mejoramiento en las Prácticas de la Producción de Ganado</i>	<i>12</i>	<i>15.000.000</i>	1
	<i>3. Impacto de la Limpieza de Macrófitas en la Calidad del Agua en el Humedal El Cocal</i>	<i>12</i>	<i>15.505.396</i>	1
	<i>4. Recuperación de la Cobertura del Área Protectora del Humedal El Cocal y Río Cauca</i>	<i>12</i>	<i>9.000.000</i>	1
<i>Conservación y Protección de Especies Focales y Sombrilla en la Cuenca de Captación del Humedal El Cocal</i>	<i>1. Evaluación del Corredor Biológico de la Quebrada Negritos</i>	<i>12</i>	<i>12.000.000</i>	1
	<i>2. Fortalecimiento de Objetivos de Conservación a través de Reservas de la Sociedad Civil</i>	<i>6</i>	<i>7.000.000</i>	1
	<i>3. Recuperación del Corredor Biológico de la Quebrada Negritos</i>	<i>12</i>	<i>38.000.000</i>	1
<i>Investigación Ambiental</i>	<i>1. Plan de Monitoreo Hidrológico en el Humedal El Cocal (Freatímetros)</i>	<i>12</i>	<i>10.000.000</i>	2
	<i>2. Evaluación de Metales Pesados en el Humedal El Cocal</i>	<i>2</i>	<i>3.000.000</i>	2
	<i>3. Inventario Sistemático de Macrófitas</i>	<i>2</i>	<i>2.000.000</i>	2
<i>Seguimiento y Control</i>	<i>1. Monitoreo y Control Calidad del Agua</i>		<i>4.700.000</i>	1
	<i>2. Monitoreo de Fauna y Flora</i>		<i>2.000.000</i>	1

8 CONCLUSIONES

El humedal hace parte del complejo de humedales del Valle Geográfico del Río Cauca, por tanto es un ecosistema importante que sirve como albergue de fauna migratoria y nativa, que si bien conserva sus condiciones de humedal es necesario que se haga un plan de recuperación de su espejo lagunar.

La importancia de la madreveja es innegable y su conservación tiene alta receptividad entre la comunidad de pescadores que derivan su sustento de la pesca en todo el complejo de humedales. Como madreveja palustre emergente se constituye en un refugio natural para dos especies amenazadas como son el chiguiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y la tortuga bache (*Chelydra serpentina*), el cual su sobrevivencia está en peligro por la cacería furtiva.

La construcción de la represa Salvajina modificó el régimen natural del río Cauca manifestado en los aumentos de niveles en la época de verano y la disminución de los mismos en la época de invierno, por lo que se ha disminuido las frecuencias de desbordamientos del río Cauca y la inundaciones de las planicies adyacente. Aunque en la estación Mediacanoa los caudales a banca lenas (456 m³/s) muestran que la frecuencia del caudal de desbordamiento es de 0.46 años.

La evaluación batimétrica mostró que este humedal presenta en la margen derecha (brazo oriental) profundidades de hasta 6 m para la fecha del levantamiento (noviembre de 2005), con una cobertura total de plantas flotantes.

La evaluación hidrobiológica mostró que El Cocal es un ecosistema eutrófico, muy productivo de acuerdo a las clases fitoplanctónicas (Bacillariophyceae, Cyanophytaceae, Chrysophytaceae y Chlorophyceae), diversidad de zooplankton (Rotíferos y Cladóceros) y macroinvertebrados acuáticos (*Anodontites* y *Chironomus*) que son organismos indicadores de aguas eutroficadas.

La presencia de especies del género *Staurostrum* indica que el agua de este ecosistema presenta una dureza muy alta y un sistema muy productivo, como lo confirmaron los registros de calidad de agua, donde se encontró un promedio de 200 mg/l de CaCO₃ representado aguas duras debido a la presencia de bicarbonatos presentes en la columna de agua.

En el tramo de Hormiguero – Mediacanoa sobre el río Cauca corresponde al tramo más contaminado por materia orgánica como lo demuestra los altos niveles de DBO₅ y condiciones puntuales anóxicas (0.0 mg/l) en términos de oxígeno disuelto, presentándose bioindicadores tolerantes a este tipo de aguas en las orillas de ambas margenes del río Cauca en este tramos como es el maroinvertebrado *Tubifex*, o lombrices rojas que forma colchones con este tipo de coloración.

Los índices de calidad del agua evaluados en el Humedal El Cocal muestran que este es un ecosistema mala e inadecuada calidad, pero de acuerdo a las evaluaciones para Uso Agrícola y

Pecuario se puede utilizar en la mayoría de los cultivos. Mientras que los índices de contaminación mostraron que existe una muy alta contaminación por minerales y una mediana contaminación por materia orgánica.

El Cocal es un humedal limitado por fósforo y que de acuerdo a los niveles de fósforo y profundidad del disco Secchi se cataloga como un sistema hipereutrofico, confirmando lo mencionado y lo encontrado con los demás componentes.

Los conflictos en este humedal se debe principalmente a la accesibilidad del mismo por parte de la población para su utilización en pesca, pero teniendo en cuentas las características físicoquímicas de la madreveja y que aunque las concentraciones de turbiedad y sólidos suspendidos no interfieren con la probabilidad de desarrollo de ictiofauna, son los niveles de oxígeno disuelto los que impiden el libre crecimiento de fauna íctica autóctona de la zona; por lo que este humedal no ofrece una oferta ambiental en términos de pesca.

El uso del suelo actual del suelo en la Hacienda Hatoviejo representada por el cultivo de la caña de azúcar y la ganadería semi-intensiva deben estar sujetos a los principios de desarrollo sostenible. Por lo cual se recomienda realizar el estudio hidrológico y cuantificación de aporte de agua al humedal con el fin de determinar un nivel máximo permisible para la extracción de agua para el riego de la suerte 2; y limitar la escorrentía de agua al humedal de la suerte 1. En cuanto al cultivo de ganadería, se sugiere limitar el pastoreo al humedal y en los basines cuando el nivel freático este alto, y continuar con las prácticas silvopastoriles en esta Hacienda.

El riego que se realiza actualmente a la caña de azúcar ocasiona una disminución de 0.45 m en los niveles de la madreveja, lo cual no causan un impacto a la misma. Mientras que la evaluación de la evapotranspiración y la precipitación, implica una disminución de niveles en un año de 0.65m, lo que en total se traduce una disminución en niveles de agua de 1.1 m equivalentes a 118808 m³. Este balance es de un Δt de 1 año y no se tuvo los aportes y/o salidas del agua subterránea y del río Cauca..

En cuanto al grupo de aves se pudieron observar hasta el momento 94 especies de aves pertenecientes a 35 familias, de las cuales 9 son migratorias: como son reinita tropical (*Hirundo rustica*), ibis pico de hoz (*Plegadis falcinellus*), pato careto (*Anas discors*), andarríos maculado (*Actitis macularia*), andarríos (*Tringa flavipes*), andarríos solitario (*Tringa solitaria*), reinita amarilla (*Dendroica petechia*), Aguila pescadora (*Pandion haliaetus*) y el soldadito (*Sturnella militaris*); 2 son exóticas representadas en los pájaro capuchinos (*Lonchura malaca* y *Lonchura atricapilla*); 1 endémica representado por el carpinterito punteado (*Picumnus granadensis*); 1 casi endémica, tångara rastrojera (*Tangara vitreolina*) y 1 especie considerada como especie vulnerable y en peligro de disminución como es el pato colorado (*Anas cyanoptera*).

La diversidad biológica presente en este humedal es natural y similar a la Laguna de Sonso y los humedales cercanos debido a que El Cocal hace parte del complejo de humedales del Alto Cauca, los cuales están condicionados por la calidad del agua y cantidad de espejo lagunar

presente en el mismo, por lo que este humedal debe ser manejado para mantener y mejorar la biodiversidad presente.

Uno de los argumentos para determinar el que una zona sea considerada un refugio importante para la vida silvestre son las especies focales, especies indicadoras de biodiversidad que revisten importancia para una zona de estudio. En este humedal se ha podido observar hasta el momento 20 especies representativas entre endémicas, migratorias y amenazadas. El Carpinterito Punteado (*Picumnus granadensis*) es una de las especies endémicas de Colombia y el Pato Colorado (*Anas cyanoptera*) es una especie en peligro de disminución y se encuentran residentes de acuerdo con las observaciones realizadas en esta madre vieja.

En cuanto al componente íctico es de suprema importancia resaltar la amenaza de la introducción y trasplante de especies icticas exóticas como la tilapia que ha conllevado a un descenso importante en la diversidad de especies, creando un impacto totalmente desfavorable debido al desplazamiento de las especies nativas.

Se recomienda realizar más muestreos con el fin de conocer a fondo todas las posibles especies migratorias que visitan esta zona además de mejorar los análisis de abundancia, diversidad y densidad. Si bien no se considera necesario un despeje total y constante del espejo de agua de la madre vieja sería recomendable seguir manteniendo despejada la porción del espejo de agua que ya lo está, esto con el fin de recuperar y mantener la oferta de hábitat a ciertos grupos de aves mas especialistas y que son de presencia escasa tales como el Águila pescadora (M), el Águila caracolera, los Zambullidores y los Martines pescadores.

Durante el período de realización del presente plan de manejo se tuvo una condición estacional atípica dominado principalmente por una estación de lluvias, lo cual ocasionó un aumento permanente de la lámina de agua en el humedal, razón por la cual los primeros monitoreos de calidad del agua realizados en el mes de septiembre – octubre, aunque fueron realizados con los niveles más bajos registrados en el período de estudio, no se consideran período de verano sino un período de transición entre las dos estaciones climáticas predominantes. Por lo que se recomienda se realicen análisis posteriores correspondientes a la condición climática de verano.

Se recomienda un monitoreo semestral por condición estacional de fauna, flora y calidad del agua en las estaciones implementadas en este estudio, con el fin de realizar un seguimiento y control como parte integrante del manejo y de la planificación del humedal, y para identificar y manejar todo cambio en las características ecológicas del sitio.

Este humedal debe ser visto desde el punto de vista ecosistémico incluyendo su cuenca de captación y teniendo en cuenta que hace parte del complejo de humedales del Alto Río Cauca y que es una extensión natural de la Laguna de Sonso. Por lo que claramente se identifican en su cuenca zonas de conservación y recuperación, así como dos corredores biológicos a través de las quebradas Las Minas y Negritos, que se conectan con el corredor sur-norte del río Cauca y el corredor del río Sonso. Teniendo en cuenta todo esto, se debe fortalecer el estudio de objetivos de conservación que se dejaron planteados en este documento.

9 BIBLIOGRAFÍA

Alberico, M. (1983). Lista anotada de los Mamíferos del Valle. CESPEDESIA, 10 (39-40): 223 – 250.

Alonso A. y, Camargo J.A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. Ecosistemas. 2005/3. ([URL:http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=133&Id_Categoria=2&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=133&Id_Categoria=2&tipo=portada))

Alonso, A. y Camargo, J. A. (2004). Sub-lethal responses of the aquatic snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca) to unionized ammonia: a tolerant invading species. *Fresenius Environmental Bulletin* 13: 607-615.

Arias, L.A. (2000). Caracterización y Recomendaciones para el manejo de las comunidades animales en la Estación Biológica El Vinculo, Municipio de Buga – Valle. CESPEDESIA, 24 (75-78): 69-94

Ayers, R.S y Wescot, D.W. (1994) La calidad del agua en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma.

Baena, L.M. (2004). Estudio Experimental para la Determinación de las Constantes Bénticas en el Río Cauca en el Tramo Salvajina – La Virginia. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. 56 p.

Bolívar, W., Echeverri, J., Reyes, M., Gómez, N., Salazar, M.I., Muñoz, L.A., Velasco, E., Castillo, L.S., Quiceno, M.P., García, R., Pfaffner, A.M., Giraldo, A. y Ruiz, S. L. (2004). Plan de Acción en Biodiversidad del Valle del Cauca: Propuesta Técnica. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. Bogotá. Colombia. 166 p.

Camargo, J. A., Alonso, A. y De la Puente M. (2004). Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. *Environmental Monitoring and Assessment* 96: 233-249.

Carlson, R.E. (1977). A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography*. 22:361-369.

Colón, D. (2004). Presencia de Patos Pijije, Alablanca (*Dendrocygna autumnales*) y Canelo (*D. bicolor*), en Toluca, Estado de México. *Huitzil*: 5: 1-2.

CORANTIOQUIA – Universidad Nacional de Colombia. (2004). Prediagnóstico Físico y Sociocultural Participativo del Estado Ambiental de los Humedales del Magdalena Medio antioqueño, Jurisdicción de Corantioquia. Colombia. Medellín. 187 p.

CVC. (2004). Plan de Accion Trienal 2004 – 2006. Subdirección de Direcccionamiento Estrategico Corporativo. Santiago de Cali. 163 p.

----- (2004a). Propuesta de Categorías de Áreas Protegidas para el Valle del Cauca y sus Directrices de Manejo. Informe de Consultoría presentado por la Fundación Trópico.

CVC. (2003). Plan de Gestión Ambiental Regional del Valle del Cauca 2002-2012: Participación con Compromiso. CVC, Subdirección de Planeación Grupo de Planificación Ambiental. Cali. Colombia. 282 p

CVC. (1990). Comparación de Cobertura de Bosques y Humedales entre 1957 y 1986 con Delimitación de las Comunidades Naturales Críticas en el Valle Geográfico del Río Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Grupo de Gestión Ambiental. Centro de Datos para la Conservación. Cali. Colombia.

CVC. (¿) Fauna Amenazada del Valle del Cauca. Centro de Datos para la Conservación. Cali. Colombia. 8 p.

CVC – Universidad del Valle. (2005). Caracterización y Modelación Matemática del Río Cauca – PMC Fase II: Identificación de Parámetros Críticos en el Río Cauca y sus Principales Tributarios. Cali.

----- (2001). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización del Río Cauca, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen I. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

----- (2001a). Caracterización del Río Cauca: Tramo Salvajina – La Virginia. Proyecto de Modelación del Río Cauca – PMC. Volumen II: Datos y Registros. Santiago de Cali. Colombia.

----- (2001b). Proyecto de Modelos del Río Cauca: Caracterización de la Calidad del Agua y sus Tributarios, Tramo Salvajina – La Virginia. Volumen VI. Valle del Cauca. Cali. Colombia.

DANE. (1993). Base de Datos Estadísticos para Colombia. Formato Excell.

Devia, W. (1995). Platanillos (Heliconia: Heliconiaceae) del Departamento del Valle del Cauca. Primera Edición. Cali. Colombia. 129 p.

Dinius, S.H. (1987). Design of a Index of Water Quality. En: Water Resources Bulletin. Vol 23:5. Pag 833-843

Duque, A.A. (2000). Clasificación y Localización de los Humedales en Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Risaralda. 30 p.

Fundación Entorno - CVC. (2003). Plan de Manejo Madre Vieja Videles. Cali, Colombia. 100 p.

García, A. (2005). Estudio Detallado de Suelos en el Ingenio Pichichí: GTT 1 y 2 – Ingenio Pichichí. Cenicaña. 47 p.

García, A., Bonilla, C.R. y Martínez, J.C. (1992). Contaminación de Aguas para Riego en la Cuenca del Río Cauca. En: Seminario de Manejo Integral de Suelos para una Agricultura Sostenida. Sociedad Colombia de la Ciencia del Suelo. Comité Regional del Valle. Agosto 26 – 28 de 1992. Palmira. Colombia. Pag 67-81.

GEICOL Ltda. - CVC. (2003). Plan de Manejo Integral Madre Vieja Chiquique. Cali. Colombia.

Gischler, C. (2005). Pathways of Heavy Metals and Implications for Stakeholders, Sonso Lagoon, Colombia. TRITA-LWR Master Thesis 05-13. KTH Architecture and the Built Environment. Suecia. 76 p.

Green, A.J.; Figuerola, J. y Sánchez, M.I. (2002). Implications of Waterbird Ecology for the Dispersal of Aquatic Organisms. *Acta Oecologica International Journal of Ecology*. 23: 177 – 189.

Henao-Ramírez, E.J. (2004). Estudio Ambiental de la Madre Vieja La Isla o El Cocal, ubicada en la Vereda de Hatoviejo, Municipio de Yotoco, Departamento del Valle del Cauca. Tesis para optar al título Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. 92 p.

Hernández, M.F. (2005). Estudio de la Calidad del Agua y Estado Trófico de la Laguna de Sonso. Tesis de Maestría para optar al Título de Maestría en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle. 250 p.

Hoback, W.W. y Stanley, D.W. (2001). Insects in Hypoxia. *Journal of Insect Physiology* 47: 533-542.

IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1980). Estudio Semidetallado de Suelos del Valle Geográfico del Río Cauca. Bogota. 582 p.

Instituto Humboldt. (1998). Hacia la Conservación de Los Humedales de Colombia: Bases Científicas y Técnica para una Política Nacional de Humedales. Biosíntesis – Boletín Informativo No 9. Bogotá. Colombia. 4 p.

Instituto Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente y DNP. (1998). Colombia Biodiversidad Siglo XXI. Bogotá. Colombia. 240 p.

Jiménez, H. (1992). Hidrología Básica I. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Departamento de Mecánica de Fluidos y C.T. Área Hidrología Riegos y Drenajes. Cali. Colombia. 187 p.

Larsen, R.E. (¿). Manure Loading into Stream from Direct Fecal Deposits. Fact Sheet No. 25. University of California Cooperative Extensión. California. EEUU. <http://danr.ucop.edu/eccehr/h25.htm> revisado el día 24 de Septiembre de 2005.

León-Vizcaíno, L. (2000). Índices de Calidad del agua (ICA), Forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma –Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. México.

Llamas, M.R. (¿). Explotación de Aguas Subterráneas y Conservación de Ecosistemas. En: Jornadas de Aguas Subterráneas. España. 20 p.

Llanos, C.A. y Llanos, J.P. (2004). Estudio Ambiental de la Ciénaga del Conchal. Tesis de Pregrado para optar al título de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. 105 p

Maldonado-Ocampo, J.A.; Ortega-Lara, A.; Usma O., J.S.; Galvis V., G.; Villa-Navarro, F.A., Vásquez G., L.; Prada- Pedreros, S. y Ardila R., C. (2005) .Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C.- Colombia. 346 p.

Martínez, J.C. (2006). Fertilización Hatoviejo Suertes 1 y 2. Comunicación del Ingenio Pichichí, el 5 de enero de 2006.

Martínez, J.C. (1989). Diagnóstico Preliminar de la Calidad de Aguas para Riego en el Valle del Cauca y su Impacto en la Agricultura. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrícola. Universidad del Valle – Universidad Nacional de Colombia. Plan Integrado de Ingeniería Sanitaria. Palmira. Colombia. 119 p.

Martino, P. (1989). Curso Básico sobre Eutroficación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 69 p.

Mendez, M.D.; Tzintzun, R. y Val Arreola, D. (2000). Evaluación Productiva del Efecto Ambiental y de Problemas Relevantes en Explotaciones Lecheras de Pequeña Escala. Livestock Research for Rural Developmente 12(1).

Miles, W.C. (1973). Estudios Económicos y Ecológicos de los Peces de Agua Dulce del Valle del Cauca. CEPEDESIA No. 2(5).

Ministerio de Agricultura (1984). Decreto 1594 de 1984. Santafé de Bogotá. República de Colombia. 62 p.

Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0196 del 1 de Febrero de 2006. Bogotá. Colombia. 36 p.

Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia: Estrategia para su Conservación y Uso Sostenible. República de Colombia. Santafé de Bogotá. 67 p.

Municipio de Yotoco. (2000). Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT Yotoco 2000 – 2010: Documento Técnico de Soporte. Yotoco, Colombia. 91 p.

Mitsch, W.J. y Gosselink, J.G. (1993). Wetlands. 2da Edición. Van Nostrand Reinhold – VNR. New York. 723 p.

Murgueitio, E. (2003). Impacto Ambiental de la Ganadería de Leche en Colombia y alternativas de Soluciones. Livestock Research for Rural Development 15(10). Febrero 4 de 2006. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/10/murg1510.htm>.

Naranjo, L. G. (2002). *Anas cyanoptera*. En: Libro Rojo de Aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Renjifo, L. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya – Espinel, G. Catan y B. López – Lanas (eds.). Bogotá, Colombia.

----- (1992). Estructura de la Avifauna en un área ganadera en el Valle del Cauca, Colombia. *Caldasia* 17(1): 55 – 66.

Naranjo, L.G: Andrade, G. I. y Ponde de Leon, E. (1999). Humedales Interiores de Colombia: Bases Técnicas para su Conservación y Uso Sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio de Medio Ambiente. Santafé de Bogotá. 78 p.

Olivera, L; Castaño, J.P y Cozzocino, D. (¿). Monitoreo de Aguadas en Sistemas Ganaderos Intensivos mediante la Espectrofotometría de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano – NIRS. Documento WEB mon_cana.pdf. Febrero 3 de 2006.

Ortega, A.F. (2005). Determinación del Área de Actividad y Uso del Hábitat de la Tortuga Bache *Chelydra septentriostris* reintroducida y silvestre en las Madreviejas de La Trozada, Madrigal y La Herradura utilizando Radiotelemetría. Fundación Ecoandina. Cali.colombia. 98 p.

Ortega A., Murillo, O., Pimienta, M.C. y Sterling J.E. (2000). Peces de la cuenca alta del río Cauca. CVC. Subdirección de Patrimonio Ambiental, Grupo Hidrobiología, Cali, Colombia. 68 p.

- Patiño R, A. 1973 Especies de Peces Introducidas al Alto Río Cauca. CESPEDESIA No. 2(5)
- Ponce de León, E. (2003). Estudio Jurídico Sobre Categorías Regionales de Áreas Protegidas. Instituto Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 188 p.
- Prat, N. (1997). Bioindicadores de Calidad de Aguas. En: Bioindicadores Ambientales de Calidad del Agua.
- Quintero-Durán, M. (1993). Interpretación del Análisis de Suelos y Recomendaciones de Fertilizantes para el Cultivo de Caña de Azúcar. Cenicaña. Serie Técnica No 14. 17 p.
- Ramírez J.C., Vásquez, J.L., Navarrete, A.V., Vásquez, C.M. y Orejuela, J.E. (2000). Estado Sucesional de Humedales Madre Viejas Guarínó, Ciénaga La Guinea, Caño El Estero, Laguna Pacheco, Madre Vieja Lili, Madre Vieja, Gota e Leche, Madre Vieja Chiquique, Madre Vieja La Herradura y Lagunas Bocas de Tuluá. localizadas en los Municipios de Cali, Jamundí, Bolívar y Tuluá, Departamento del Valle del Cauca. CVC. Cali. Colombia.
- Ramírez, A y Viña, G. (1998). Criterios de Calidad del agua y su relación con el bentos en el área de influencia del oleoducto Cusiana-Coveñas. Memorias Bioindicadores Ambientales de calidad del agua. Centro de Investigación en control de contaminantes, CICIA. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- República de Colombia. (1994). Ley 165 de 1994. Bogotá. Colombia.
- República de Colombia. (1997). Ley 357 de 1997. Bogotá. Colombia.
- Restrepo, C y Naranjo, L.G. (1987). Recuento Histórico de la Disminución de Humedales y la Desaparición de Aves Acuáticas en el Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia. En: Memorias III Congreso Ornitología Neotropical. Cali. Colombia. P 43 – 45.
- Reyes, M. y Gómez, N. (2005). Determinación de Objetivos de Conservación y Elaboración de un Mapa de Zonificación Preliminar para la Laguna de Sonso. CVC. Cali. Colombia. 33 p.
- Rizo, Y. (1998). Plan de Desarrollo. Municipio de Yotoco. Departamento del Valle del Cauca. Yotoco. 32 p.
- Rodríguez, C. (2002). Residuos Ganaderos. Cursos de Producción Animal I y de Introducción a la Producción Animal. FAV, UNRC.
- Rodríguez, E.E y López, D.F. (2003). Estudio Ambiental del Humedal Yocambo. Tesis de Pregrado para optar al título de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales. Facultad de Ingeniería. Unidad Central del Valle del Cauca. Tuluá. 94 p.

Rojas, (1991). Índices de Calidad del agua en Fuentes de captación. Memorias del Seminario internacional sobre Calidad del agua para consumo. ACODAL-Seccional Valle del Cauca. Cali. Colombia.

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia: Uso del Método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Primera Edición. Medellín. Colombia. 170p.

Roldán, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. 529 p.

Salaman, P.; Cuadros, T; Jaramillo, G.J.G. y Weber, W.H. (2001). Lista de Chequeo de las Aves de Colombia. Sociedad Antioqueña de Ornitología. Medellín. Colombia. 116 p.

Salas, H.J. y Martino, P. (2001). Metodologías Simplificadas para la Evaluación de Eutroficación en Lagos Calidos Tropicales. Programa Regional CEPIS/OPS. Lima, Perú.

Salcedo, E., Gómez, E y Fernández, J. (1991). Plan de Manejo Integral de Humedales y Ecosistemas Naturales Asociados Ubicados en el Valle Geográfico del Río Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Cali. Colombia. 82 p.

Saueressing, T. (2005). Avances en Control Biológico para la Mosca de los Cuernos. Revista Ganadería. Noviembre – Diciembre. P 2 – 5.

SIDAP, Fundación Trópico y CVC. (2004). Construcción Colectiva del Sistema de Áreas Protegidas del Valle: Propuesta de Categorías de Áreas Protegidas para el Valle del Cauca y sus Directrices de Manejo. Cali. Colombia. 90 p.

UNEP, UNESCO y WHO. (1996). Water Quality Assessment: A Guide to the Use, of Biota, Sediments and Water Enviromental Monitoring. 2 Ed. Londres. Inglaterra. 626 p.

Universidad del Valle – CVC. (1998). Estudio Hidrobiológico de la Laguna de Sonso. Santiago de Cali. Colombia. 165 p.

----- (1998a). Estudio para el Monitoreo y Control de la Rana Toro en el Valle del Cauca. Cali, Colombia. 46 p.

Vollenweider, R.A. (1983). Eutrophication. Notes Distributed during the II Meeting of the Regional Project on the Eutrophication of Tropical Lakes.

