

Macrozonificación de la Cuenca Magdalena Cauca

i. Objeto.

La macrozonificación que aquí se presenta tiene como objeto facilitar las acciones de coordinación por parte de CORMAGDALENA sobre la cuenca, en el sentido de proponer a las CAR y demás entes involucrados, recomendaciones o líneas de política que orienten actividades en procura de un restablecimiento de las condiciones de sostenibilidad de los recursos que acusan deterioro o degradación de sus características intrínsecas.

Para tal objeto, se parte de la consideración e importancia que tiene para la cuenca Magdalénica el primer informe integral (fase inicial del primer diagnóstico integral de la cuenca) de su estado actual, elaborado por el IDEAM (2001). Este informe relaciona, en forma pormenorizada, las consecuencias del uso despreocupado que los habitantes de la cuenca hacen de los recursos que posee y da cuenta de su notable y continua degradación.

A partir de esta línea base CORMAGDALENA debe priorizar líneas de acción que propendan, de manera general, a la restauración de las condiciones posibles naturales de la cuenca, con el fin de dar cumplimiento a lo ordenado por la ley.

El presente informe, por su lado, presenta una propuesta de implementación de las mencionadas políticas haciendo énfasis en dos temas que, a juicio del autor, recopilan priorizan y reglamentan el uso de los recursos de la cuenca, estos son:

La cuenca como limitante natural,
La cuenca como vertedero de residuos.

Además se presenta, al final de cada subtema, una forma o estrategia que deberá practicarse para obtener el resultado esperado "Manejo de la Cuenca en forma sostenible" (referencia de sostenibilidad únicamente temporal).

También es conveniente aclarar que debido a la densidad temática cartografiada existente, resulta en una labor titánica implantar en un solo cartograma el total de la temática que se describe en este informe (ejemplo: compárese la densidad de implantación puntual del mapa de Densidad de Fractura tomado, desde la perspectiva de su importancia en asuntos de definición de capacidad de infiltración de agua del territorio de la cuenca, a través, de arreglos matemáticos que se resumen en una categorización por pesos, no ya de la descripción del diaclasamiento geológico, sino desde el punto de vista del resultado que se espera obtener – capacidad de infiltración –, comparado, con la densidad de implantación del mapa litológico o de tipos de rocas, la del mapa de pendientes; la del mapa de cubierta vegetal, la del mapa de precipitaciones medias anuales, la del mapa de evapotranspiración real o potencial, la del mapa de usos del suelo una vez resuelto el problema de definición de consumo neto de agua para cada actividad cartografiada vs aplicación total del líquido - no definido -, nombrando los más importantes. El resultado, plausible desde el punto de vista de técnico, resultaría en una labor definida en el tiempo mucho más amplia que la consumida en las tareas de interpretar y analizar toda la información existente en el estudio del IDEAM, a pesar de la particular ventaja de comprensión temática instantánea que le otorga la base

disciplinaria al autor de este informe. Además, claro está, de la necesidad de redefinir conceptual y matemáticamente las relaciones que posibilitan la comparación cartográfica (emparejamientos paramétricos que resuelven el problema cartográfico). Por otro lado el resultado sería prácticamente ilegible para cualquier persona que no siga y comprenda las etapas de elaboración de esos resultados parciales.

Adicionalmente reunir en un solo cartograma toda la información existente y la adicional necesaria nueva generada, complicaría aún más la lectura del resultado (recuérdese la controversia surgida por la imposibilidad de lectura de los mapas geomorfológicos desarrollados por la escuela geográfica francesa dirigida por Jean Tricard, (1973) y considérese que se trataba de una sola temática.

Con el aval de las condiciones reales anteriores, en los apartes siguientes se tratarán de describir, de la manera más comprensible posible y con el ánimo de particularizar la oferta de definición de acción sobre la cuenca que definió el IDEAM, las bases de la zonificación por temas que condicionan los alcances objetivo de la Corporación en asuntos de coordinación interinstitucional

1. La Cuenca Como Limitante Natural.

Para hacer más explicativo el desarrollo de esta temática se tratarán las variables de acuerdo a la secuencia de ocurrencia natural, siguiente:

- Oferta o Limitación Geo estructural y Geomorfológica
- Oferta o Limitación Climática e Hidrológica
- Oferta o Limitación y Edafológica
- Oferta o Limitación Biológica

La calificación de limitante debe interpretarse como condicionalidad y no como restricción total de uso del territorio, así, la oferta de recursos se considera involucrada.

1.1 Oferta o Limitación Geo-estructural

La oferta o las limitaciones geológicas, están determinadas por las mismas disposiciones litoestructurales, pero con el adicional elemento de su fragilidad homeostática. Los equilibrios estructurales de la corteza terrestre se califican de frágiles en la medida en que no son permanentes o acabados, por el contrario, son continuamente inestables. El acomodamiento a tracciones y tensiones de orden mecánico y térmico son el común denominador de la precaria "estabilidad" de los terrenos geológicos, máxime cuando los acomodamientos suceden como consecuencia de un derivar y choque de placas tectónicas impulsadas por presiones térmicas de fondo, como sucede con la placa continental y las placas oceánicas que dan relieve a la esquina del continente Suramericano, en donde está Colombia y en la cual, por esa interacción, se formaron los ramales cordilleranos y el valle del Río Magdalena. En resumen las limitaciones se describen, para este caso, como la posibilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos en toda la cuenca del Río, resultado de los acomodamientos homeostáticos temporales de los terrenos geológicos que la configuran, calificados como detonantes y sus consecuencias sobre los terrenos geológicos que la componen.

El énfasis en la descripción de la limitación sísmica se hace para recalcar la importancia que tiene la definición, en el nivel local, de las características inestables de sus territorios y el condicionamiento que presupone su ocupación y uso. Los cartogramas de lineamientos estructurales confirman esa pretensión de limitación. Ver mapa 1.1 (Cuencas y Unidades Tectónicas; Mapa estructural).

La secuencia de ocurrencia del paisaje de la cuenca (y de cualquier paisaje) tiene como base, el efecto de su geología, más exactamente de la tectónica que configura el relieve, los lineamientos, las fallas, los pliegues, en fin la estructura de la corteza terrestre sobre la cual se desarrollan las actividades humanas.

1.1.1 Marco geodinámico de la cuenca

Para la cuenca Magdalénica la tectónica ha sido más que generosa, pues le ha brindado un sin número de accidentes de relieve que la hacen amable en su visualización, generosa en sus recursos y simultáneamente complicada en sus interrelaciones. Los sistemas de fallas, el vulcanismo, la actividad sísmica, la torrencialidad de las corrientes, las velocidades de limpieza de causas, los paleo causas, el trezado de los ríos, y la guerra que libran las corrientes de agua del medio y bajo Magdalena contra la neotectónica evidencian que estamos en presencia de una cuenca dinámica fuera de equilibrio.

La tectónica le ha dado al vaso de captación, un par de vertientes diferenciadas en clima y composición litológica, que han construido, en el tiempo, un sustrato del cual se alimentan las familias de plantas que posibilitan, a su vez, el asentamiento de formaciones sociales (animales y humanas) que las pueblan.

Pero al no existir equilibrio, la estructura geológica de la cuenca se comporta como un sistema dinámico de creación y destrucción, cifrado especialmente y, para efectos de esta propuesta, en movimientos de levantamiento, subducción, sísmicos y volcánicos.

Estas manifestaciones de acomodo y liberación de energía se liberan sobre la superficie en lo que se ha venido llamando lineamientos geológicos y actividad sísmica. Los primeros conforman un sistema de fallas y contactos morfoestratigráficos. Los segundos son los resultados a nivel energético del acomodamiento de las diferentes estructuras líticas de la cuenca como consecuencia de procesos de compresión y tracción de esos mismos bloques estructurales (pedazos de la cáscara terrestre).

Por su lado, los lineamientos geológicos más comunes en la cuenca se pueden sintetizar en: líneas de contacto entre formaciones, líneas de fallamiento y líneas de caracterización (definición) de las estructuras geológicas existentes (sinclinales, anticlinales).

Cabe recordar que todas estas manifestaciones estructurales de la cuenca, son el resultado del hecho de estar situada dentro de un territorio (Colombia) que, a su vez, se encuentra localizado en el punto de convergencia de tres placas tectónicas (caribe, Nazca y Suramericana – las dos primeras de tipo oceánico y la última continental). Como resultado se tiene un sistema orográfico abrupto formado en el tiempo. Concretamente este levantamiento corresponde al gran levantamiento u orogenia de los Andes que se inició hace unos cinco a siete millones de años (Vander Hammen et al., 1973) y que continúa hoy día.

1.1.2 “Nacimiento de la cuenca”

Aquel gran movimiento logró construir (y sigue construyendo) en la esquina nor-oriental del continente Sur Americano cuatro cordilleras (Oriental, Occidental, Occidental y Baudó o de la costa) valles interandinos que separan las cordilleras (valles del Magdalena , Cauca, Atrato, San Juan y del Patía) que reciben los sedimentos del sistema montañoso y a su vez conforman las cuencas más importantes del país. La cuenca magdalénica está formada por el flanco oriental de la Cordillera Occidental, el flanco occidental de la Cordillera Oriental y parte de la planicie Caribeña (incluido el Canal del Dique). Vista así es la única cuenca que posee dos cordilleras y un sistema de subducción dentro de su territorio.

La cuenca Magdalena Cauca por constituir gran parte de las cordilleras andinas, presenta una gran distribución y variedad de estructuras geológicas como fallas, pliegues y lineamientos estructurales. En el Mapa-1.1 se presenta las principales fallas geológicas regionales (Etayo et al; INGEOMINAS, 1986) y en el Mapa 1.2 se grafica la densidad de fracturamiento de los terrenos geológicos que contiene la cuenca.

1.1.3 Terrenos geológicos y tectónicos de la cuenca.

La descripción que se realiza en este informe, corresponde al resumen elaborado por el IGAC, para el sustento geológico del manual “Suelos de Colombia”. El IDEAM elaboró un resumen menos explicativo sobre límites, estilos de estructuras, y manifestaciones mineralógicas, variables estas, que ofrecen una primera zonificación de la cuenca. (Ver mapa 1.1 donde se pueden apreciar las grandes estructuras y el mapa litológico 1.1.6 modificado) donde se muestra la composición superficial litológica.

1.1. 3.1 Terreno Payandé, Cuenca Magdalena Superior y Medio

Localización: Se localiza en la parte sureste de la cuenca cubriendo parte de los departamentos de Huila y Tolima.

Límites: Está limitado tectónicamente al Oeste por la Falla de Pericos hasta su intersección con el Sistema de Fallas de Romeral y al Este por el Sistema de fallas Suaza – Prado, hasta su intersección con la Falla Cucuana y desde allí con la Falla Honda hacia el Norte. Forma parte del bloque de la cuenca del Magdalena Superior.

Estratigráficamente representa sedimentitas del Devoniano y Carbonífero, en relaciones localmente discordantes con las Formaciones Luisa, Saldaña y Payandé. Litológicamente consta de neises, anfibolitas, gratuitas y migmatitas como techos y xenolitos del Batolito de Ibagué; rocas sedimentarias pelíticas y samíticas fosilíferas Devonianas; ruditas, calizas y rocas volcanoclásticas del Pérmico al Jurásico inferior.

Estilo estructural: de fallamiento subvertical noroccidental que limita bloques levantados o hundidos del Jurásico superior.

Mineralizaciones y depósitos minerales. Pórfidos de Cu, Mo, skan de Cu, Fe, Pb, Zn, Wolframio, vetas de bárita bajas en sulfuro, Au diseminado en calizas, depósitos epigenéticos de Cu, Ag, Au.

a) Magdalena Superior

Se describe como una estructura delimitada en los bordes por fallas inversas que ocupa el vértice interno de la bifurcación de las cordilleras central y oriental hasta un poco al norte de Girardot. La Cuenca Magdalena Superior ha sido dividida en dos: la subcuenca de Neiva, al sur, y la subcuenca de Girardot, al norte, las cuales están separadas por el alto de basamento económico denominado Alto de Natagaima (MOJICA y BAYER. 1987-Las fallas con vergencia al Oeste- como la Falla de Garzón-Suaza-) que se presentan en el flanco W de la cordillera oriental son de edad Mioceno temprano a plioceno y cabalgan sobre secuencias molásicas del Neogeno y desplazan todas las rocas más antiguas que el Cuaternario. Estas producen plegamientos asimétricos con dirección NW (anticlinales de Jerusalén, Girardot, Carmen, Espinal, Andalucía, Colombia, etc).

La orogenia andina también fue responsable de un fallamiento de rumbo ocurrido como consecuencia de movimientos transversales de grandes bloques fallados. Estos movimientos dieron lugar a sistemas de fallas como el de Garzón, Río Páez, Hobo, Girardot, Villavieja e Ibagué

Las evidencias que sustentan este tipo de fallamiento son:

Afloramientos y desplazamientos de estructuras

Terminación abrupta de fallas y ejes de plegamiento

Cambios en la dirección del drenaje

Desviaciones en el eje y límites de las subcuencas

Pequeñas elevaciones superficiales con dirección preferencial Este-Oeste

Las fallas de cabalgamiento que en vista de planta se curvan (como la falla de Chusma).

Estos estilos corresponden a eventos de tectónica distensiva desde el Paleozoico tardío o Mesozoico temprano hasta el Terciario temprano y compresiva hasta el presente. La tectónica distensiva generó:

Formación de graben supracontinental en el ancestral Valle Superior del Magdalena

Subsidencia del graben por fallamiento normal y tectónica de bloques hasta finales del cretácico.

Transgresión general desde el Aptiano-Albiano (Fms. Yavi, Caballos, Villeta)

Regresión hacia finales del Cretácico (deposición de las formaciones Guadalupe y Guaduas).

La tectónica compresiva se ha caracterizado por el levantamiento de manera desigual de las cordilleras central y oriental a través de fallas inversas cuyos planos principales pudieron ser heredados de la etapa de distensión anterior. Como consecuencia el mar debido retirarse hacia el NE y SE a partir de un punto coincidente más o menos con el lugar de la bifurcación actual de las cordilleras central y oriental, dando paso así a la acumulación, a veces acelerada de sedimentos continentales con aportes preferenciales de la cordillera central.

b) Magdalena Medio

Esta limitado por los sistemas de fallas de Salinas al Occidente, Mulatos al oriente, Ibagué al sur y Bucaramanga al norte en cercanías a la población del Banco.

Se comporta como una cuenca intracordillerana, basculada hacia el oriente, con tendencia monoclin, disturbada por algunos pliegue y fallas. Ocupa una depresión estructural que ha sido considerada por algunos como semigraben basculado hacia el E donde limita con fallas inversas como la Falla La Salina.

Las rocas, en general, buzan monoclinalmente hacia el este a partir de la Cordillera Central hacia la Cordillera Oriental, pero están localmente interrumpidas por fallas y flexuras.

La estructura en el flanco Oeste de la cordillera oriental está constituida por un conjunto de bloques progresivamente hundidos que busan hacia el W y tiene su origen en fallas de zócalo que se evidencian en superficie por flexiones o fallas en la secuencia sedimentaria.

Es de notar que hacia la parte SE del Valle Medio del Magdalena (VMM), el desplazamiento de las fallas (Bituima, Cambao, Honda) decrece notoriamente de E a W. Estas fallas se asocian a otras menores y conforman sistemas que guardan estrecha relación con la distribución de los sedimentos post paleocenos: la Falla de Bituima marca el límite oriental de los afloramientos de la Formación Honda, y a su vez, la Falla de Honda constituye el límite oriental de la Formación Mesa

Sobre la historia geológica pre-cretácica del Valle Medio del Magdalena (VMM) se ha escrito muy poco. De acuerdo con diferentes autores la depresión del VMM comienza a ocurrir en la orogenia a finales del Cretácico y hasta el mioceno toma su forma actual. En términos generales, se distingue:

Fallamiento normal al W del valle del río Magdalena (Fallas de Casabe, Cimitarra, Cantagallo, Pozo Azul) que parecen ser contrarias a la falla de Bucaramanga.

Hacia el Este del valle del Magdalena se reconocen cinturones de plegamiento con convergencia al W caracterizado por fallamiento inverso (fallas de Bituima, Cambao, Honda, la Salina, Infantas) y pares de anticlinales y sinclinales asimétricos.

Se desprenden abanicos imbricados de la falla de cabalgamiento principal. El intervalo de despegue puede ser la Formación Guaduas. Entre estos abanicos se disponen anticlinales de rampa nucleados por basamento precretácico (anticlinales de San Luis-Coloradio, Cira Infantas, casabe, etc.). La secuencia sedimentaria de la cuenca alcanza un espesor de 6500 a 7000 metros.

1.1.3.2 Terreno Cajamarca - Bloque Norte de la Cordillera Central

Localización: Se presenta sobre la Cordillera Central como una franja alargada y estrecha que se ensancha hacia el Norte hasta las estribaciones septentrionales de la cordillera.

Límites: Está limitada al Oeste por el Sistema de fallas de Romeral, al Este por el Sistema de fallas del Oeste del río Magdalena hasta Puerto Triunfo y Luego sigue al Norte por la Falla de Otú, al Noroeste se limita por la falla de Murrucucú y al sur por la convergencia del Sistema de Fallas de Romeral y el Sistema de Fallas al W del río Magdalena a lo largo del río Guaitará.

El estilo estructural: de este terreno se caracteriza por la presencia de pliegues imbricados con vergencia al W y expresión subvertical del plano de falla, y fallamiento con desplazamiento a lo largo del rumbo; rumbos dominantes NS a N50°E, y una dirección secundaria N40°-60°W.

Estratigráficamente este terreno es conformado por las unidades: Neis Intrusivo de Abejorral, Neis Intrusivo de Alto de Minas, Intrusivo Néisico La Línea, Neis de la Cocha, Neis Intrusivo de Pantanillo, Neis de San Diego, Neis y Anfibolitas de Tierradentro, Anfibolita de Padua, Complejo Igneo Metamórfico Río Rosario,

Grupo Cajamarca, Grupo Ayurá Montebello, Grupo la Ceja, Grupo Monopamba, Formación La Cristalina, Rocas Sedimentarias de Santa Teresa, Stock del Buey, Stock de Quebrada Honda y el Stock Granítico del Sur de Rovira.

Litológicamente este terreno se constituye de néises, anfibolitas y granulitas del Precámbrico; rocas meta sedimentarias, cuarcitas, mármoles, anfibolitas y néises félsicos, rocas sedimentarias detríticas y calcáreas, rocas ígneas intrusivas como granodioritas, tonalitas, granitos y cuarzomonzonitas.

Mineralizaciones y depósitos de Au y Ag, estibina - Au, venes de cuarzo con Au y polisulfuros.

1.1.3.3 Terreno Cauca - Romeral - Graben y Cabalgamiento del Cauca

Localización. Este terreno se presenta como una franja que sigue el curso del río Cauca. Se limita tectónicamente al Oeste por el Sistema de fallas del río Cauca y al Este por el Sistema de fallas de Romeral. Estos dos sistemas de falla se unen tanto al norte como al sur encerrando este terreno. El estilo estructural es de fallamiento imbricado de convergencia variable.

Límites: sistema de fallas Cauca Romedal.

Estratigráficamente este terreno está conformado principalmente por las unidades geológicas del Grupo Ayura Montebello y los Esquistos Anfibólicos del río Cauca.

Litológicamente las rocas de este terreno presentan una mezcla estructural con predominio de basaltos toleíticos, cherts, turbiditas con cuñas de metagabros, anfibolitas y esquistos azules; fragmentos de secuencias ofiolíticas komatiíticas y rocas ígneas intrusivas calcoalcalinas y subvolcánicas.

Estilo estructural de fallas imbricadas.

Mineralizaciones y depósitos de minerales. Filones auríferos, pórfidos con molibdeno, magnesitas, talco, asbesto, cromita, lateritas de Al, sulfuros masivos volcánicos.

1.1.3.4 Terreno Cañas Gordas Bloque Norte Cordillera Occidental

Localización: Se localiza en el costado centrooeste de la cuenca Grande de la Magdalena, sobre la vertiente oriental de la Cordillera Occidental. Está limitado tectónicamente al Oeste por la falla del Atrato, al Este por el Sistema de fallas del río Cauca, al sur por la Falla de Garrapatas y al Noreste por la falla de Dabeiba.

Límites: sistema de fallas del Río Atrato y río Cauca, fallas de Garrapatas y Dabeiba

Las principales unidades litoestratigráficas de este terreno son: Grupo Dagua pero sin metamorfismo y el Grupo Cañas Gordas formado por las Formaciones Barroso y Penderisco.

Litológicamente en este terreno predominan dos tipos de rocas: ígneas intrusivas y vulcanitas y rocas sedimentarias. Las primeras corresponden a complejos ultramáficos y plutones calco-alcalinos. Las

vulcanitas están representadas por basaltos toleíticos pobres en Potasio, y las rocas sedimentarias se constituyen de turbiditas, cherts, y calizas.

Depósito minerales de Mn vulcanogénico, sulfuros masivos, pórfidos cupríferos, filones auríferos, placeres de metales preciosos.

1.1.3.5 Terreno Dagua - Bloque Sur Cordillera Occidental

Localización: Se localiza en el extremo suroeste de la cuenca Grande de la Magdalena. Es un terreno limitado tectónicamente al Oeste por la Falla del Atrato, al Este por el Sistema de fallas del río Cauca, al Norte por la Falla Garrapatas.

Límites: sistemas de fallas del río Cauca y del río Atrato, falla de Garrapatas.

Las principales unidades lito estratigráficas de este terreno son: Grupo Dagua (formación Sisneros y Formación Espinal), Grupo Diabásico, Formación Agua Clara, Formación Marilopito y Formación Peña Morada.

Litológicamente se constituye de rocas ígneas y metamórficas. Las rocas ígneas intrusivas comprenden rocas ultramáficas y calcoalcalinas y las rocas volcánicas se constituyen de basaltos toleíticos. Las rocas metamórficas son de bajo a muy bajo grado como metaturbiditas, metacherts y metacalizas.

Estilo estructural de pliegues imbricados

Mineralizaciones y depósitos de sulfuros vulcanogénicos, pórfidos cupríferos asociados a los plutones félsicos, Oro y Platino, Manganeseo asociados a los complejos ultramáficos.

1.1.3.6 Terreno Payandé - San Lucas

Localización. Comprende la Serranía de San Lucas y está limitado al Oeste por la Falla de Otú, al Este por la Falla Oeste del río Magdalena y al Norte por la Falla Murrucucú. Este bloque presenta un fallamiento con expresión subvertical de los planos de falla, que limitan bloques levantados y hundidos con rumbos dominantes NS y NE-SW (50° - 60°).

Límites. Fallas de Otú Murrucucú y occidente del río Magdalena.

Estratigráficamente este terreno presenta un basamento de rocas neísicas del Precámbrico y metamórficas del Paleozoico el cual aflora localmente en forma de pequeñas ventanas. Sobre este basamento se presenta una secuencia de sedimentitas (Formación Sudan, Formación La Cristalina) y vulcanitas del Jurásico intruidas por plutonitas de composición intermedia del Jurásico superior al Cretácico inferior.

Litológicamente se presentan rocas metamórficas de alto grado como neises, anfibolitas, esquistos grafitosos, cuarcitas; rocas sedimentarias como lutitas, calizas, areniscas rojas y conglomerados; rocas ígneas intrusivas, tonalíticas y cuarzodioritas.

Estilo estructural bloques levantados y hundidos (horst y gravens) por fallas subverticales N-S y Ne-Sw de edad precretácica.

1.1.3.7 Terreno Puquí

Localización. Corresponde a una franja que se extiende por la parte central del departamento de Antioquia y sureste del departamento de Córdoba. Está limitado al Oeste por el Sistema de Fallas de Romeral, al Sureste por la Falla del Espíritu Santo y al Norte por la Falla de Murrucucú.

Límites: Fallas del Espíritu Santo, Murrucucú, sistema de fallas de Romedal.

Estratigráficamente está conformado por rocas de las unidades del Neis Micáceo de Caldas, el Neis La Miel, las Anfibolitas de Caldas y el Complejo de Puquí de edad Precámbrico. El Paleozoico está representado por las Anfibolitas de Medellín y el Grupo Valdivia, este último constituido de rocas metamórficas de facies esquisto verde a facies anfibolita alta.

Estilo estructural: bloques alóctonos y autóctonos de basamento Precámbrico.
Mineralizaciones de Oro en filones.

1.1.3.8 Terreno Buriticá

Localización. Se localiza en la parte septentrional de la cordillera Occidental y está limitado tectónicamente al Suroeste por la Falla Dabeiba, al Noreste por la Falla Montelíbano, al Oeste por el Lineamiento Sinú y al Este por la Falla de Ituango.

Límites: fallas de Dabeiba, Montelíbano, Ituango, y lineamiento Sinú.

Geológicamente se conforma por rocas ígneas intrusivas calcoalcalinas; rocas hipoabisales de tipo pórfidos andesíticos; rocas volcánicas tipo basaltos; rocas sedimentarias de tipo turbiditas fino granulares a grueso granulares con fragmentos de serpentinitas, cherts, lutitas y tobas.

Mineralizaciones y depósitos de lateritas níquelíferas, pórfidos cupríferos, filones auríferos, sulfuros masivos y Manganeso volcanogénico.

1.1.3.9 Terreno San Jacinto

Localización Se localiza en el extremo noroccidental de la cuenca Grande de la Magdalena. Tectónicamente se limita al Oeste por el Lineamiento Estructural del Sinú, al este por el Lineamiento Estructural de Romeral y al Sur por la Falla de Monte Libano. El estilo estructural de este terreno o bloque tectónico está caracterizado por presentar una dirección general N- S a N20°E, flexión aparente en su extremidad hacia el occidente (valle del río Manso). Anticlinales estrechos y sinclinales amplios con fallamiento principal hacia las estructuras anticlinales. Deformación intensa de las hemipalagitas en contraste con las secuencias turbidíticas que la suprayacen menos deformadas.

Límites. Falla de monte Líbano y lineamientos estructurales del Sinú y Romedal.

Estratigráficamente esta representado por unidades geológicas del Terciario como los Grupos Arjona, Cansona, Carmen, Perdices, Sincelejo, Tubará, las Formaciones Arroyo de Piedra, Carmen, Cerrito, Ciénaga de Oro, Chengue, Gallinazo, Hibacharo, Luruaco, Piojo, Porquero, Rancho, Saco, San Cayetano Inferior, San Cayetano Superior, San Jacinto los Miembros y Areniscas de Trementino y Conglomerado El Curial.

Litológicamente lo constituyen vulcanitas básicas con intercalaciones de basaltos, y turbiditas; rocas sedimentitas de origen terrígeno, marino, fluvial y lacustre.

Estilo estructural: anticlinales estrechos con fallamiento y sinclinales amplios NS a N20E.

Minerales : depósitos de lateritas níquelíferas, cobre y carbonatos.

1.1.3.10 Terreno San Jorge – Plato

Localización. Se localiza en la parte Norte de la cuenca y se limita tectónicamente al Oeste por el Lineamiento estructural de Romeral, al Este por la Falla de Santa Marta y al Sur por la Falla de Murrucucú.

Límites: fallas de Santa, Murrucucú y Romedal.

Geológicamente el terreno San Jorge - Plato presenta un basamento granítico del cretáceo y microsienítico del paleoceno rocas metamórficas de la serie El Cabano y del cretáceo superior - Paleoceno.

La sedimentación y estilo estructural está controlada tectónicamente por una margen continental activa. Se caracteriza por una tectónica de bloques que configuran sistemas de fallas de horst y gravens (Loba y Sucre), pliegues de las secuencias sedimentarias asociados con fallas en el basamento cristalino y fallas de rumbo N30°E (San Jorge, Chimichagua y Santa Marta.

La cuenca o bloque tectónico ha evolucionado desde una plataforma emergida hasta el oligoceno inferior (secuencias hemipelágicas y turbidíticas), hundimiento progresivo hasta el mioceno superior y emergencia a partir del plioceno. Resultado de estos eventos y de la tectónica de bloques del mioceno inferior y medio se distinguen las depresiones tectónicas de Sucre y Plato y los altos de Cicuco y del Difícil. Se conoce además como la Región estable o de Plataforma. Durante el Plioceno y pleistoceno se reconoce fallamiento transcurrente y la secuencia sedimentaria de rocas silisocláticas y calcáreas excede los 2000 metros de espesor.

Estilo estructural: tectónica de bloques, pliegues de las secuencias sedimentarias marinas terrígenas del terciario y depósitos terrígenos fluviales y lacustres plio - Pleistocénicos.

1.1.3.11 Terreno o Bloque Floresta

Localización. Se Localiza en el extremo oriental de la cuenca en los límites de los departamentos de Boyacá y Santander. Limita tectónicamente al Oeste por la Falla de Boyacá, al Sur y Este por la Falla de Servitá y al Norte por la Falla del Chicamocho.

Límites: Falla de Boyacá, servitá y Chicamocha.

Tectónicamente el Macizo de Floresta es un anticlinal (post terciario). El solevantamiento final, posterior a la formación de este anticlinal se realiza en forma de bloque a lo largo de las fallas de Soapagá al Este y la falla de Boyacá al Oeste. En los bordes de este bloque, particularmente al Este y a lo largo del cabalgamiento de Soapagá hacia el W, se originan pliegues considerables que afectan en especial las rocas terciarias. Las rocas del Cretáceo, dentro del Macizo, y que encierran el anticlinal en su extremo SSW, participan, en el flanco E, de movimientos de falla de Soapagá, siendo invertidos a lo largo de un eje paralelo a la misma falla (Cediel, 1969).

Estratigráficamente consta de un basamento Paleozoico de origen metamórfico correspondiente a las rocas de la Formación Silgará, intrusivos Ordovisicos de composición granítica y pertenecientes al Stock de Chuscales, rocas sedimentarias y metamórficas de la Formación Floresta (Devónico) y rocas sedimentarias (limolitas y areniscas) de la Formación Cucho (Devónico medio) y rocas sedimentarias (areniscas, arcillolitas y conglomerados) de la Formación Tibet (Devónico inferior).

1.1.3.12 Terreno o Bloque – Santander

Localización. Se localiza en la parte Este del departamento de Santander. Sus límites tectónicos son al Oeste por la Falla de Bucaramanga, al Sureste por la Falla de Soapaga, Servitá y al Norte por la Falla de Arena Blanca.

Límites: Fallas de Bucaramanga – Santa Ana, Arena Blanca y Soapagá.

Estratigráficamente este terreno geológico está representado por rocas de las Formaciones Jordán (Jurásico Superior), Bocas (Jurásico), Montebel (Jurásico), Tiburón (Pérmico), Diamante (Pérmico), Floresta, Floresta metamorfoseado (Ordovícico - Silúrico), Silgará (Cámbrico) y Neis de Bucaramanga (Precámbrico).

Litológicamente el terreno Santander consta de rocas metamórficas, rocas ígneas y rocas sedimentarias. Las rocas metamórficas son de tipo Neises félsicos, anfíbolitas, esquistos pelíticos, metacalizas y granulitas. Las rocas ígneas intrusivas corresponden a plutonitas ácidas a intermedias, las rocas volcánicas son de tipo basalto y diabasas en forma de diques. Las rocas sedimentarias constan de areniscas, conglomerados, lutitas y calizas fosilíferas.

Estilo estructural: Fallamiento de bloques.

Mineralizaciones y depósitos minerales de cobre, en pórfido, Au, U, Ag, Zn, Sulfuros masivos, Mica, Fluorita, y Barita en filones.

1.1.3.13 Terreno Perijá - Frente Estructural Perijá

Localización. Se localiza en la Serranía de Perijá y presenta como límites tectónicos por el Norte con la Falla de Oca, al Este con el Sistema de Fallas de Perijá - El Tigre, al Sur por la Falla de Arena Blanca - Ariguaisa y al Oeste por la Falla de Cerrejón.

Límites: Fallas de Oca, Perijá, Cerrejón y Arena Blanca.

Estratigráficamente está representado por las siguientes unidades geológicas: Grupo Cachiri (Devónico), Formación Campo Chicó (Devónico Medio a superior), Formación Caño del Oeste (Devónico medio), Formación Caño Grande (Devónico inferior a medio), Formación Caño Indio (Carbonífero medio), Formación la Quinta (Triásico superior Jurásico inferior), Formación Macoita (Carbonífero Pérmico), Formación Calizas de Manaure (Pérmico), Formación Palmarito (Carbonífero Pérmico), Serie de Perijá (Precámbrico Paleozoico inferior), Formación Río Palmar (Carbonífero medio) y Formación Tinacoa (Carbonífero).

Litológicamente consta de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias. Las primeras son de tipo cuarcitas, filitas y metaarcosas. Las rocas ígneas corresponden a cuerpos intrusivos hipoabisales calco-alcalinios. Las rocas sedimentarias son las mas predominantes y constan de calizas, conglomerados, areniscas, lutitas y grawacas.

Estilo estructural: Fallamiento en bloque en cuatro direcciones N 35° E, NNW–SSE, E-W, NW-SE.

Mineralizaciones de Cu nativo en vulcanitas, sulfuros de cobre en rocas arcósicas.

1.1.3.14 Terreno Cesar - Cuenca Cesar Ranchería

Localización. Se Localiza en la parte Norte de la cuenca, en el departamento del Cesar. Se limita tectónicamente al Este por la Falla del Cerrejón, al Oeste por el Lineamiento Cesar, al Norte por la Falla de Oca, al Sur por la Falla de Arena Blanca y al Suroeste por la Falla de Santa Marta - Bucaramanga.

Límites. Falla del Cerrejón, Lineamiento Cesar, Falla de Oca, Falla de Arena Blanca, Falla de Santa Marta - Bucaramanga.

Estratigráficamente esta formado por unidades geológicas del Terciario, Cretácico Jurásico. Las unidades del Terciario son: Formaciones Tabaco, Aguasnuevas, Cerrejón, Manantial, Hato Nuevo. La unidades Cretácicas son las Formaciones Colón, La Luna, Agua blanca, Lagunitas y Río negro y el Grupo Cogollo. El Jurásico está representado por rocas de la Formación la Quinta. Sobre este bloque se presentan depósitos Cuaternarios, principalmente de origen aluvial.

Litológicamente el Terreno Cesar, se compone de rocas volcanoclásticas, conglomerados, arenitas, lodolitas, calizas de colores negros y rojizos y mantos de carbón. Las vulcanitas se presentan como intercalaciones de diabasas y basaltos dentro de la secuencia clástica y vulcanoclástica.

El estilo estructural de este bloque está caracterizado por la presencia de Fallas inversas que afectan el basamento, el cabalgamiento de la Serranía de Perijá sobre el Valle del río Cesar, relacionado genéticamente con las fallas con movimiento deslizante oblicuo - de Oca y de Santa Marta.

Mineralizaciones y depósitos de Carbón y campos de Gas

1.1.3.15 Terreno Sierra Nevada - Bloque Santa Marta

Localización. Se localiza en la Sierra Nevada de Santa Marta y se limita tectónicamente al Norte por el Lineamiento de Sevilla, al Oeste por la Falla de Santa Marta y al Este por el Lineamiento del Cesar.

Límites. Lineamiento de Sevilla, falla de Santa Marta, lineamiento del Cesar.

Estratigráficamente el Terreno Sierra Nevada se compone de unidades geológicas desde al Terciario. El Precámbrico esta representado por rocas metamórficas de las unidades Granulita de los Mangos, el Neis de Dibulla, La Anortosita de Niyula, Orihueca, Río Frío, y Río Sevilla.

Estilo estructural. Fallamiento de bloques.

Manifestaciones minerales de Au y Ag.

1.1.3.16 Terreno Sevilla - Frente de Cabalgamiento de Santa Marta

Localización. Se localiza sobre la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta. Se limita al Norte por la Falla de Oca, al Oeste por la Falla de Santa Marta, al Sureste por el Lineamiento de Sevilla y al Noroeste por limite Complejo Metamórfico de Sevilla - Cinturón Metamórfico de Santa Marta.

Límites. Fallas de Oca y Santa Marta, lineamiento de Sevilla. Cinturón metamórfico de santa Marta.

Estratigráficamente el Terreno Sevilla está representado por el Neis de Don Diego (Precámbrico), la Anortosita de Don Dieguito (Precámbrico), el Neis de Buriticá (Cámbrico), el Neis de Los Muchachitos (Cámbrico), el Plutón de Buriticá (Eoceno), El Plutón de Latal (Paleoceno), el Plutón de Palomino (Eoceno) y el Complejo Metamórfico de Sevilla (Devónico Pérmico).

Estilo estructural. Fallamiento de bloques
Manifestaciones de hierro.

1.1.3.17 Terreno Santa Marta

Localización. Se localiza en el extremo Norte de la Cuenca, en inmediaciones de Santa Marta. Se limita al Norte por la Falla de Oca, al Oeste por la Falla de Santa Marta y al Sureste por el limite Complejo Metamórfico de Sevilla - Cinturón Metamórfico de Santa Marta.

Limites. Falla de Oca, Falla de Santa Marta, cinturón metamórfico de Santa Marta.

Estratigráficamente consta de las unidades geológicas de Filita de Cinto (Cretácico superior), Esquisto de Concha (Cretácico), Esquisto de Gaira (Cretácico Paleoceno), Esquisto de Punta Betin (Cretácico Paleoceno), Esquisto del Rodadero (Cretácico superior), Esquisto de San Lorenzo (Cretácico Paleoceno), Grupo de Esquisto de Santa Marta (Cretácico Paleoceno), Filita de Tanga (Cretácico Paleoceno) y el Plutón de Toribio (Paleoceno).

Estilo estructural. Fallas inversas que afectan el basamento y cabalgamiento de la Serranía de Perijá sobre el valle del río Cesar.

1.1.3.18 Supraterrano Cordillera Oriental - Bloque Cordillera Oriental

Localización. Se localiza en la parte suroriental de la cuenca y se limita tectónicamente al Oeste por las Fallas de Mulatos, Cucuana y Suaza o Prado y al Este por las Fallas de Bucaramanga Santa Marta, Chicamocha, Guaicaramo y Río Blanco Chivor.

Límites. Falla de Mulatos, Cucuana, Prado, Río Blanco-Chivor, Guaicaramo, Sevitá, Bucaramanga-Santa Marta, Murrucucú.

Estratigráficamente este terreno consta de unidades geológicas de edad Cretáceo y Terciario. Las unidades cretáceas son las Formaciones: San Pablo, Río Negro, Yaví, Caqueza, Macanal, Rosa Blanca, Paja, Arcabuco, Cumbre Ritoque, Tibasosa, Los Santos, Tambor, La Naveta, Trincheras, Tipo, Simití, Caballos. Cogollo, Villeta, Fómeque, San Gil, Churuvita, Tablazó, Hilo, Aguardiente, Uribante, Mercedes y Une. Litológicamente estas unidades están constituidas por rocas sedimentarias detríticas y calcáreas en las que se encuentran areniscas cuarzosas, limolitas silíceas y calcáreas, capas rojas, lutitas negras carbonosas y conglomerados entre otras.

Estilo estructural de intenso plegamento donde los sinclinales son amplios asociados a anticlinales estrechos y fallados. El tipo de falla frecuente es la de cabalgamiento.

1.1.3.19 Terreno - Bloque Garzón

Localización. Se localiza en el extremo sureste de la cuenca. Esta limitado al oeste por el sistema de fallas del río Suaza - Prado y al este (fuera de la Cuenca) por la falla del Borde Llanero. Presenta un estilo estructural complejo y desconocido hasta el momento.

Límites: sistema de fallas Suaza-Prado, falla del borde llanero.

Estratigráficamente hace parte del Grupo Granulítico de Garzón de edad Proterozoico. Litológicamente consta de neises, granulitas máficas y ultramáficas, mármoles, granulitas calcáreas y migmatitas.

Depósitos epigéicos de Au y Ag, en plutones Estaño.

1.1.4 Geología Estructural

Como complemento a la zonificación anterior y con el ánimo de hacer énfasis en las causalidades del comportamiento de la red de drenaje que comprende la cuenca, en sus aspectos regionales hidrológicos-espaciales e hidráulico-locales, se relacionan a continuación las características más relevantes de la geología estructural presente en este territorio (la invitación está íntimamente relacionada con la necesidad de acercarse al conocimiento de las estructuras sobre las cuales discurren las corrientes de agua que forman el sistema de drenaje de la cuenca).

La cuenca Magdalena Cauca por constituir gran parte de las cordilleras andinas, presenta una compleja distribución y variedad de estructuras geológicas como fallas, pliegues y lineamientos estructurales. En el Mapa 1.1 se presenta las principales fallas geológicas regionales, como en párrafos anteriores se anotó (INGEOMINAS, 1988 – IDEAM, 2001).

Con el levantamiento final de las cordilleras andinas se formó la cuenca del Magdalena, en el Plio-Pleistoceno. Movimientos en bloques con desplazamientos verticales predominaron, aunque también afectados por fallas transversales, llevaron a la subdivisión de la cuenca en subcuencas (Honda, Girardot y Neiva).

En general las cuencas del Alto y Medio del Magdalena tienen un rumbo NE-SW, en el cual el modelo de evolución involucra fallamiento que afecta el basamento, y se originaron estructuras apareadas (sinclinal - anticlinal por doblamiento de un bloque del basamento fallado (INGEOMINAS, 1997). La mayoría de fallas que afecta la cuenca, son de sentido longitudinal (S - N) y transversal (SE - NW). Las principales fallas son de rumbo, cabalgamiento y transversales y se ubican en los bordes de la cuenca (Martínez, A., 1981). La actual configuración de la cuenca del Magdalena es el resultado de la evolución geológica y configuración estructural de sus diferentes sectores. Los estilos estructurales característicos de las tres cuencas (Alto, Medio y Bajo) son:

1.1.4.1 Cuenca del Alto Magdalena

“Es una cuenca alargada en la dirección NNE-SSW, que separa la mitad meridional de las cordilleras Central y Oriental (Mojica & Bayer, 1987, en Mojica, J. & Franco, R.; 1990) y se extiende desde Pitalito en el sur, hasta Honda en el norte, una distancia de aproximadamente 400 Km y comprende alrededor de 20000 Km² (Mojica, J. & Franco, R.; 1990)”.

Nota: La denominación de cuenca hace referencia a las formas hundidas llámense depresiones, o resultados de la disección de las corrientes (cuencas geológicas) y no equivalen a la cuenca hidrológica como tal. Los límites aquí descritos no corresponden a la cuenca hidrológica.

“Geológicamente, la cuenca es una estructura bien marcada, *delimitada en los bordes por fallas inversas de alto ángulo: en su margen occidental lo limita el Sistema de Fallas de Chusma y de Calarma; mientras que en la margen oriental lo delimita el Sistema de Fallas de Garzón – Suaza* (IDEAM 2001;INGEOMINAS1987)”

En el Sistema de Fallas de Garzón – Suaza, las fallas cabalgan sobre secuencias molásicas neógenas y desplazan todas las rocas más antiguas que el Cuaternario. Los cabalgamientos se propagan produciendo pliegues como anticlinales (INGEOMINAS1987).

La orogenia andina también fue responsable de un fallamiento de rumbo ocurrido como resultado de movimientos transversales de grandes bloques fallados. “*Importante fallas de rumbo se ha desarrollado entre ellas la Falla de Ibagué, se trata de una fractura transcurrente dextral y activa, con algunos movimientos recientes de tipo inverso y a lo largo de la cual se tiene un cordón de lomos lineares que deforman los depósitos de cobertura aluvial. Atraviesa el abanico de Ibagué de edad Pleistocena (Mojica, J. & Franco, R.; 1990). Las evidencias que sustentan este tipo de fallamiento son:*

Afloramientos y desplazamientos de estructuras.

Terminación abrupta de fallas y ejes de plegamiento.

Cambios en la dirección del drenaje.

Desviaciones en el eje y límites de las subcuencas, entre otras”.

Las fallas que se caracterizan en esta cuenca son (Triviño, J.A., 1982):ver mapa 1.1 (INGEOMINAS).

Falla de Agrado: Cerca de Oporapa - Saladoblanco, el río Magdalena sigue a lo largo de esta falla de tipo regional, más hacia el noreste esta falla continua, pasa por la parte media entre las localidades de Pital y Agrado y continúa hacia el noreste. Es una falla inversa que buza hacia el noroeste y de rumbo aproximado N 45 E.

Hacia el oriente del río Magdalena siguiendo las localidades Pitalito, Altamira y Garzón, se ha desarrollado una falla de tipo regional denominada la Falla Garzón, la cual tiene un rumbo N 45-55 E. La Falla de Garzón en la vertiente oriental del río Magdalena y la Falla Agrado en la vertiente occidental, delimitan la cuenca del Magdalena entre las localidades de Acevedo al sur y Hobo al norte.

En el sector entre Natagaima y Girardot en ambas vertientes del río Magdalena continúa la presencia de fallas como la de *Prado - Suárez* que sirve de límite oriental de la cuenca. Al oriente de la Falla Prado - Suárez, y paralela en su extremo norte, se encuentra la *Falla Guape - Quininí*, la cual es de tipo inverso. El bloque oriental de esta falla se ha levantado originando el bloque de La Sabana.

En el Sector Garzón - Gigante - Yaguará: al norte de Garzón, al este del río Magdalena existe una falla inversa denominada "*Mesón o Potrerillo*". Esta falla junto con la falla de Garzón siguen aproximadamente paralelas, con rumbo NNE.

Al occidente del río Magdalena las unidades sedimentarias se ponen en contacto por medio de una falla de tipo inverso y carácter regional denominada Falla Páez (ochoa); tiene un rumbo aproximado N 45 E y el plano de falla buza al noroeste. Hacia el suroeste se denomina falla de Agrado. *Uniendo las fallas de Agrado - Páez y Garzón que guardan un paralelismo, se desarrolla otra falla de rumbo aproximado norte - sur.*

El flujo del río Magdalena por el comportamiento estructural es definido de norte a sur. Los cambios bruscos del rumbo en algunos sectores como en las localidades de Girardot y El Banco tiene causas estructurales, como la presencia de la Falla Cucuana, de rumbo aprox. NE-SW y al levantamiento y plegamiento de los sedimentos.

En el extremo norte de la cuenca, el sector entre las poblaciones de Gautaquí-Piedras y Honda-La Dorada existe un juego de fallas inversas paralelas entre si, tienen una orientación general norte - sur y los planos de falla buzan hacia el oriente y alcanzan también en la cuenca del Medio del Magdalena. De occidente a oriente son las *Fallas de Honda, Cambras y Alto del Trigo.*

Entre los pliegues la estructura sinclinal más importante la constituye "*El sinclinal de Guaduas*", la cual contiene una espesa secuencia Cretácico-Terciaria.

1.1.4.2. Cuenca del Medio Magdalena

"Se localiza entre las cordilleras Central y Oriental, limitando al norte por la Falla de Bucaramanga (megafalla de rumbo sinistral) en cercanías a la población de el Banco y al sur por la Falla de Cambao en inmediaciones de Jerusalén. La cuenca del Medio Magdalena cubre un área de 28.300 Km², el valle es más estrecho desde la región de Girardot hasta la Dorada, y más ancho desde la Dorada al Banco. "Esta cuenca ocupa una depresión estructural que ha sido considerada por algunos como semigraben basculado hacia el oriente donde limita con fallas inversas así las rocas en general buzan monoclinamente hacia el oriente a partir de la Cordillera Central hacia la Cordillera Oriental, pero están localmente interrumpidas por fallas y flexuras" (Mojica, J. & Franco, R.; 1990).

Esta parte de la cuenca está limitada en su borde oriental por un sistema de fallas imbricado de cabalgamiento (Sistema de Fallas Salinas), que pone en contacto rocas duras del Cretáceo con secuencias plegadas del Terciario y depósitos recientes. Hacia la parte sureste el desplazamiento de las fallas (Bituima, Cambao y Honda) decrece notoriamente de este a oeste. "Estas fallas se asocian a otras menores y conforman sistemas que guarda estrecha relación con la distribución de los sedimentos post-paleocenos (Triviño, J.A., 1982)".

En el flanco occidental de la Cordillera Oriental las fallas tienen una orientación Norte - sur y son de tipo inverso. En el área hay fallas inversas paralelas entre sí, dando una configuración escalonada desde el Macizo de Santander (afloran las rocas más antiguas) en la Cordillera Oriental hasta el oeste en la parte deprimida (Cuenca del Magdalena, de rocas más recientes). "De oriente hacia occidente las fallas que producen el escalonamiento son las Fallas de Bucaramanga, flexura de Chucurí y la de Salinas (Triviño, J.A., 1982)". Entre los lineamientos de las fallas se han desarrollado grandes pliegues sinclinales y anticlinales.

En la cuenca del Medio Magdalena, la Falla Salinas, es la continuación de la Falla Cambao, al norte de la Dorada. En el extremo sur de la cuenca el fallamiento es parcialmente más reciente que en el norte, porque afecta unidades sedimentarias modernas.

Una serie de pares anticlinal - sinclinal asimétricos y en échelon a lo largo del borde occidental de la Cordillera Oriental, al sur de Bucaramanga se presentan en esta cuenca.

Además existe un juego de fallas normales poco espaciadas a lo largo del borde oriental de la Cordillera Central, a este grupo pertenecen Las Fallas de Casabe, Cimitarra y Cantagallo (Mojica, J. & Franco, R.; 1990)"

1.1.4.3 Cuenca del Bajo Magdalena

El sector de la depresión inúndable del río Magdalena es una zona de subsidencia que permite la conformación de grandes depósitos aluviales. Se distinguen lineamientos que definen las depresiones tectónicas donde se reporta **subsidencia reciente** (Lineamientos de Romeral, Bolívar, Sucre, Sinú y Colombia). "En términos generales el límite geológico de la cuenca hacia el occidente está constituido por el lineamiento Romeral y al oriente por el Sistema de Fallas Santa Marta - Bucaramanga (INGEOMINAS, 1988)".

En las depresiones los ríos Cauca y Magdalena producen depósitos de varios millones de metros, los cuales continúan rellenándose en la actualidad. El límite occidental de la cuenca hacia el norte lo conforma la Serranía de San Jacinto, la cual comienza a emerger a finales del Terciario y facilita el control estructural del río Magdalena.

"El lineamiento del Sinú, tiene una orientación N - NE y se caracteriza por marcar un cambio en el comportamiento estructural entre los cinturones de San Jacinto y Sinú. En el sector occidental ocurren pliegues sinclinales amplios y anticlinales, cuyos ejes tienen dos direcciones predominantes N5W - N10E y N20E a N40E. Entre los pliegues se encuentran: anticlinorios de Abibe - Las Palomas y el de Luruaco en el sector occidental y los anticlinorios San Jerónimo, San Jacinto y de Turbaco (INGEOMINAS, 1997)". A lo largo de las zonas mayores de falla se encuentran volcanes de lodo.

1.1.4.4 Cuenca del Cauca

Esta cuenca se considera como "un graben que esta limitado en sus flancos por fallas de dirección N-S o NE-SW y fallamiento de dirección E-W que afecta la parte alta de la cuenca (INGEOMINAS, 1997). Es una depresión tectónica entre las cordilleras Central y Occidental limitada al noroccidente por el Sistema de Fallas Cauca - Almaguer; al este por la Falla de San Jerónimo, al norte por la unión rumbo deslizante de las Fallas del Río Cauca y Romeral y al sur, en el Ecuador , por el enfrentamiento con el Arco de Islas de Macuchí (INGEOMINAS, 1997)".

"Las rocas sedimentarias son altamente tectonizadas. Esta cuenca esta conformado por tres principales estructuras: Sistema de Fallas Romeral, Sistema de Fallas Cauca - Patía y una Estructura de Compensación Transversal (Murcia, A. et al 1981).

Sistema de Fallas Romeral: consiste de un conjunto de fallas paralelas. El sistema es asociado con un complejo ofiolítico interestratificado tectónicamente con rocas volcánicas básicas y sedimentos pelágicos. Ha jugado un papel importante en los diferentes periodos de levantamientos de la Cordillera Central y evidencias de campo indican que ha tenido reactivación desde el Mioceno a tiempos modernos (Murcia, A. et al, 1981). Estas fallas limitan la cuenca por el oriente con la Cordillera Central, particularmente la Falla Guabas - Pradera a la altura de Tuluá en el Valle del Cauca. Esta se extiende desde Córdoba hasta el sur de Nariño, con una longitud aproximada de 800 Km.

Sistema de Fallas Cauca - Patía: este sistema es paralelo al sistema de fallas de Romeral y está localizado a lo largo del borde oriental de la Cordillera Occidental y es de naturaleza extensional. Se considera que ha tenido su origen como una serie de fracturas tensionales en la flexura de la corteza oceánica, próximo a la zona de subducción. Su actividad al parecer inició durante el Cretácico medio y ahora es de una actividad reducida. El *sistema de fallas Cali* y del *Patía* conforman el límite occidental".

Fallamiento de compensación: este es un sistema transversal NW - SE de estructuras interpretado de dos maneras diferentes : uno de fallas normales o verticales que establece compensación entre los dos sistemas de fallamiento ya citados y otro de manifestaciones de superficie del Mesozoico que transforma paleofracturas que después del levantamiento de la Cordillera Occidental se ha comportado como fallas verticales" (Murcia, A. et al, 1981).

"La *Falla de Sabanalarga*, es la continuación de la intersección de los sistemas de fallas de Romeral y de Cauca, es el límite oriental de la cuenca en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío, la cual prosigue con el sistema de fallas de Romeral" (INGEOMINAS, 1997).

"En el departamento del Valle del Cauca, el sistema de fallas Romeral y la Falla de Cauca - Almaguer, extiende este límite hasta el sur, donde continua en el departamento del Cauca, como *fallas de Popayán, Rosas - Julumito y Bolívar - Almaguer*, haciendo parte del sistema Romeral" (INGEOMINAS, 1997).

En el norte de la cuenca, el sistema de fallas del Río Cauca es el límite occidental, sistema que se extiende desde Santafe de Antioquia hasta la población El Jardín. "Este sistema comprende las *fallas de Mistrató*. En los departamentos de Valle del Cauca y Cauca, el límite occidental lo conforman las fallas del Cauca Patía, la Falla del Toro y la de Cali - Patía; estas fallas continúan hacia el sur hacia el Ecuador" (INGEOMINAS, 1997).

Además, como resultado de la orogenia andina se formaron grandes estructuras plegadas como el *Anticlinal de Mercaderes* y el *Sinclinal Sur del Área*. En la cuenca del Río Cauca, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y parte norte del departamento del Valle del Cauca, se presentan pliegues, anticlinales asimétricos. Además ocurren monoclinales (INGEOMINAS, 1997).

1.1.5 Estabilidad de las morfoestructuras de la Cuenca

Como La estabilidad de las morfoestructuras está íntimamente relacionada con la génesis de su formación, la cuenca presenta un variado rango de estabilidad que se puede resumir en:

a) La cordillera central, constituida principalmente por rocas oceánicas y continentales - rocas ígneas y metamórficas - indicando que en el pasado fue una zona de subducción (choque de placas tectónicas) con la consecuencia de desarrollo de fuerzas de tracción y presión, presenta actividad sísmica y volcánica importante que en conjunto le confieren una alta inestabilidad a sus formaciones morfoestructurales.

b) El flanco occidental de la cordillera oriental (parte oriental de la cuenca) por su formación es el área más estable de la cuenca, aunque el flanco oriental de esa misma cordillera (pedemonte llanero) este calificado como muy inestable por presentar alta actividad sísmica y tectónica, que podría interpretarse como una evidencia del continuo crecimiento y levantamiento del relieve.

Por su lado la constitución litológica del flanco occidental (perteneciente a la cuenca) está representada en su gran mayoría por rocas sedimentarias plegadas, formando sinclinales y anticlinales y depósitos volcánicos locales (parte de los suelos de del altiplano Cundiboyacense se derivan de lluvias de cenizas volcánicas procedentes del eje de la cordillera Central).

c) Los valles interandinos (valle del río Cauca y Magdalena) son verdaderas depresiones tectónicas, limitadas por fallas y rellenos de sedimentos terciarios y cuaternarios por las cuales discurren los correspondientes y principales ejes hidrológicos de la cuenca.

En resumen. el fuerte potencial hidro-gravitatorio y la actividad volcánica y sísmica de las cuatro vertientes que comprende la cuenca, dio origen al desarrollo, en sus piedemontes, de conos de deyección y aluvio torrenciales, donde se asientan importantes actividades agrícolas y centros urbanos. Por ser un relieve resultado de eventos tectónicos es de esperar, como en realidad sucede, un fuerte fracturamiento y fallamiento de las estructuras que, en general, tienen sentido noreste - sureste con fallas menores este - oeste que son aprovechadas por el sistema de drenaje (causes tifónicos) para disectar con mayor efectividad el relieve. (Ver mapa 1.1)

La acentuación o acción moderada de las anteriores condiciones dividen a la cuenca en zonas o terrenos, como se indicó anteriormente, con origen, tectónica, litología, y desarrollo de estructuras particulares que le confieren los siguientes grados de limitación de uso: (ver mapa 1.1)

1.1.5.1 Zonas muy Inestables.

Corresponde a la parte sur occidental y sur del departamento del Huila y sur occidental del departamento del Cauca. (cuenca alto magdalena - Sistema de fallas del macizo de Garzón; borde llanero, cuenca alta y media del río Páez).

La zona correspondiente a la parte media y nor- oriental de la cuenca del río Nechí y central occidental de la cuenca del medio Magdalena – oriente antioqueño- y suroeste de Bolívar, que corresponden a las zonas central del terreno de Puquí , central de Cajamarca, central y noroccidental de Payandé (ver descripción estructural anterior). El único centro urbano de gran importancia situado en esta zona es Florencia.

1.1.5.2 Zona Inestable.

Se presenta prácticamente toda el área ocupada por el valle del río Cauca en sus dos vertientes (departamentos del Valle del Cauca Risaralda Quindío y Antioquia), y corresponde a los terrenos geológicos de Dagua, Cañas Gordas, Cauca Romedal, San Jorge- Plato, San Jacinto, Santa Marta y Cesar . En el valle del Magdalena la zona está dividida por departamentos así: el área total de los departamentos de Magdalena, Cesar y Córdoba, parte norte y suroccidental del departamento de Bolívar, parte oriental, central y sur del departamento de Santander, parte oriental de Boyacá, occidente de Cundinamarca, parte central del Tolima, parte oriental de Sucre y parte centro y norte del Cauca. los terrenos geológicos correspondientes a estas áreas son: Parte central del Macizo de Floresta, zona central de Cajamarca y Oriente de Puquí- sistema de fallas del Espíritu Santo.

1.1.5.3 Zona de Inestabilidad Moderada.

Corresponde a las áreas. Corresponde al Sur centro y oriente del Tolima, oriente de Caldas centro y norte del Huila, que pertenecen a la Parte central y sur del Macizo de Floresta, norte de Payandé y faja nororiental de Cajamarca

1.1.5.4 .Zonas Estables.

Centro noroccidental del departamento de Cundinamarca, una faja angosta al suroriente de Santander, nororiente del Tolima, Norte del Huila y un área en el límite oriental de la cuenca sobre el departamento de Boyacá. Los terrenos correspondientes son: parte centro occidental de Cordillera Oriental y parte oriental límite con el macizo de Floresta del mismo terreno (dos pequeñas áreas) y dos pequeñas áreas al nororiente de Payandé.

1.1. 5.5 Zonas muy estables

Corresponden a áreas fuera de la cuenca en cuestión.

Cabe recordar que la anterior categorización corresponde a la calificación del grado de estabilidad de las estructuras geológicas, la calificación geotécnica o de propensión a los movimientos en masa se indicará en el desarrollo del tema correspondiente de la zonificación de la cuenca por limitación debida a movimientos en masa que se desarrolla en los apartes siguientes.

1.1.6 Limitación de Uso Y Ocupación de la Cuenca por Movimientos en Masa.

La secuencia de eventos anterior junto con la posición geográfica del territorio de la cuenca, son responsables de la estabilidad o su contrario, de los suelos (sustrato geotécnico). Por un lado, la tectónica originó grandes cordilleras con vertientes de alto a muy alto grado de pendiente y condicionó el territorio así

conformado a movimientos de respuesta a las acomodaciones de los complejos rocosos o placas (continentales y oceánica) que sugeridamente están en permanente colisión (movimientos sísmicos).

La posición geográfica por su lado permitió el modelamiento a través del clima otorgándole a este un papel decisivo en la búsqueda del equilibrio superficial. Con estos dos elementos se condiciona la cuenca a ser ocupada. La relación clima litología superficial adquirió así la importancia de decidir que áreas de la cuenca pueden ser utilizadas con un determinado grado de riesgo y que áreas no contemplan la categoría de uso.

Los resultados de la visión integral geomorfológica anterior de la cuenca, unida, claro está, a las herramientas de definición de los estados particulares permiten, con el acostumbrado umbral de incertidumbre, definir a la luz de esas interrelaciones las posibilidades de uso y ocupación de la cuenca.

La relación existente entre litología superficial (topes superiores de formaciones geológicas) clima (temperaturas, humedad relativa, precipitaciones) cobertura vegetal (Formaciones florísticas) y los factores topográficos o de relieve (pendientes) determinan in situ las posibilidades de ocupación de un áreas cualquiera. Para la cuenca magdalena cauca estos factores se presentan como sigue:

El territorio está, estructuralmente hablando, conformado por un ramal cordillerano (cordillera central) y dos flancos también cordilleranos (vertiente occidental de la cordillera oriental y vertiente oriental de la cordillera occidental) y un flanco resultado de un evento accidental tectónico (flanco oriental de la sierra nevada de Santa Marta) y finalmente un área de planicie marino aluvial. Sobre estas estructuras actúa un clima con temperaturas que van desde los - 4 hasta los 35 °C promedios, una precipitación con distribuciones regionales de significativa influencia orogénica y una humedad relativa que oscila entre el 70% en las áreas secas al 90% en áreas muy húmedas.

1.1.6.1 Susceptibilidad Intrínseca al Deslizamiento

No es otra que la disponibilidad de las rocas a ser alteradas por efectos del clima que soportan. En este contexto la cuenca Magdalénica presenta las siguientes zonas afectadas por esta clase de procesos, como lo muestra el mapa 1.1.6 litología Superficial.

Zonas de alta susceptibilidad intrínseca al deslizamiento (A¹): Comprende las áreas con litología superficial compuesta de rocas blandas como arcillolitas, lutitas, lodolitas, areniscas cuarzosas friables poco cementadas, Alternancias de areniscas, conglomerados, lutitas y calizas; en superficie muy meteorizadas, muy fracturadas, estratificación delgada a gruesa. Secuencias de lutitas calcáreo-clásticas, con intercalaciones de conglomerados; débilmente meteorizadas, poco fracturadas; estratificación delgada muy gruesa; acumulaciones sedimentarias no consolidadas Materiales de forma y composición heterogénea, tamaño heterométrico, en matriz areno - limosa, con niveles de arena, limo y arcillas, Materiales de composición heterogénea, de tamaño y formas variadas, en matriz areno - limosa y limo - arcillosa. etc. (Ver mapa 1.1.6 litología Superficial).

Zonas de media susceptibilidad intrínseca al deslizamiento (M): son áreas con presencia superficial de rocas como Areniscas cuarzosas, moderadamente meteorizadas, poco fracturadas a muy fracturadas; estratificación delgada a muy gruesa; Alternancias de conglomerados, areniscas y lutitas; moderadamente meteorizadas, en general poco fracturadas a fracturadas; estratificación delgada a gruesa; Alternancias de lutitas, silíceo-clásticas, intercalación de areniscas y calizas;

¹ (A), (M) y (B) Corresponden a las categorizaciones asignadas a los terrenos espacialmente (Ver Mapa 1.1.6)

moderadamente meteorizadas, y fracturadas; estratificación delgada a gruesa; Macizos Intrusivos rocosos de pequeña extensión y altamente meteorizados.

Zonas de baja susceptibilidad intrínseca al deslizamiento (B): áreas que presentan una composición litoestratigráfica superficial caracterizada por: Areniscas cuarzosas, bien cementadas, débilmente meteorizadas, poco fracturadas a masivas, estratificación media a muy gruesa; Alternancias de areniscas, lutitas, conglomerados y argillitas, débilmente meteorizadas, poco fracturadas; estratificación delgada a muy gruesa; Secuencias de lutitas, silíceo-clásticas; intercalaciones de lilitas, calizas, areniscas y limolitas silíceas; poco meteorizadas y fracturadas; estratificación media a muy gruesa; Alternancia de cuarcitas, esquistos, filitas, metalimolitas, metareniscas y meta conglomerados, débil a altamente meteorizadas, poco fracturadas, con sectores muy fracturadas; en capas delgadas a muy gruesas.

Con las determinaciones anteriores y tomando como factores detonantes de los movimientos en masa los grados de intemperismo o alteración de los diferentes tipos de rocas, los niveles de precipitación y la susceptibilidad estructural existente (susceptibilidad sísmica) se pueden generalizar áreas con diferentes grados de resistencia al movimiento, y en un mapa espacializar los procesos que tienen lugar como resultado de la interrelación de esas variables que a su vez corresponde a presentar la morfodinámica actual de la cuenca (ver mapa 1.1.6.1.a). En este cartograma se pueden diferenciar las siguientes áreas características:

Zonas de aporte de materiales gruesos por mar de leva (acreción marina): corresponde a la barra de separación entre Ciénaga Grande y el Mar.

Zonas de escurrimiento superficial concentrado o zonas de disección: comprende entre otras áreas (ver mapa 1.1.6.1.a) una faja angosta que corre paralela al río Cauca por su margen izquierda desde el límite sur de la cuenca hasta la posición norte a la altura (No altimétrica) de Manizales; una faja más angosta que la anterior, situada sobre el flanco occidental de la cordillera oriental que le sirve de marco al río Magdalena por su margen derecha hasta un poco antes de la ciudad de Neiva, donde se interrumpe para continuar luego sobre las dos márgenes del río hasta la altura de la población de Purificación (Tolima); el área del altiplano Cundiboyacense en su gran mayoría; una amplia zona localizada en la depresión Momposina, y un área alrededor de la Sierra Nevada de Santa Marta. Pertenece al sistema morfogénico de escarpes en retroceso con pendientes cóncavas (Int y Ext)

c) **Zona con escurrimiento superficial difuso con truncamiento.** Está constituida principalmente por dos áreas localizadas una en la vertiente occidental de la cordillera Central entre la población del Tambo (Cauca) al sur (límite sur de la cuenca) y Pto Tejada (Valle) al norte; un área al norte de la cuenca comprendida longitudinalmente entre las poblaciones de Taraza (Antioquia) y Ovejas (Sucre) se pueden describir las geformas como interfluvios de los afluentes de río Cauca la primera área y conos de terraza de la Depresión Monposina para la segunda.

Zona con escurrimiento superficial leve y difuso disección no profunda: El área de mayor extensión corresponde a una faja de terreno que corre paralela al río Cauca sobre la vertiente occidental de la cordillera Central desde aproximadamente la población de Corinto (Cauca) hasta Marsella (Risaralda). Corresponde a conos bajos sin disección o en proceso de construcción.

Zona con escurrimiento superficial difuso y concentrado: Corresponde a cerros y mesas en vías de degradación, , vertientes en posición de abrigo y divisorias controladas por plegamiento y al sistema de relictos de aplanamiento sin cobertura volcánica. Presenta una extensión muy amplia dentro de la cuenca (Ver mapa 1.1.6.1.a).

Zonas de remoción en masa fuerte (derrumbes y deslizamientos). Corresponde a áreas relictuales de aplanamiento, en rocas graníticas bajo climas húmedos; escarpes en retroceso con derrumbes y desplomes frecuentes; áreas con presencia de procesos de soliflucción generalizada con desprendimientos coluviales; vertientes controladas por plegamiento y fallamiento; conos degradados o en vías de degradación; relictos de aplanamiento con cobertura volcánica. Estas áreas como en el caso anterior presentan un cubrimiento amplio dentro de la cuenca.

Zonas de remoción en masa moderadas: Corresponde a áreas comprendidas entre alturas de 2500 y 2620 msnm situadas como es lógico sobre las vertientes, pertenecientes a la cuenca, de las cordilleras oriental y occidental y sobre los dos flancos de la cordillera central. Este es un modelado caracterizado relictos glaciares heredados en vertientes de moderada a alta pendiente y vertientes controladas por fallamiento y plegamiento.

Zonas de remoción en masa leve, soliflucción moderada y sofusión. Las áreas que la constituyen en su gran mayoría hacen parte del sistema morfogénico del modelado glaciar heredado situado a alturas entre 2700 y los 3950 msnm caracterizado por procesos de remoción moderada y de gelifracción a alturas superiores a los 3500 msnm. La sofusión también es frecuente.

Los procesos anteriores determinan amenaza si existen o están comprometidas estructuras o poblaciones humanas o si en caso de desencadenarse un evento de magnitud tal que consecuentemente y en forma indirecta afecte poblaciones o infraestructuras.

En lo relativo a la coordinación que la Corporación deberá establecer, es necesario reconocer que las definiciones anteriores corresponden como ya se indicó a generalizaciones relacionales, apoyadas de forma circunstancial y a manera de justificación teórica, por un historial acaecido, correspondiendo así, a la primera parte de un resultado sustancial, los demás capítulos deben abarcar la posibilidad del control preventivo real y debe ser desarrollado en la escala local por las autoridades encargadas legalmente de realizar este ejercicio. Por su lado la Corporación tiene la responsabilidad de adelantar todas las acciones necesarias para ofrecer la viabilidad técnica de la navegación en el río Magdalena y deberá entonces no ahorrar esfuerzos por que su objetivo se cumpla. En este orden de ideas la cooperación interinstitucional resulta ser la única forma de llevar a cabo parte de los correctivos en el campo de la hidrodinámica fluvial que ayudarán al objetivo antes mencionado. Recuérdese que las secuencias de formación y destrucción y transformación de formas terrestres (incluye causas) ostentan en la actualidad dos componentes de generación, uno natural (secuencia de alteración transporte y acumulación de materiales) y la otra, las improvisaciones estructurales (construcciones habitacionales o infraestructurales sin mediar consecuencias) además de la continua acción de aceleración de procesos naturales de transporte de materiales por medios hidrodinámicos, alusivos estos a las prácticas de retiro del soporte natural de sedimentos el ("monte")².

² A. Rojas "Coerción del lenguaje" "el monte, como tal, resulta no ser peligroso ni improductivo, estos son adjetivos relativos a la incapacidad de comprensión de lo integral. Lo que si resulta en el momento actual dañino es su sinónimo especializado "bosque protector" "bosque productor" "reforestación" relativos únicamente a árboles y al beneficio deducido económico o hídrico o edafológico o cualquier cosa parecida y no al todo "incomprendido".

El facilismo que condiciona la acción, compromete la estabilidad de las formas y obliga a la formulación de disculpas, que en nada remedian los perjuicios o desarreglos causados. Es necesario entonces tratar de conocer que se está haciendo en materia de control de degradación de formas terrestres y llegar a una concertación y compromiso sobre el *que* se debe hacer, dentro de la cuenca

1.2 Limitación y Oferta Climática e Hídrica

Hace relación a las influencias del clima sobre el territorio, posibilitando o no las actividades productivas o habitacionales de las formaciones sociales existentes en la cuenca.

Se tomarán como referentes para el análisis de este condicionamiento las definiciones de ciertas variables elaboradas por el IDEAM y la Unidad Técnica U.N. Las Variables a tener en cuenta son:

Temperaturas medias multianuales

Capacidad de almacenaje de agua por el suelo

Distribución espacial de las precipitaciones medias totales multianuales

Oferta Hídrica (tomada de los balances Hidrológicos del IDEAM)

Restricciones de la Oferta Hídrica (igualmente tomada del análisis que al respecto elaboró el IDEAM).

Mapa de isoclinas de altitud presentado por la U. Técnica, las cuales sirvieron de base a las distribuciones espaciales de temperaturas; la distribución espacial de las cabeceras municipales y distribución espacial del sistema hidrológico

1.2.1 Limitación térmica

Las dos principales variable temperatura y precipitación configuran climáticamente la oferta hídrica en un territorio dado. En este sentido, en los apartes siguientes se describirán las relaciones que posibilitan la definición de esa oferta hídrica climática y sus efectos sobre la ocupación del territorio.

1.2.1.1 Distribución espacio temporal de las temperaturas

Los gradientes térmicos del aire se presentan de forma inversa a la altitud, es decir, a mayor altitud menor temperatura. Para la cuenca Magdalénica esta distribución espacial de temperaturas del aire, ocurre con rangos que van desde los 30 °C , promedio, al nivel del mar hasta los 10°, también promedio, a alturas de 3000 msnm., resultando un gradiente de 0.625°C/100m. De esta forma se tendrían 16.9°C a los 2000 msnm y 29°C a los 50 msnm. Así la isoterma de cero grados Centígrados correspondería a una altitud de 4700 msnm . Establecido el gradiente se puede generalizar para la cuenca sin perjuicio de provocar demasiado error. Es necesario aclarar que las definiciones locales deberán acercarse a temperaturas más reales en otro estudio (mezo, microclimático) con correspondencia escalar y explicación de las anomalías que se presenten como consecuencia de las inversiones.

En lo que tiene que ver con el comportamiento temporal de las temperaturas del aire. Para efectos de esta propuesta (escala del territorio) se tomó sustento explicativo la secuencia establecida por el IDEAM que establece esas variaciones con la siguiente explicación "En general, la variabilidad de la temperatura media en los trópicos a nivel mensual es tan pequeña, que la desviación estándar es inferior a un grado celsius y en consecuencia, el Coeficiente de Variabilidad no supera el 6%, en la mayoría de los casos. Solamente los sitios localizados en la alta montaña, presentan coeficientes ligeramente más elevados,

entre 7 y 10% de variabilidad. Este aspecto, refleja claramente la dificultad de identificar la variabilidad climática de la temperatura del aire en la escala interanual".

1.2.1.2 Principales causas de la variabilidad temporal de las Temperaturas.

El mismo Instituto atribuye, al fenómeno denominado " Niño" o a su ausencia y a la Oscilación del viento en la baja estratosfera, las causas de los comportamientos temporales de las medias anuales multianuales de las temperaturas en el ámbito de la cuenca y el país, la siguiente es su explicación "En el análisis de la variabilidad climática interanual a escala global, se identifican dos ciclos de significativa importancia: el primero oscila entre 36 y 60 meses y esta asociado con la variabilidad interanual del ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur. El segundo, fluctúa entre 20 y 30 meses y esta relacionado con la Oscilación Cuasibienal del viento en la baja estratosfera. Por esta razón, en la búsqueda de la causalidad de las principales características de la variabilidad interanual de la temperatura del aire en Colombia, se toman estos dos ciclos como puntos referencia indiscutibles".

Con estos antecedentes la Región Andina de la cuenca presenta un régimen de temperaturas particularizado por la presencia de pisos térmicos, consistentes, como ya se anotó, en la disminución de la temperatura a medida que se aumenta la altura sobre el nivel del mar. En esta región se presentan núcleos o fajas bien marcadas de valores relativamente altos o bajos de temperatura (30°C por 4700 msnm) y un casi constante valor de las medias mensuales distribuidas durante todo el año.

En la zona de sabanas de la costa atlántica pertenecientes a la cuenca y prácticamente en todo el valle del Magdalena, Cauca, y Sogamoso las temperaturas oscilan entre 28, 30°C. Y 25°C.

1.2.1.3 Limitaciones térmicas de ocupación del territorio de la cuenca

La limitación que aquí se expone tiene sentido si se consideran por fuera del análisis las formaciones poblacionales oriundas de cada región. Los índices de bienestar tienen una definición soportada sobre la distribución espacial de las temperaturas, es decir, la posibilidad de ocupación masiva de una región depende, en buena parte, de la ordenación natural existente de las isoterms. La velocidad del viento y los valores promedio mensuales de las lluvias complementan el criterio de limitación.

Como preámbulo a la aplicación del criterio de limitación térmico de ocupación, es razonable exponer otras condiciones, que sin ser académicas, responden a la necesidad de su establecimiento. A las áreas con condiciones térmicas entre 12 y 26°C se les adjudica la calificación de áreas con climas de alto y medio bienestar, a las demás áreas les corresponden las calificaciones de bajo y muy bajo bienestar que las hacen poco apetecidas para ser ocupadas (se recuerda la referencia efectuada para los habitantes oriundos). En estas condiciones la zona andina y los valles altos de la cuenca, presentan buenas a medias posibilidades de desarrollos urbanos, comerciales, industriales, y de servicios. por su lado los valles bajos y las planicies costeras presentan rechazo a posibilidades de obtener los mismos desarrollos.

Los índices de bienestar están sustentados por relaciones paramétricas donde se incluye indefectiblemente el parámetro temperatura del aire, es más, al índice de bienestar o confort climático debiera llamársele confort térmico. El viento ocupa para efectos de la anterior calificación un lugar preponderante a la hora de definir si un lugar es apto para el desarrollo de actividades de vivienda, económicas e incluso intelectuales. Este parámetro, se pudiera decir, decide si una región calificada como no apta térmicamente tiene posibilidad de ser ocupada (climáticamente hablando).

Con estos antecedentes tenemos que:

Las áreas con temperaturas arriba de 26°C (o por debajo de los 540msnm) no son aptas para el desarrollo de asentamientos humanos, a menos que, la presencia constante o en la mayor parte del año del viento favorezca la condición de bienestar (ciudades y pueblos Costeros de la cuenca).

Las áreas con temperaturas por debajo de 12°C tampoco son aptas para el desarrollo de actividades humanas. Esta calificación corresponde a alturas superiores a 2770 msnm.

A las anteriores áreas habría que sumar o restar aquellas zonas, que por condiciones locales del relieve e influencia del vector viento, se califican climáticamente como de inversión térmica favorable o desfavorable al bienestar climático. Las áreas así concebidas concuerdan con zonas áridas, de páramo, mesetas, altiplanos, etc., que por escala o falta de información no figuran en el mapa 1.2.1.3 de Índice de Confort térmico.

La temperatura, por otro lado, relacionada con la precipitación, la humedad relativa, la radiación solar, la capacidad de retención de agua de los suelos, la cobertura vegetal, la porosidad de las rocas, su estado de fracturamiento y su disposición sobre la superficie, ofrece la posibilidad de cálculo de la variable oferta hídrica que divide el territorio de la cuenca en otras áreas que posibilitan o restringen las acciones de las formaciones sociales que las habitan. En los apartes siguientes se presentaran los resultados de esta interacción relacional paramétrica.

1.2.2 Limitación y Oferta Hídrica

Será tratada como resultado ya calculado del estudio del IDEAM (ver estudio IDEAM 2001) y contextualizadas a la luz de dos aspectos que, para efectos de esta zonificación resultan de gran interés: la posibilidad de ocupación del territorio por formaciones humanas y la posibilidad de regulación hídrica o condicionamiento hidrológico de la cuenca. Esta limitación está considerada dentro del ámbito climático por ser el clima la fuente genética de su ocurrencia, en especial, para este caso, las interrelaciones entre los parámetros temperatura, evaporación, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento que posibilitan, como resultado, la existencia de la escorrentía.

1.2.2.1 Posibilidad Hídrica de Ocupación de la Cuenca.

La cantidad de agua existente y disponible para el desarrollo de actividades, sociales, económicas, culturales y recreacionales, constituye un factor decisivo en posibilidad de ocupación de un territorio. En el caso de la cuenca, esta oferta hídrica fue calculada (IDEAM, 2001) a través del relacionamiento de los parámetros siguientes:

La interacción de las diferentes fases del ciclo hidrológico constituyen la base de la ecuación del balance hídrico, donde las entradas corresponden a los procesos de precipitación en forma de lluvia o en algunos lugares en forma de nieve y, las aguas superficiales y subterráneas, que presuponen el análisis de las características de sus respectivos receptores en materia de capacidad de retención, velocidad de infiltración, gradiente hidráulico, transmisividad, grado de fracturamiento, composición mineralógica, permeabilidad, etc., presentadas en porcentajes de infiltración provenientes de la precipitación. Las salidas de la ecuación están constituidas por la evapotranspiración potencial (evaporación desde la superficie del

suelo y desde una masa de agua como consecuencia de la acción combinada de la temperatura del aire, su humedad relativa, la radiación solar en el límite de la atmósfera, la velocidad del viento medida a menos de 10 metros sobre la superficie y la transpiración de las plantas e intercepción de agua realizado por ellas), así como la salida de agua en forma de escorrentía superficial y subterránea como resultado final del análisis y fuente abastecedora y, por supuesto, posibilitadora de la existencia del sistema hidrológico.

En la evaluación de los recursos hídricos se considera tanto la oferta superficial como la subterránea, definiéndose como oferta hídrica superficial la cantidad de agua que discurre por la superficie de la tierra o se encuentra almacenada especialmente en los estados sólido y líquido. La oferta hídrica subterránea, como complemento de la superficial, fluye y se encuentra almacenada en el subsuelo, en capas acuíferas de tipo confinado, libre o semiconfinado.

Para estimar el potencial hídrico superficial el IDEAM utilizó la información suministrada por la red de estaciones hidrométricas que el instituto maneja, con la cual se construyó el mapa de escorrentía y rendimientos, usados en el cálculo de la oferta total a nivel de cuencas, municipios y cabeceras municipales. Sobre esta base definitoria de límites hidrológicos se construyó el mapa 1.2.2.1 que divide la cuenca en tramos de alto medio y bajo Magdalena y alto medio y bajo Cauca hidrológicamente hablando como se presenta en los apartes siguientes. Para el recurso subterráneo se tomó en cuenta la geometría o extensión de las unidades acuíferas, su espesor y parámetros hidráulicos de las mismas, tales como la transmisividad y el gradiente hidráulico.

1.2.2.2 Zonificación preliminar del recurso agua superficial

El IDEAM estableció una zonificación primera que presenta, para fines del análisis de la escorrentía una homogenización vista desde las características morfométricas de las corrientes de agua que componen cada una de las zonas determinadas.

Esta zonificación permite, por su génesis, efectuar cálculos teóricos de caudales a partir de información pluvial y deducir, a partir de estos caudales también teóricos, conjugando o relacionando los precipitaciones con las isotermas y/o más precisamente con las líneas de evapotranspiración real o potencial, la base de la oferta hídrica representada por la escorrentía. Los caudales así conseguidos representan para esta propuesta un punto de partida para la determinación de la oferta del recurso que registra la cuenca, como ya se anotó. Las zonas identificadas con caracterización morfométrica homogénea se presentan a continuación con su respectiva descripción hidrológica general (Ver mapa 1.2.2.1).

El Río Magdalena Características Fisiográficas y Geomorfológicas Generales.

El río Magdalena, es la corriente de agua más importante del país, nace en la laguna de la Magdalena, localizada a 01° 56' de latitud Norte y 76° 35' de longitud Oeste, en el extremo Sur-occidental de una pequeña planicie del páramo de las papas, en el macizo colombiano, conocida igualmente, como el valle de las papas, a 3.685 m.s.n.m., en el departamento del Huila

El río forma un valle asimétrico alargado, con dirección Sur - Norte, tiene un área total de 257,440 km², que equivale al 23 % de la superficie total del país, allí se localizan 722 municipios y se asienta más del 80 % de la población colombiana, vierte sus aguas a través de dos bocas en el mar Caribe después de recorrer 1540 km con un caudal medido en Calamar, antes de la bifurcación, del orden de los 7100 m³/s.

La pendiente del curso del río esta dada por las siguientes alturas en metros sobre el nivel del mar: En su nacimiento 3,685, en Neiva 472 en Girardot 326, en Honda 229, en Puerto Berrio 126, en Barrancabermeja 71, en El Banco 33, en Calamar 15 y en Bocas de ceniza 0; es decir que hasta Neiva la pendiente es de 14.5 m/km, esta parte de la cuenca tiene características de pendiente media alta, los caudales presentan un régimen torrencial y se concentran rápidamente en el cauce principal, los cuales son amortiguados en el embalse de Betania. La pendiente media del cauce es alta y la densidad de drenaje es relativamente media. Los rendimientos hídricos varían de una cuenca a otra, sin permitir identificar un patrón promedio. A partir de Neiva la pendiente media es de 0.35 m/km hasta su desembocadura; indica que en esta parte de la cuenca, los caudales presentan una tendencia amortiguada, consecuentemente, las velocidades disminuyen y los procesos de erosión se reducen, por lo cual, se presentan incrementos en las depositaciones de sedimentos; en periodos lluviosos el cauce principal alimenta las partes bajas y las ciénagas.

A lo largo de su curso el río Magdalena recibe un sin número de corrientes entre ríos, quebradas, arroyos y caños, que se han clasificado teniendo en cuenta un orden hidrográfico, en el cual el río Magdalena es la corriente principal y le corresponde el orden uno (1), sus afluentes directos de orden dos (2), los que tributan a éstos de orden tres (3) y así sucesivamente hasta el orden cinco (5); La cuenca Magdalena contiene 42 corrientes de segundo orden, 74 de tercer orden, 30 de cuarto orden y solamente 5 de quinto orden. Para un total de 151 cuencas con área mayor a 500 km².

Entre los tributarios más importantes desde el punto de vista del caudal que vierte y del tamaño de la cuenca, tenemos: por la margen izquierda, los ríos Páez, Yaguará, Bache, Saldaña, Coello, Totaré, Gualí, La Miel, Nare, San Bartolomé, Cimitarra, Simití, Cauca y San Jorge; por la margen derecha aportan sus aguas los ríos Suaza, Neiva, Cabrera, Prado, Sumapaz, Bogotá, Negro, Carare, Opón, Sogamoso, Lebrija y Cesar. En el medio y bajo Magdalena se localizan un gran número de ciénagas como las de Chilloa, Simití, Zapatosa y la grande de Santa Marta. Esta densa red hidrográfica baña los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Huila, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Santander, Norte de Santander, Cesar, Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena y Guajira.

Es importante resaltar que de los 43 tributarios de segundo orden, 28 tienen áreas mayores a 1000 km² y dentro de éstos el río Cauca aporta aproximadamente un 32% del caudal total del río Magdalena, en Bocas de Ceniza.

a) Cuenca Alto Magdalena

En su trayecto inicial el río Magdalena recorre el sector comprendido entre la bifurcación de las cordilleras Central y Oriental, con una dirección Oeste - Este, a partir del municipio de Garzón toma la dirección Norte, la cual conserva hasta su desembocadura. Esta unidad morfométrica de comportamiento hidrológico homogéneo general, está limitada por el área comprendida desde el nacimiento del río en el Macizo Colombiano, hasta la población de Honda. (Ver mapa 1.2.2.1).

El río tiene hasta este sitio (Honda) una longitud de 565 Km., un área de 55,441 Km², y un caudal promedio 1,385 m³/s medido en la estación de Arrancaplumas. En la parte alta de cuenca, desde su nacimiento hasta la confluencia con el río Yaguará, se encuentra que el drenaje natural de la cuenca oscila con valores medios alrededor (0.50) y las características fisiográficas de las cuencas que la conforman de segundo a cuarto orden son muy similares, presentan pendientes medias con un valor promedio de 125 m/Km, y de forma pseudo-ovalada.

Las condiciones naturales del drenaje del río Magdalena se ven alteradas seriamente a partir de la regulación que ejerce el embalse de Betania, sin embargo, esta regulación permite manejar en alguna medida los caudales pico. Aguas abajo, recibe directamente, seis cursos naturales, los ríos Neiva, Bache, Villavieja, Aipe, Pata y Cabrera; estas cuencas presentan una densidad de drenaje de media a alta con valores desde 0.65 hasta 1.10.

Entre los cuerpos de agua más importantes en este sector de la cuenca sobresalen las Lagunas La Magdalena, El Juncal, Fúquene y Suesca y los embalses de Betania, Prado, Muña, Tominé, Sisga y Neusa.

Se localizan importantes ciudades y puertos fluviales como Neiva, Purificación, Girardot, Ambalema y Honda.

Entre sus afluentes más importantes están los ríos Suaza, Páez, Yaguará, Neiva, Ceibas, Bache, Cabrera, Prado, Saldaña, Sumapaz, Coello, Bogotá, Totaré y Gualí.

b) Cuenca Medio Magdalena

Se establece desde la ciudad de Honda, hasta aguas arriba de la confluencia del río Cesar en el municipio de El Banco, departamento del Magdalena; donde el río lleva un recorrido de 1,107 Km., la cuenca de drenaje con un área de 161,292 km² y un caudal promedio registrado en la estación el Banco de 4,224 m³/s.

En esta zona, se localizan un gran número de ciénagas, que se forman por la dinámica fluvial y las geoformas de la zona plana, convirtiéndose en áreas de amortiguamiento que dependiendo de los caudales del río, actúan como afluentes o efluentes; entre los puertos fluviales se encuentran: Puerto Salgar, Puerto Boyacá, Puerto Berrio, Barrancabermeja, Puerto Wilches, Gamarra, La Gloria y Tamalameque.

Los cuerpos de agua más importantes son: los embalses, La Miel, El Peñol, Guatapé, San Carlos y las ciénagas de Maraňal, Palagua, Opón, San Juan, San Silvestre, Paredes, Barbacoas, Las Lajas, Doncellas, Simití y Zapatosa.

Son sus afluentes más importantes los ríos La Miel, Negro, Nare, San Bartolomé, Carare, Opón, Sogamoso, Cimitarra, Simití - Boque y Lebrija.

c) Cuenca Bajo Magdalena.

Comprende desde la confluencia del río Cesar en el municipio de El Banco, hasta su desembocadura en el mar Caribe, registra una longitud total de 1,540 Km., un área de drenaje de 266,541 km². y un caudal promedio de 7,100 m³/s, en Calamar.

En esta parte de la cuenca del río Magdalena, se encuentra la depresión Momposina, el área más anegadiza del país, debido a la acentuada red fluvial, principalmente ciénagas, caños y arroyos, y por la bifurcación del río Magdalena que forma los Brazos de Loba y Mompós, éstos se vuelven a unir al

Sur de Tacamocho. Aguas abajo, a la altura de Calamar se encuentra el Canal del Dique, construido desde la época de la colonia, el cual desemboca en el mar Caribe al Sur de Cartagena.

Las principales ciénagas que hacen parte de esta densa red hidrográfica son: Chilloa, La Cuba, Iguana, Malibú, Zarate, Sapayan, Cerro de San Antonio, Pivijay, María la Baja, La Virgen y el Totumo, también se localiza el embalse de El Guájaro que alimenta el distrito de riego el Limón.

En esta parte de la cuenca se localizan entre otros los siguientes puertos fluviales Barranco de Loba, Pinillos, Magangué, Mompós, San Zenón, Plato, Calamar y Barranquilla.

El río Magdalena es navegable, por pequeñas embarcaciones desde la Ciudad de Neiva, hasta Honda; eventualmente por embarcaciones de mayor calado hasta Puerto Berrio y por embarcaciones grandes hasta su desembocadura al mar Caribe, tanto por el canal principal del río como por el canal del Dique.

El Río Cauca: Características Fisiográficas y Geomorfológicas Generales

El Río Cauca se caracteriza por tener una forma rectangular, cuyo factor de Compacidad (1.32), esta característica fisiográfica representa la relación entre el perímetro con la longitud del círculo asociado a la cuenca, le permite evaluar y estimar diferentes tiempos de concentración de las crecidas a lo largo de la cuenca, con lo cual, es posible establecer medidas de control y prevención por posibles eventos de inundación.

Cuenta con 18,862 km² de cubrimiento con bosques que equivale al 32% del área de la cuenca el río Cauca; lo cual refleja ser una cuenca mejor regulada en especial en la parte media y alta, por generar los rendimientos mínimos mayores y por la densidad de drenaje menor que en la cuenca del río Magdalena, lo cual le permite un mejor control en los caudales máximos como en las crecidas y la duración total de avenidas.

La cuenca tiene una pendiente media alta 302 m/km, mayor a la de la cuenca del río Magdalena, lo que refleja una mayor tasa de erosión, debido a las altas pendientes.

El río Cauca nace en el Macizo Colombiano, páramo de Sotará, en el departamento del Cauca, a los 2° 00' de latitud Norte y 76° 34' de longitud Oeste, desemboca en el río Magdalena a la altura del municipio de Pinillos, departamento de Bolívar, tiene una longitud total de 1180 Km, un área de 59.840 km² y un caudal promedio de 2275 m³/s. Su curso se halla encauzado entre las cordilleras Central y Occidental, al igual que el río Magdalena sigue una dirección Sur Norte y drena superficies de los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquía, Sucre y Bolívar.

Cuenca Alto Cauca

En su tramo inicial el río Cauca recorre territorios de los departamentos del Cauca y Valle del Cauca, drena un valle interandino formado entre las cordilleras Occidental y Central. Se consideró Alto Cauca hasta el municipio de la Virginia, el río Cauca hasta este sitio tiene una longitud de 531 km, un área de 22800 km², y un caudal medio de 532 m³/s, medido en la estación de la Virginia, en este sector de la cuenca se localizan importantes ciudades como Popayán, Cali, La Victoria y La Virginia. (Ver mapa 1.2.2.1).

El embalse de la Salvajina es el principal cuerpo de agua que se localiza en esta parte de la cuenca. Los principales afluentes son los ríos: Negro, Piedras, Hondo, Sucio, Palacé, Piendamó, Ovejas, Timba, Jamundí, Palo, Fraile, Guadalajara, Amaime, Tulúa, Bugalagrande, La Vieja, y Risaralda.

En esta parte de la cuenca, desde su nacimiento hasta la confluencia con el río Risaralda, el drenaje natural oscila con un valor promedio 0.55 Km/km^2 , es decir que es una cuenca medianamente drenada en donde la mayoría de las corrientes drenan desde el flanco occidental de la cordillera central.

La pendiente media de la cuenca es de 149 m/km , corresponde a una pendiente alta, principalmente, desde su nacimiento hasta la desembocadura del río Palo; tiene una forma rectangular, característica de las cuencas que presentan un desigual tiempo de concentración de la escorrentía.

e) Cuenca Medio Cauca

El medio Cauca se considera desde La Virginia hasta Puerto Valdivia, departamento de Antioquia; donde el río lleva un recorrido de 905 Km y la cuenca tiene una área de drenaje de $37,966 \text{ Km}^2$ y un caudal promedio registrado en la estación puerto Valdivia de $1,184 \text{ m}^3/\text{s}$; este sector, se caracteriza por la escasez de lagunas, ciénagas y embalses, dado las condiciones fisiográficas de la cuenca, localizándose las lagunas de Otún en el parque natural de los Nevados, en el departamento de Risaralda y la ciénaga El Cedral en Buga, departamento del Valle. (Ver mapa 1.2.2.1).

Sus afluentes más importantes son los ríos: Otún, chinchiná, Arma, San Juan, San Andrés e Ituango.

f) Cuenca Bajo Cauca

Comprende a partir de puerto Valdivia hasta su desembocadura en el río Magdalena en el brazo Barranco Loba, registra una longitud total 230 Km , un área de drenaje $9,077 \text{ km}^2$ y un caudal promedio de $2,364 \text{ m}^3/\text{s}$. registrado en tres cruces, departamento de Bolívar. En esta parte de la cuenca se presenta el área más anegadiza del río Cauca, debido al gran número de ciénagas, arroyos y caños que permite conjuntamente con el río San Jorge alimentar la región de la Mojana.

La red de drenaje es 0.45 km/km^2 , corresponde a un valor bajo y tributan sus aguas los ríos Tarazá y Man por su margen izquierda; el río Nechí por la margen derecha, es el principal afluente de esta parte de la cuenca del río Cauca y que a partir de la confluencia de éste alimenta las ciénagas de la Raya, Grande, Caribona, la Cruz y el Sector de la Mojana.

En esta parte de la cuenca se localizan entre otros los puertos fluviales de Caucasia, Nechí, Guaranda y Achí; el río Cauca es navegable para pequeñas embarcaciones desde Valdivia hasta Caucasia; y a partir de este último puerto fluvial, por embarcaciones de mayor calado hasta la desembocadura en el río Magdalena.

El régimen natural del drenaje del río Cauca se altera a partir de la regulación que ejerce el embalse de La Salvajina, esta regulación permite manejar en alguna medida los caudales pico. La densidad de drenaje oscila alrededor de 0.48 km/km^2 , corresponde a una cuenca con características bajas de drenaje y se acentúa a medida que desciende el curso del río.

1.2.2.2 Oferta hídrica

Con base en la anterior zonificación se presentan a continuación los resultados de la cuantificación de la oferta hídrica como soporte de la zonificación preliminar por limitación hídrica que se realizará al final de este ítem.

1.2.2.2.1 Balance Hídrico

La base conceptual que permite la estimación, cuantificación y representación de la oferta de agua para los diferentes fines específicos, es la ecuación del balance hídrico, donde se integran las fases del ciclo hidrológico. La escorrentía como componente fundamental de la ecuación permite, mediante la construcción de sus isolíneas, relacionarse con las áreas de los municipios, cabeceras municipales y cuencas para obtener los volúmenes de agua producida en su jurisdicción.

A partir de la cuantificación de la oferta de agua con base en el balance hídrico, se determinan los volúmenes de agua por escorrentía asociada a los rendimientos hídricos (producción de agua por unidad de área) y de los acumulados de drenajes aguas arriba de las diferentes unidades de análisis en la cuenca Magdalena-Cauca. También se establece el índice de aridez como indicativo o calificativo de la disponibilidad de agua en el territorio de la cuenca y se infiere como consecuencia de la aplicación de este Índice la posibilidad o mejor la limitación, que en el momento (climático) actual, experimenta la cuenca para el desarrollo de asentamientos humanos y de actividades económicas.

Con los resultados de esta relación de parámetros o balance hídrico se zonificó la cuenca en áreas con características u oferta hídrica homogénea y particularmente calculados para cuencas o las mismas zonas predefinidas en párrafos anteriores. Para una mejor comprensión de estos resultados se tomó la tabla indicativa elaborada por el IDEAM que además de lo correspondiente, de manera estricta, a las variables resultantes del cálculo se incluyeron los índices de aridez que vienen a confirmar la condición, limitante o no, de cada zona.

El índice de aridez se calculó a partir de las variables predefinidas en el balance hídrico como son: la evapotranspiración real, la precipitación promedio, la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, descifrada esta última del relacionamiento existente entre sus características físicas y los estados promedios de las precipitaciones o aportes naturales de agua. (Ver tabla siguiente).

Tabla Datos Característicos del Balance Hídrico

Áreas Hidrográficas	Área Km ²	P (mm)	Esc. (mm)	q. l/s/ Km ²	ETR (mm)	ETP (mm)	Índice de Aridez	Coefficiente de Escorrentía
Alto Magdalena	55937	1535	901	29	639	1253	0.49	.059
Sabana de Bogotá	3569	966	365	12	542	1232	0.52	0.38
Medio Magdalena	83514	2185	1259	40	926	1328	0.30	0.58
Río Sogamoso	23088	1666	900	29	797	1269	0.37	0.54

Bajo Magdalena	43360	1632	702	22	930	1570	0.41	0.43
Río San Jorge	15378	1893	823	26	1070	1456	0.27	0.43
Río Cesar	22771	1703	802	25	902	1633	0.45	0.47
Alto Cauca	22364	1870	1030	34	796	1233	0.35	0.57
Medio Cauca	19029	2708	1507	48	1201	1214	0.01	0.56
Bajo Cauca	18840	3477	1815	58	1663	1812	0.10	0.52
Río Nechí	15312	3508	1859	59	1648	1812	0.10	0.53

Fuente: IDEAM., 2001.

Nota: El ejercicio se extendió a todas las cuencas con extensiones mayores o iguales a 500km² (ver tablas relacionadas en el estudio del IDEAM 2001)

1.2.2.3 Zonificación de la cuenca Magdalena Cauca según su oferta o limitación hídrica

La zonificación que se presenta en los apartes siguientes tiene el carácter de ser definitiva en las actuales condiciones del conocimiento, pero debe tomarse, por ningún motivo como acabada. (Ver mapa 1.2.2.3). La particularidad de esta zonificación descansa sobre el presupuesto de la génesis de los recursos hídricos en el sentido de considerar la presencia alternada de ciclos de alta y baja humedad como una consecuencia lógica de las condiciones climáticas naturales que predominan en la cuenca. La manifestación de tendencias semejantes, en cuanto a oscilaciones, permitió entonces determinar, en puntos de observación o estaciones hidrométricas, condiciones de homogeneidad hídrica en la cuenca.

Las condiciones de la descripción siguiente, no son otras que los balances hídricos, el cálculo de los rendimientos, y la definición de los índices de variabilidad y regulación de las cuencas comprendidas dentro de cada zona predefinida en apartes anteriores (Alto Magdalena, Medio Magdalena, etc). A fin de evaluar el potencial de regulación en la cuenca del Río Magdalena se identificaron 18 subzonas homogéneas, *mapa 1.2.2.3*. Estas zonas se caracterizaron individualmente a través de curvas típicas de duración de caudales medios diarios. Con estas curvas se analizan las condiciones de disponibilidad y variabilidad del recurso agua en el área de estudio.

Los indicativos que se han tomado para clasificarlas son el Índice de Variabilidad y el Índice de Regulación (Índice de regulación: es un factor que indica el grado de regulación hídrica natural definido como la relación del área parcial de la curva por debajo de la línea del caudal promedio de la serie, sobre el área total bajo la misma curva de duración, en otras palabras corresponde al comportamiento espacio – temporal de las corrientes de agua involucradas por su lado el índice de variabilidad se definido como el factor que muestra la variabilidad de los caudales promedios dentro de un año típico (comportamiento temporal - ver informe de IDEAM.-).

Las categorías o rangos de los Índices de Variabilidad (IV) y de Regulación (IR) se han definido por el IDEAM de la siguiente manera:

Índice de Variabilidad		Índice de regulación		Convención
0.00 – 0.20	Muy baja	0.81 – 1.00	Muy Alta	
0.21 – 0.30	Baja	0.71 – 0.80	Alta	

0.31 – 0.50	Media	0.51 – 0.70	Media	
0.51 – 0.70	Alta	0.31- -0.50	Baja	
0.71- 1.00	Muy Alta	0.00 – 0.30	Muy baja	

Para definir el grado de regulación de las diferentes áreas hidrográficas en que se ha subdividido la cuenca del río Magdalena, el IDEAM tomó como indicativos de clasificación los Índices de Variabilidad (IV), que se define como el factor que muestra la variabilidad de los caudales promedios dentro de un año típico (comportamiento temporal), y el Índice de Regulación (IR), entendido como el factor que indica el grado de regulación hídrica natural definido como la relación del área parcial de la curva por debajo de la línea del caudal promedio de la serie, sobre el área total bajo la misma curva de duración, tomados los dos Índices de las curvas de duración de caudales medios diarios representativas en cada caso, elaboradas también por el IDEAM.

Las categorías de los índices de variabilidad (IV) y de Regulación (IR) se han definido de la siguiente manera:

a) Zona del Alto Magdalena.

La distribución espacial y la variación temporal anual de la escorrentía (objetivo del cálculo del balance) , durante un año medio, en el alto Magdalena, considerado hasta la población de Honda, se presenta, según IDEAM, con las siguientes características:

Se definieron dos comportamientos hidrológicos muy diferenciados, uno monomodal en la parte superior del alto Magdalena, aguas arriba del embalse de Betania, y el otro bimodal que cubre un área más extensa, desde el embalse hasta la ciudad de Honda. Para el sector con régimen monomodal el período de mayor humedad se encuentra comprendido entre los meses de junio a agosto y el de menor humedad corresponde a los meses de diciembre a marzo.

En la zona de régimen bimodal se observan dos períodos bien definidos de alta humedad, el primero va de abril a junio y el segundo de octubre a noviembre, distinguiéndose el primero como el de mayores aportes. Se observa igualmente que para los ríos que tienen origen en la cordillera central, aunque se mantiene la distribución bimodal se manifiesta una baja variabilidad por la acción de regulación del régimen nival (las regulaciones se deben entender como la variación temporal de los caudales - escorrentía- dentro de cada cuenca particular).

Las cuencas ubicadas antes del embalse de Betania presentan individualmente una regulación más alterada o menos homogénea respecto a las cuencas ubicadas después del embalse con mejor regulación de caudales.

En la cuenca Alta del Magdalena se identificaron seis sub-zonas con características similares de rendimiento, comportamiento temporal y regulaciones significativas provenientes de curvas de duración de caudales típicas para cada una, a saber:

Sub_ zona comprendida entre el embalse de Betania y las cabeceras del río Magdalena, incluyendo las cuencas de los ríos Neiva, Guarapas, Suaza, Páez, La Plata y las Ceibas.

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Yaguará, Bache y Aipe, Villanueva y Villavieja.

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Saldaña, Ortega, Cucuana, Chili, Totaré, Anoyá, Blanco y Coello.

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Prado, Sumapaz, Cabrera y Negro.

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Seco (San Juan de río Seco).

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Bogotá, Oibita, Chiquito, y parte alta de las cuencas de los ríos Chicamocha, Moniquirá y Suárez.

De acuerdo con la clasificación anterior, propuesta por el IDEAM, las sub-zonas presentan los siguientes valores de regulación para cada una de ellas. (Ver mapa .12.2.3).

<i>Sub-Zona</i>	<i>Índice de regulación</i>	<i>Descripción</i>
1		Regulación Natural Alta
2		Regulación Natural Media
3		Regulación Natural Alta
4		Regulación Natural Media
5		Regulación Natural Baja
6		Regulación Natural media

Fuente: IDEAM 2001

La estación hidrológica de Arrancaplumas (Honda), se considera representativa del Alto Magdalena por cuanto aparece allí concentrado todo su drenaje. Para tal efecto el IDEAM realizó un análisis de frecuencias de caudales extremos a fin de definir los caudales mínimos y máximos que aquí se retoma con el siguiente resultado:

“El valor característico de la curva de duración para los caudales mínimos es de 500 m³/s (97.26%) y el caudal mínimo medio de la serie observada corresponde a 430 m³/s. Esto indica que la cuenca garantiza un caudal igual o superior durante todo el año de 500 m³/s, mientras que el caudal mínimo promedio diario, correspondiente a una serie histórica de 60 años, presenta un período de retorno de 5 años, permitiendo establecer que el comportamiento hídrico de la cuenca es muy estable y no tiene grandes variaciones en los aportes mínimos”.

“El caudal máximo instantáneo con una frecuencia anual es de 3550 m³/s y el máximo registrado durante todo el período de observación es de 4570 m³/s, valor que corresponde a un periodo de retorno de 50 años”.

b) Zona Medio Magdalena

Para esta zona el IDEAM hace la siguiente descripción.

El Medio Magdalena definido entre el Salto de Honda y la desembocadura del río Cesar, presenta un régimen bimodal, donde los meses de mayo y junio son los de mayor escurrimiento en el primer

semestre, mientras que octubre y noviembre en el segundo. Igualmente se caracteriza porque el período de estiaje se presenta con mayor rigor en los meses de febrero, marzo y agosto.

En esta región se aprecia, por el costado occidental, que la cuenca del río La Miel es la de mayor escorrentía, registrándose, en los meses de mayo y noviembre una lámina promedio mensual multianual de 350 mm, equivalente a 135 litros por segundo por kilómetro cuadrado (l/s.km²), convirtiéndose en la cuenca de mayor rendimiento del medio magdalena.

Por el costado oriental se distinguen las cuencas del los ríos Opón y Carare, muy similares en su comportamiento hidrológico, con escorrentía promedio, en los meses de mayor precipitación, (mayo, octubre y noviembre) por encima de 200 mm., rendimiento que está por el orden de los 75 l/s./km².

Hacia aguas abajo de la confluencia de estos anteriores ríos, se observa que el rendimiento disminuye sustancialmente como se aprecia en las cuencas del río Lebrija, por el flanco derecho, y la del río Simití, por el costado izquierdo del río Magdalena, donde los meses de mayor rendimiento corresponden a octubre y noviembre con una escorrentía promedio mensual multianual cercana a los 150 mm., que representa un rendimiento cercano a los 55 l/s./km².

Para los períodos de estiaje, las cuencas mas afectadas corresponden a las de los ríos Simití y Lebrija con menos de 50 mm de escorrentía (19 l/s./km²), mientras que en el sur occidente y sur oriente de esta área hidrográfica, el río San Bartolomé, para los meses de febrero y marzo y el río Negro en los meses de julio y agosto registran escorrentía, igualmente, por debajo de los 50 mm.

En la cuenca Media del Magdalena se identificaron dos sub-zonas (Ver mapa 1.2.2.3) con características similares de rendimiento, comportamiento temporal y regulaciones significativas provenientes de curvas de duración de caudales típicas para cada una, a saber:

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Tobia, Chirche, Opon, Oponcito, Chicurí, Cáchira, Carare, Negro, Bajo Sogamoso y Lebrija.

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Fonce, Tunebo Servitá, Guaca y Nevado.

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Lagunilla, Gualí, Cocorná, Santo Domingo, Nare, Guatape, Cimitarra, La Miel y Honda.

De acuerdo con la anterior clasificación del índice de regulación, elaborada por el IDEAM, las sub-zonas presentan los siguientes valores de regulación hídrica.

<i>Sub-Zona</i>	<i>Índice de regulación</i>	<i>Descripción</i>
1		Regulación Natural Media
2		Regulación Natural Alta
3		Regulación Natural Media

Fuente: IDEAM 2001

La curva de duración de la estación Puerto Berrío, elaborada por el IDEAM, tomada como representativa para la zona del Medio Magdalena, indica que el caudal mínimo característico es de 1000 m³/s y el

mínimo promedio diario de la serie 770 m³/s. Por tanto, se garantiza durante todo el año caudales iguales o mayores de 1000 m³/s y se espera que una vez en 20 años se produzca un valor equivalente al caudal mínimo de la serie.

El caudal máximo registrado en este puerto es de 7900 m³/s correspondiendo a un período de retorno de 100 años, mientras el caudal máximo que anualmente se espera que ocurra es de 5700 m³/s.

c) Zona Bajo Magdalena

El régimen hidrológico del bajo Magdalena se caracteriza por registrar dos épocas de aportes significativos que van desfasadas con respecto al régimen natural del clima. Este fenómeno se debe al amortiguamiento que las ciénagas ejercen sobre las ondas de crecidas de los ríos y a la precipitación local; lo cual permite que la evacuación se presente con un tiempo de retardo a las condiciones húmedas normales de las cuencas medias y altas. Las características hidrológicas más relevantes en lo que tiene que ver con el comportamiento espacio-temporal de las corrientes de esta zona se puede sintetizar, según el IDEAM en:

A esta zona le tributan dos ríos de gran importancia cuyos orígenes son la Sierra Nevada de Santa Marta y el Nudo de Paramillo, ellos son los ríos Cesar y San Jorge respectivamente. Al río Cesar corresponde un rendimiento que supera ligeramente los 15 l/s.km², en tanto que la cuenca del río San Jorge tiene un rendimiento promedio anual de 44 l/s.km²; esto determina que el promedio anual para toda la zona del bajo Magdalena sea de 23 l/s.km², aunque el aporte directo de la zona cenagosa solo sea del orden de 9 l/s.km².

La temporada seca en esta área hidrográfica se presenta durante los meses de febrero, marzo y abril con 40 mm de escorrentía media mensual, equivalente a un rendimiento de 15 l/s.km², mientras que la temporada húmeda se extiende de mayo a noviembre, presentando una reducción en el mes de agosto, lo que permite un alivio para que las ciénagas vuelvan a recuperar, en parte, su capacidad de almacenamiento para la siguiente temporada invernal, cuyo mes de máximo rendimiento es noviembre con 60 l/s.km². Igualmente, se caracteriza esta área hidrográfica porque en ella se encuentran zonas como el costado nor-oriental de la cuenca del río Cesar y el área costera del departamento del Atlántico con rendimientos promedios anuales de 6 l/s.km². En los meses de mayor estiaje, que van de enero a marzo, se registran valores cercanos a 5 l/s.km²; teniendo, por esta razón, que recurrir a la explotación del agua subterránea, mapa 1.2.2.3

La variación multitemporal de la escorrentía es definida en el análisis de la curva de Diferencias Integrales, donde muestra que la estación de Peñoncito, límite de las áreas hidrográficas del medio y bajo Magdalena, registra una fase de humedad con una fuerte tendencia a la disminución que inicia en 1984 y alcanza su máximo descenso en 1988, mostrando luego una pequeña recuperación para continuar con la tendencia de descenso en 1991.

En la estación hidrométrica de Calamar sobre el río Magdalena, se observa un desfase con respecto a las tendencias de las estaciones Peñoncito y Regidor, en el Medio Magdalena, definiéndose así, el Bajo Magdalena, un régimen propio inducido por la regulación del sistema cenagoso. Al evaluar el hidrograma de caudales promedio mensual multianual de las estaciones del Bajo Magdalena se identifica una amplitud de 3900 m³/s en Regidor y de 5690 m³/s en Calamar.

En la cuenca baja del Magdalena el IDEAM elaboró curvas de duración de caudales típicos para definir las características hidrológicas y de regulación de las sub-zonas que identifican la región (Ver mapa 1.2.2.3), a saber:

Sub – zona formada por la cuenca del río Cesar margen izquierda (Casacara, Calenturitas, Tocuy, etc) y la margen izquierda - Serranía del Perijá

Sub – zona formada por la cuenca del río Cesar margen derecha (Ariguaní, Chimila, Cesarito, Mallorquín, Guatapurí, Badillo) - Sierra Nevada de Santa Marta.

Sub - zona cenagosa.

De acuerdo con las anteriores características el Índice de Regulación de las sub-zonas elaborada por el IDEAM presentan los siguientes valores:

<i>Sub-Zona</i>	<i>Índice de regulación</i>	<i>Descripción</i>
1		Regulación Natural Media
2		Regulación Natural Baja
3		Regulación Natural Media

Fuente: IDEAM 2001

El río en el Bajo Magdalena, está caracterizado por el sistema cenagoso, presenta un valor mínimo característico de 1650 m³/s en la estación El Banco y como dato mínimo durante todo el período de registro histórico 1400 m³/s. En esta zona el aporte del río garantiza durante todo el año un caudal igual o superior de 1650 m³/s y se espera, de acuerdo con el análisis de frecuencia, que los 1400 m³/s observados en épocas de máxima sequía se presente una vez en 5 años.

El caudal máximo instantáneo con una frecuencia anual es de 7100 m³/s y el máximo registrado durante todo el período de observación es de 9700 m³/s, valor, que de acuerdo con el análisis de frecuencias, corresponde a un período de retorno de 20 años.

La variación espacial y temporal de los rendimientos a lo largo del río Magdalena permite establecer una tendencia descendente, en la parte del nacimiento alcanza los 83 l/s.km², va disminuyendo en forma progresiva hasta la ciudad de Honda con un valor de 25 l/s.km². Este comportamiento se debe a que el río atraviesa zonas semiáridas con el complejo suelo-vegetación disturbado profundamente, esto no permite una mejor regulación hídrica natural.

e) Zona Alto Cauca

Las características más relevantes en asuntos hidrológicos para la zona, según IDEAM, son:

- ✓ La cuenca Alta del río Cauca, con un área de 23.000 Km², aproximadamente, hasta la población de La Virginia en el departamento de Risaralda, presenta diferentes comportamientos en el régimen hidrológico. En el área correspondiente de la ciudad de Popayán hacia las cabeceras de la cuenca, el régimen es monomodal concentrándose la humedad en los meses de junio a agosto y los de mayor estiaje en el primer trimestre del año. La escorrentía media anual de la zona llega a los 1000 mm con un rendimiento medio de 32 l/s/km²; mientras que el mes más seco es febrero con 8 l/s/km².
- ✓ Hacia aguas abajo de la ciudad de Popayán se observa un sistema de transición que define el costado oriental del río Cauca donde se encuentran las poblaciones de Santander de Quilichao y Puerto Tejada, allí hay un período húmedo que abarca los meses de octubre hasta mayo y uno seco

bien definido de julio a septiembre. Los rendimientos medios anuales en esta área oscilan entre 20 l/s/km² en la cuenca del río Palo y 37 l/s/km² en la cuenca del río Palacé.

- ✓ De la ciudad de Cali hasta La Virginia el régimen hidrológico es bimodal teniendo dos períodos húmedos muy acentuados, donde los meses de mayor rendimiento corresponden a mayo y junio, para el primer semestre y en el segundo octubre y noviembre. Se presentan, igualmente, dos períodos secos que corresponden a los meses de enero a marzo y de julio a septiembre siendo este último el más pronunciado. El rendimiento medio para esta zona es de 20 l/s/km² convirtiéndose en un área, en términos globales, de baja escorrentía, Ver *mapa 1.2.2.3*
- ✓ Para el río Cauca, en su parte alta, se distingue una fase de humedad contraria a la registrada en el Magdalena en su nacimiento, con un ciclo de baja humedad predominante en los últimos veinte años, pero con tendencia al ascenso desde 1994. A partir de la estación Julumito (Popayán) la condición predominante es de alta humedad, con un régimen estable

En la cuenca alta del río Cauca, para el componente de la regulación hídrica el IDEAM elaboró tres curvas de duración de caudales medios diarios típicas que definen la zona (ver *mapa 1.2.2.3*)

Sub – zona Alto Cauca, formada por las cuencas de los ríos Palacé, Ovejas y Palo entre los más importantes.

Sub – zona formada por el costado occidental del río Cauca hasta el río La vieja.

Sub – zona formada por las cuencas de los ríos Pance, Claro y Cali (Farallones de Cali), Paila, Fraile y Amaine.

Tomando la clasificación del Índice de Regulación hídrica, elaborada por el IDEAM, las sub-zonas presentan los siguientes valores característicos:

<i>Sub-Zona</i>	<i>Índice de regulación</i>	<i>Descripción</i>
1		Regulación Natural Media
2		Regulación Natural Alta
3		Regulación Natural Media

Fuente: IDEAM 2001

La estación hidrológica La Virginia, situada en la población del mismo nombre, y ubicada en la salida de la cuenca, se considera como representativa del río a la altura de este sitio de la cuenca. Con la información de esta se realizó el análisis de frecuencias para los caudales extremos a fin de definir los caudales mínimos y máximos que la cuenca puede garantizar como aporte durante todo el año y la recurrencia de los valores extremos que han sido registrados durante el período observado.

El valor característico de la curva de duración elaborada por el IDEAM, para los caudales mínimos corresponde a 160 m³/s y el caudal mínimo medio de la serie es de 125 m³/s. Esto indica que la cuenca puede garantizar un caudal igual o superior de 160 m³/s durante todo el año, mientras que el caudal mínimo promedio diario, correspondiente a la serie histórica de 60 años, presenta un período de

retorno de 5 años. Como en el Alto Magdalena, el comportamiento hídrico de la cuenca es muy estable y no tiene grandes variaciones en los aportes mínimos.

El caudal máximo instantáneo, con una frecuencia anual, es de 1340 m³/s y el máximo registrado, durante todo el período hasta ahora observado, es de 2200 m³/s, valor, que de acuerdo con el análisis de frecuencias del IDEAM, corresponde a un período de retorno de 100 años.

e) Zona del Medio Cauca

La cuenca media del río Cauca caracterizada por una gran pendiente y de ríos de alta torrencialidad, se enmarca entre las poblaciones de La Virginia (Risaralda) y Caucasia (Antioquia), con un área de 19000 km² aproximadamente. Las características más significativas de esta zona según IDEAM son:

El régimen hidrológico que la caracteriza es bimodal hasta la población de Pto Valdivia, donde los meses húmedos corresponden a los períodos de abril a junio y de octubre a diciembre y las épocas secas de enero a marzo y de julio a septiembre.

Las cuencas más representativas del medio Cauca son los ríos San Juan, Arma, Bolívar y San Andrés. Hacia aguas abajo de Pto Valdivia, el régimen hidrológico cambia a monomodal donde las cuencas de los ríos Taraza y Man muestran un período seco de enero a abril y otro húmedo muy prolongado de mayo a diciembre.

El rendimiento de la zona denominada como el Cañón del Cauca tiene un rendimiento de 43 l/s/km². En el sector comprendido desde Pto Valdivia hasta Caucasia, las cuencas de los ríos Taraza y Man, que a pesar de estar sobre la misma margen izquierda, presenta rendimientos de 125 y 38 l/s/km² respectivamente, observándose así la existencia de microclimas muy particulares, Ver mapa 1.2.2.3.

Para la cuenca del medio Cauca el IDEAM identificó las siguientes curvas de duración de caudales medios diarios típicas con el objeto de definir el grado de Regulación hídrica en cada sub-zona seleccionada, a saber:

Sub – zona formada por el Cañón del Cauca, entre la Virginia y Puerto Valdivia que involucra las cuencas de los ríos Porce, Grande, San Andres, Mata, Bagre, Tuqui, Ituango y Nechí, San Juan, Risaralda, Otun, Arma, Buey, Chinchina.

Sub – zona Alto Cauca formada las cuencas de los ríos Taraza, Man, Ure y San Jorge. De acuerdo con la clasificación del Índice de Regulación elaborada por el IDEAM, las sub-zonas presentan los siguientes valores:

<i>Sub-Zona</i>	<i>Índice de regulación</i>	<i>Descripción</i>
1		Regulación Natural Alta
2		Regulación Natural Media

Fuente: IDEAM 2001.

La curva de duración de la estación Bolombolo, elaborada por el IDEAM, fué tomada como representativa del río Cauca en esta zona, indica que el caudal mínimo característico es de 345 m³/s y el mínimo

promedio diario de la serie de años observados es de 256 m³/s. Por tanto, se garantiza durante todo el año caudales iguales o mayores de 345 m³/s y se espera que uno en 5 años se produzca una reducción equivalente al caudal mínimo de la serie.

El caudal máximo registrado en esta estación de Bolombolo es de 3500 m³/s correspondiendo a un período de retorno de 50 años, mientras el caudal máximo que anualmente se espera que ocurra es de 2200 m³/s.

f) Zona del Bajo Cauca

Según IDEAM, para el Medio y Bajo Cauca el régimen general presenta una fase de humedad bien demarcada para las estaciones La Pintada, Bolombolo, Puerto Valdivia y Apaví.

Esta Región se caracteriza por ser la de mayor humedad dentro de toda la cuenca del río Cauca, presenta un régimen monomodal, con un período de humedad comprendido entre mayo y noviembre. El mes de menor rendimiento corresponde a Marzo dentro del período seco que va de enero a Abril. Ver mapa 1.2.2.3

El rendimiento de esta zona continúa en ascenso marcado, llegando a 54 l/skm², en promedio anual, que corresponde a una lámina de agua de 1700 mm/año. En esta área el río de mayor importancia que vierte sus aguas al río Cauca corresponde al Nechí, en cuya cuenca se ubica la ciudad de Medellín, su rendimiento es de 63 l/skm² correspondiendo al núcleo de mayor rendimiento del Bajo Cauca.

En la cuenca del bajo Cauca se identificó una curva de duración de caudales medios diarios típica, cuya influencia corresponde especialmente a la cuenca del río Nechí, lo que muestra que la regulación hídrica esta demarcada dentro del siguiente comportamiento:

<i>Sub-Zona</i>	<i>Índice de regulación</i>	<i>Descripción</i>
1		Regulación Natural Alta

El Bajo Cauca igualmente con características cenagosas presenta un valor mínimo característico, leído en la curva de duración de 900 m³/s en la estación Las Varas y como dato mínimo durante todo el período de registro histórico 645 m³/s. En esta zona el aporte del río garantiza durante todo el año caudales iguales o superiores de 900 m³/s, y se espera, de acuerdo con el análisis de frecuencia del IDEAM, que los 645 m³/s observados en épocas de máxima sequía se presente una vez en 10 años.

El caudal máximo instantáneo que se puede presentar con una frecuencia anual corresponde a 4100 m³/s y el máximo registrado durante todo el período de observación, según IDEAM, ha sido de 4670 m³/s, valor que se puede presentar una vez en cada 20 años.

g) Regulación general de la cuenca

En general se cuenta con un índice de regulación media para casi toda la cuenca. Sin embargo lo anterior no equivale a decir, que ella este en buen estado, pues, solo se evaluó la oferta o mejor el volumen y su comportamiento espacio temporal. También es necesario advertir que un estudio de esta magnitud no se había realizado en la cuenca, por lo tanto no existe una memoria histórica que posibilite comparar los

resultados, para con base en ello emitir un juicio definitorio respecto a su estado evolutivo de regulación actual. Con todo cabe advertir que los cálculos efectuados por el Instituto dan cuenta de cuencas con índices de variabilidad alta y media (0.51 a 0.70 y 0.31 a 0.50) que sugieren la necesidad imperiosa de definir la causalidad de la calificación (tala del monte y/o condicionalidad morfométrica) para acceder a acciones correctivas coordinadamente con los entes encargados del manejo de dichas cuencas o en otras palabras alcanzar regulaciones mayores a 0.6 como etapa inicial verificable en el mediano plazo. Se trata entonces de conseguir una más acorde relación entre las condiciones morfométricas, hidrometeorológicas, el suelo y la cubierta vegetal (trátase o no de cultivos). recuérdese la fragilidad de las geo estructuras y la predisposición topográfica de la cuenca a los bajos tiempos de concentración de aguas en ejes hidrológicos. La coordinación con las autoridades ambientales instaladas dentro de la cuenca deberán por lo menos acceder a:

Evaluar localmente para cada cuenca de orden 1, 2 y 3 de sus sistemas hidrológicos territoriales el potencial de regulación identificando subcuencas con potencial similar. Estas subcuencas se deberán caracterizar individualmente a través de curvas típicas de duración de caudales medios diarios {donde el eje de las ordenadas representa el módulo de normalización (Caudal Q_i , sobre el Caudal Promedio de la serie ($Q_i/Q_{promedio}$) y en las abscisas el porcentaje (%) de tiempo (año)}, para, a partir de ellas, establecer los Índices de Variabilidad y Regulación, que les posibilite diagnosticar hidrológicamente su jurisdicción y les guíe en la toma de decisiones a la hora de efectuar actividades de reforestación. Lo anterior debe interpretarse como una posibilidad de efectuar dichas actividades lógica y consecuente con el medio,.

Las cubiertas vegetales en relieves con pendientes mayores a 13% (trátase o no de cultivos) deberán contemplar un objetivo multipropósito, es decir, no solamente deberán cubrir el suelo o brindar un sustento económico sino también preservar los recursos asociados (Suelo, agua, fauna, flora, ruralidad).

Las reforestaciones efectuadas en estas condiciones dispondrán de un calificador adicional (Regulación Hídrica de la cuenca) y un punto adicional en su línea base. Por otro lado dichas reforestaciones deberán tender a la consecución de un estado inicial forestal de la cuenca con sentido hidroclimatológico, fáustico, florístico y por supuesto social y económico. No se explica frente a la lógica instintiva de la conservación que una especie este haciendo todo lo posible por desaparecer.

1.2.2.4 Oferta o Limitación en la Cuenca del Recurso Aguas Subterráneas.

La descripción que se presenta a continuación tiene como fuente principal el informe de IDEAM., 2001. que, a su vez, está cimentado en las memorias del mapa Provincias hidrogeológicas de Colombia del INGEOMINAS 1989 donde se sectoriza el país en seis provincias hidrogeológicas denominadas Andina-Vertiente Atlántica, Costera Vertiente Atlántica, Costera- Vertiente Pacífica, Amazonas, Orinoco y Escudo Septentrional

En la Cuenca Magdalena- Cauca los almacenamientos de aguas subterráneas se localizan en las provincias Vertiente Andina -Atlántica y Costera-Vertiente Atlántica; en las cuales se presentan áreas agrupadas con características geológicas, geomorfológicas, e hidrogeológicas semejantes.

Las Provincias hidrogeológicas Andina-Atlántica y Costera Vertiente Atlántica de la Cuenca Magdalena-Cauca pueden coincidir en algunos casos con las divisorias de las 151 cuencas hidrográficas mayores de

500 km² definidas en la misma. Sin embargo algunas de ellas obedecen a controles estructurales de cuencas geológicas que definen la distribución y geometría de las unidades acuíferas de gran importancia hidrogeológica al igual que las zonas de recarga, tránsito y descarga de flujos subsuperficiales y subterráneos a nivel regional.

El mapa lito-hidrogeológico de la cuenca Magdalena Cauca (mapa 1.2.2.4.a) presenta con base en las características litológicas, el tipo de porosidad y grado de permeabilidad de las diversas formaciones geológicas pertenecientes a las Provincias Hidrogeológicas Andina-Atlántica y Costera Vertiente Atlántica tres categorías hidrogeológicas correspondientes a:

Sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico

Rocas con porosidad primaria y secundaria de interés hidrogeológico

Sedimentos y rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológico

Cada una de las categorías anteriores conforman una gran cantidad de materiales geológicos, que permiten el almacenamiento transitorio o definitivo de masas de agua, con características también diferentes, algunas veces asociadas a la composición mineralógica de estos materiales y otras al resultado de su contacto con agentes externos. Esta diferenciación en los modos de almacenamiento y en las calidades, especialmente químicas, de las aguas, hacen posible que dentro de cada categoría anterior existan diferentes clases de recursos hidrogeológicos, como se relaciona a continuación.

a) Sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico

Dentro de esta categoría existen acuíferos diferenciados de la siguiente manera:

Acuíferos continuos de extensión regional en sedimentos no consolidados y en rocas sedimentarias poco cementadas que contienen o mejor retienen aguas de buena calidad química. La simbología geológica de esta clase de materiales es Qc y Tc. . Número de clasificación cartográfica, 1.

Acuíferos locales de extensión variable en depósitos de grano medio, con frecuencia en lentes discontinuos. Contienen generalmente aguas de buena calidad química; salobres en la región costera. Qc1. . Número de clasificación cartográfica, 2.

Acuíferos locales de extensión variable en rocas sedimentarias, poco cementadas, aguas generalmente de regular calidad química. Te. Número de clasificación cartográfica, 3.

Acuíferos locales de extensión variable en rocas sedimentarias no cementadas de granulometría generalmente fina; aguas de buena calidad química. Tc1. . . Número de clasificación cartográfica, 4.

b) Rocas con porosidad primaria y secundaria de interés hidrogeológico.

Acuíferos continuos de extensión regional en rocas sedimentarias cementadas y fracturadas; aguas generalmente de buena calidad química. K1. . Número de clasificación cartográfica, 5.

Acuíferos locales de extensión variable en rocas calcáreas supeditadas a la densidad del fracturamiento o disolución; aguas de regular calidad química, generalmente duras. K1. . Número de clasificación cartográfica, 6.

Acuíferos locales de extensión variable en rocas sedimentarias cementadas. Aguas generalmente de regular calidad química. En rocas metamórficas los contenidos de agua generalmente son de mala calidad química. To y JKsc. . Número de clasificación cartográfica, 7.

Acuíferos locales de extensión variable en rocas volcánicas piroclásticas y en rocas sedimentarias y volcánicas altamente cementadas y fracturadas; aguas generalmente de regular calidad química. PZMv, Qpri, Kso, JR. . Número de clasificación cartográfica, 8

c) Sedimentos y rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológico

Regiones compuestas por depósitos arcillosos o de playa; con agua salada, Qc2. . Número de clasificación cartográfica, 9.

Regiones compuestas por rocas sedimentarias de tipo arcilloso o arenoso altamente cementadas. Pzs. . Número de clasificación cartográfica, 9.

Regiones compuestas por rocas volcánicas y metamórficas. Qc2, Pzs, Jkvi, Kp, Km, Jspi, Pzm, Pen, Mo, Ki, PM, Tp. . Número de clasificación cartográfica 9.

Tal como hemos visto, en la cuenca Magdalena Cauca los principales depósitos de almacenamiento de aguas subterráneas se encuentran asociados a las cuencas sedimentarias intramontanas limitadas por los frentes de cabalgamiento de las tres cordilleras, la secuencia plegada y fallada de la altiplanicie de la Cordillera Oriental y las plataformas del Caribe. Estas unidades acuíferas cuentan con estudios de carácter regional adelantados por INGEOMINAS y las Corporaciones Autónomas Regionales. El volumen almacenado en estos acuíferos se identifica como recursos dinámicos y reservas estáticas.

Se debe aclarar que el estimativo de recursos y reservas del Glacis del Quindío se incluye en el Valle del río Cauca y por otro lado se ha desagregado el área del Canal del Dique del Valle Inferior del Magdalena para efectos de este ítem.

En primer lugar es pertinente hacer explícito el concepto de recursos dinámicos y reservas estáticas, posteriormente se fijarán los parámetros utilizados para el cálculo de la oferta hídrica en las diferentes áreas delimitadas y descritas con anterioridad.

Los recursos dinámicos se definen "como el caudal de agua subterránea que es renovada estacionalmente por la infiltración de la precipitación y otras fuentes naturales y que están disponibles para ser aprovechados" (INGEOMINAS., 1989). Se obtienen a partir de la consideración de las propiedades hidráulicas y físicas de los acuíferos (Transmisividad, gradiente hidráulico y ancho del acuífero).

Las reservas estáticas se definen como el volumen de agua almacenada en los poros y grietas de las rocas. Son recursos hídricos no renovables, pero se pueden explotar hasta cierto punto en aquellas áreas donde los recursos dinámicos son escasos. Se calcularon a partir de la porosidad y el volumen de unidad roca-sedimento.

A continuación en una tabla se presenta la delimitación y propiedades hidráulicas de estas áreas y se resumen las características de los acuíferos que los abarcan.

Tabla Características de acuíferos y captaciones de agua subterránea en la cuenca Magdalena Cauca.

Area	Tipo de Acuífero	Espesor (m)	Profundidad Nivel Agua (m)	Profundidad Promedio Pozos (m)	Caudal Medio de Pozos (Litro/Seg.)	Calidad del Agua
Cuenca del río Cesar	Libre	110	2-6	40-120	10-50	Dulce
Valle Inferior del Magdalena	Libre	150-300	5-8	60-100	5-80	Dulce
Canal del Dique	Libre y confinado	40-100	10	200	5-10	Dulce
Valle Alto del Magdalena	Libre y semiconfinado	100-500	5-15	60-120	15-80	Moderadamente dulce
Cuenca río Cauca	Semiconfinado y confinado	100-250	5	100-200	30-130	Dulce
Valle medio río Magdalena	Libre	150	6	80-120	30-130	Dulce
Sabana de Bogotá	Libre y confinado	150-300	10-35	50-500	1-50	Dulce
Altiplano Cundiboyacense	Libre y confinado	100-500	10-25	100-250	5-30	Dulce

Fuente: INGEOMINAS, 1997

En los apartes siguiente se hace una breve descripción de las áreas donde se ha establecido, hasta el momento actual, la probabilidad de aprovechamientos hidrogeológicos. Dentro de la cuenca.

Subcuenca del río cesar

Corresponde al valle conformado por las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá. El agua de esta área es dulce, moderadamente dura, de tipo bicarbonatada cálcica.

Su oferta se estima con base en una transmisividad para el acuífero de 700m²/día, un gradiente hidráulico de 0.009% y un ancho del flujo de agua subterránea de 220 km; los recursos dinámicos se han calculado en 506 M.m³/año (INGEOMINAS, 1997).

Subcuenca del Valle Inferior del Magdalena

Esta área se encuentra delimitada al sur por las estribaciones de la Cordillera Central, al occidente por la continuación hacia el norte de la falla Romeral, al norte por la Ciénaga Grande de Santa Marta y al nororiente por las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, incluye la región suroccidental del departamento del Cesar, la zona bananera de Santa Marta y el sector oriental de Sucre. El agua de esta área es moderadamente dulce y dura.

La estimación de oferta se realiza considerando una transmisividad de 100 m²/día, un gradiente hidráulico de 0.005% y un ancho de la corriente subterránea de aproximadamente 185 km.; los recursos dinámicos se han calculado en 2034 M.m³/año (INGEOMINAS, 1997).

Región del Canal del Dique

Comprende el departamento del Atlántico y la zona del Canal del Dique en el norte del departamento de Bolívar. En el acuífero libre, relacionado con la parte plana aledaña al río Magdalena y el Canal del Dique las aguas son moderadamente dulces.

Sus recursos y reservas se calculan a partir de una transmisividad de 50m²/día, un gradiente hidráulico de 0.005% y un ancho de la corriente subterránea de 80 km, se estima para los recursos dinámicos un valor de 7.5 M.m³/año, (INGEOMINAS, 1997).

Subcuenca del Valle Alto del río Magdalena

Comprende la región entre el norte de Ibagué y el sur de Neiva. Los principales aprovechamientos de esta parte de la cuenca corresponden al Abanico de Ibagué y el sur de Neiva.

Su oferta se calcula a partir de una transmisividad promedio de 150m²/día, un gradiente hidráulico de 0.008% y un ancho de flujo subterráneo de 440 km, a partir de la cual se estima recursos dinámicos del orden de 190 M.m³/año (INGEOMINAS, 1997).

Subcuenca del río Cauca

Comprende el valle aluvial del río Cauca. En general, el agua es dulce y moderadamente dura La oferta considerando una transmisividad promedio de 1000 m²/día, un gradiente hidráulico de 0.04 % y una anchura para el flujo subterráneo de 240 km, se estiman recursos dinámicos equivalentes a 3000 Mm³/año (INGEOMINAS, 1997).

Subcuenca del Valle Medio del río Magdalena

Comprende el área delimitada por las cordilleras Central y Oriental, donde el límite norte esta representado por el complejo de ciénagas del valle inferior del Magdalena y el límite sur por la región de Honda.

El agua de esta área es dulce a moderadamente dura y se aloja en rocas terciarias de ambiente continental, representadas por conglomerados, areniscas y tobos.

La oferta de esta área se estima con base en una transmisividad de 200 m²/día, un gradiente hidráulico de 0.007% y una anchura para el flujo subterráneo de 400 Km, se estiman recursos dinámicos del orden de 205 M.m³/año. (INGEOMINAS, 1997).

Subcuenca del Altiplano Cundiboyacense

Corresponde a la parte central de la cordillera oriental limitada al norte con el departamento de Santander y al sur con el macizo de Garzón.

El agua subterránea es dulce, moderadamente dura y de alta concentración de hierro en solución.

Su oferta se calcula para el acuífero cretácico considerando una transmisividad de 400 m²/día, un gradiente hidráulico de 0.02% y una anchura para la corriente subterránea de 380 km, se estiman recursos dinámicos en 1110 M.m³/año (INGEOMINAS, 1997).

Subcuenca de la Sabana de Bogotá

En esta área se explotan dos acuíferos, el primero constituido por gravas, arenas y limos del cuaternario de tipo libre a confinado y el segundo conformado por areniscas porosas y fracturadas del cretácico, de tipo confinado. En general, el agua de los dos acuíferos es dulce, dura y se caracteriza por su alto contenido de hierro.

Su oferta se estima partiendo de una transmisividad promedio para el acuífero cretácico de 400m²/día, un gradiente hidráulico de 0.02% y un ancho para el flujo subterráneo de 380 km, se estiman los recursos dinámicos en 560 M. m³/año (INGEOMINAS, 1997).

En la tabla siguiente se presenta la distribución resumen por áreas predefinidas por el INGEOMINAS y un cálculo preliminar de las reservas de agua subterránea existente en la cuenca Magdalena Cauca.

Tabla Oferta hídrica subterránea en la cuenca Magdalena Cauca

Sub-Cuenca	Extensión KM ²	Recursos Dinámicos Mm ³ /Año	Reservas Estáticas M ³ /Año	Oferta Total Año Mm ³ /Año
Río Cesar	30000	506	-	506
Valle Inferior del Magdalena	32000	89	1945	2034
Región del Canal del Dique	6500	7.5	-	7.5
Valle Alto del río Magdalena	10000	190	7000	7190
Río Cauca	4600	3000	-	3000
Valle Medio del río Magdalena	26000	205	-	205
Sabana de Bogotá	4300	560	-	560
Altiplano Cundiboyacense	76000	1110	-	1110
TOTAL	189400	5667.5	8945	14612.5

Fuente: INGEOMINAS, 1997

Tal como se observa las cuencas del Valle Alto del Magdalena y el Río Cauca tienen la mayor oferta de la cuenca, seguidas por el Valle Inferior del Magdalena, el Altiplano Cundiboyacense, el valle del Río Cesar y la Sabana de Bogotá. En extensión superficial las áreas con depósitos de almacenamiento subterráneo corresponden al 60% del área total de la Cuenca Magdalena-Cauca.

Resalta del cuadro que las unidades captadas conforman acuíferos que varían desde libres a confinados, los cuales son explotados por pozos con profundidades variables entre 40 y 500 metros. Los caudales extraídos también son de diferentes ordenes de magnitud, desde 1 hasta 130 litros/s y la calidad de las aguas extraída, en términos generales es dulce a moderadamente dulce.

Lo anteriormente expuesto relaciona únicamente algunas de las posibilidades estudiadas por el INGEOMINAS el materia de aguas subterráneas y condiciona a su vez a coordinar con este instituto, la definición de las reales posibilidades de abastecimientos de agua por este conducto en el corto y mediano plazo. Otro particular que no se ha mencionado en este capítulo y que al parecer no tiene significancia hidrológica es el relacionado con la capacidad de abastecimiento, medida esta, en tiempo y volumen. Se hace referencia a las velocidades de recarga vs velocidad de utilización. Esta característica es, para el autor de este informe, de vital importancia a la hora de definir el balance general hídrico de la cuenca, como también resulta de primerísima importancia, para el mismo autor, la definición de las consecuencias originadas a partir del uso de estas reservas, frente a los circuitos alimentadores de manantiales y nacederos, procesos de colapsamiento de suelos, hundimientos de superficie, etc. en toda su área de influencia (cuenca hidrogeológica).

1.3 limitación de la Oferta Edafológica

La no consulta de las características climáticas, morfológicas, hidrológica, y edáficas del territorio a la hora de establecer su ocupación o uso, son las causas primeras del aumento en la velocidad de generación de los procesos potenciales naturales de erosión y el aumento en la velocidad de los ya iniciados. La corteza terrestre en su superficie ha sufrido y seguirá experimentando procesos que procuran un equilibrio morfológico, en el sentido del completo aplanamiento. Sin lugar a dudas, la generación de los procesos naturales contemplan la ventaja de su ocurrencia en determinadas áreas por situaciones de índole variada y en tiempos relativamente largos. Cosa diferente es el inicio y la continuidad de procesos erosivos de alta velocidad que experimentan determinadas áreas (cuenca del Magdalena) por acción casi intencional de sus utilizadores. Este último es sin duda alguna el panorama que se presenta en la cuenca en cuestión, pareciese como si cada grupo humano que la ocupa y usa compitiera por el premio de la degradación en el menor tiempo posible de sus áreas de habitación.

1.3.1 Criterios de zonificación

El IDEAM en su estudio tubo en cuenta como patología de la cuenca a la erosión y la clasifíco de acuerdo a la intensidad de ocurrencia del proceso. Este ejercicio determinó una zonificación de áreas con calificaciones de Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy Baja y Sin Erosión. Esta clasificación por su lado obedeció a criterios de diferente índole entre los que se destacan como más importantes para el objeto de la coordinación en la cuenca los siguientes:

Intensidad del proceso. Entendido desde formas preestablecidas como erosión laminar y concentrada.

Los rangos de profundidad de remoción de suelo que hacen posible que un áreas sea clasificada como de una u otra intensidad se presentan en el estudio del Instituto (Pág 441) en cuadros ejemplo.

Degradación de cuencas por erosión. Corresponde a la aplicación de las calificaciones anteriores a las cuencas de segundo orden, calculando en seguida el porcentaje de área de la cuenca en cuestión sometida a intensidades de erosión diferenciadas en sus cinco categorías Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy baja.

Degradación de áreas municipales por erosión. Se refiere a la aplicación del proceso anterior, a las áreas jurisdiccionales municipales.

De acuerdo con los criterios de zonificación anterior se produjeron sendos mapas, en los cuales se espacializó el proceso degradatorio. De estos cartogramas los que, a opinión del autor de este informe, revisten mayor significancia en la coordinación de acciones que reduzcan al máximo o detengan el proceso erosivo de tierras dentro de la cuenca figuran: el Mapa de Intensidad de Erosión y el Mapa de Erosión de por Municipios.

El primer cartograma describe las áreas de forma integral de desarrollo del proceso dentro de la cuenca y el segundo lo particulariza a nivel municipal. Este criterio de selección de los cartogramas mencionados tiene como sustento técnico la necesidad de trabajar áreas prioritarias de forma integral (territorialmente hablando) y particularizar acciones dentro de áreas municipales con riesgo de pérdida total o con suelos reclasificados con baja capacidad de reversión del proceso degradatorio olvidando los límites administrativos.

Antes de continuar con la descripción de las áreas preestablecidas por el Instituto es conveniente definir en términos de su concepción el término erosión.

Se denomina erosión³ a todos los procesos de desprendimiento y arrastre de partículas de suelos por agentes naturales y/o antrópicos dinámicos, que pueden ocurrir en cualquier ecosistema. Comúnmente los procesos de erosión pueden ser identificados por su expresión morfológica sobre el terreno o por el agente que interviene en el como el agua (erosión hídrica), el viento (erosión eólica), o el hombre (erosión antrópica).

La erosión hídrica a su vez puede ser clasificada como pluvial o por escurrimiento, definiéndose en esta última dos categorías principales: erosión laminar y erosión concentrada.

La erosión laminar o escurrimiento difuso consiste en el desprendimiento y transporte de partículas de suelo en forma de láminas de agua sobre la superficie del terreno, estas formas de erosión generalmente ocurren sobre suelos desnudos.

La erosión concentrada se presenta cuando el agua de escorrentía disecta el terreno formando canales de diferente dimensión y características. Estas formas de canales son denominados por su dimensión como surcos (<50 cm), cárcavas (50 a 500 cm) y hondonadas (>500 cm).

Por degradación de tierras se entiende la reducción de la productividad biológica o económica originada a partir de la pérdida de las características físico-químicas y biológicas de los suelos debido a los sistemas de utilización de la tierra o a procesos naturales de destrucción (tendencia por fuerza gravitatoria al aplanamiento) o, finalmente a una combinación de ellos.

La intensidad de la erosión puede ser catalogada de acuerdo a los grados de afectación de los procesos sobre el terreno. Como ya se mencionó en el capítulo 5 pág 441 del estudio del IDEAM se ejemplariza cada tipo intensidad trátase de procesos laminares o concentrados.

1.3.3 Zonificación de la cuenca del Magdalena por la presencia de procesos con diferente intensidad de erosión.

³ Referencias tomadas de la ley 461 de 1998

a) Zona conformada por áreas sin presencia de erosión.

Corresponde a terrenos de suelos o rocas sin presencia de procesos activos de erosión, en estas categoría también se incluyen coberturas de suelos por cuerpos de agua, áreas con presencia de nieves y zonas urbanas.

Esta zona presenta además áreas con ciertos usos que condicionan la no presencia de los procesos degradatorios de los suelos. Estos usos corresponden en forma general a cultivos desarrollados en condiciones de control de la erosión o a cubiertas vegetales sin ninguna actividad desarrollada. Los usos que comprometen este buen trato de los suelos son ciertos cultivos de café, pastos mejorados, pastos densos pajonales y misceláneos. Los bosques primarios, bosques intervenidos, áreas nivales, pantanos y ciénagas cierran el cuadro. El total general de áreas sin presencia de erosión en la cuenca se puede cuantificar en un 28%. Ver mapa, 1.3.3

b) Zona con presencia de áreas con intensidad de erosión muy baja.

Agrupar áreas erosionadas en menos de un 10% de su extensión y equivalen a aproximadamente al 7% del área total de la cuenca. Los procesos erosivos pueden corresponder a pérdidas de suelo en láminas o disecciones en surcos. En el mapa 1.3.3 estas áreas se presentan en la cuenca diseminada en parches a excepción de un área localizada inmediatamente debajo de las áreas nivales de la Cordillera Central formando lo que correspondería al ambiente pre y paramuno. Ver mapa, 1.3.3

c) Zona con presencia de áreas con intensidad de erosión baja.

Corresponde al agrupamiento de áreas con suelos erosionados entre un 10 y 25% de su extensión con procesos erosivos correspondientes a pérdidas de suelo en láminas o disecciones en surcos. Estas áreas cubren un 16% del área total de la cuenca y se distribuyen también de forma aleatoria dentro de ella. Ver mapa, 1.3.3

d) Zona con presencia de áreas con intensidad de erosión media.

Son áreas homogéneas con procesos de erosión entre el 25 y el 50 % de su extensión. Presenta una estructura de parches entre los suelos y las coberturas vegetales. Localmente puede presentar movimientos en masa asociados a procesos erosivos. Dentro de la cuenca esta áreas presentan una dimensión del 16% del área total. Ver mapa, 1.3.3

e) Zona con presencia de áreas con intensidad de erosión alta.

Son áreas desprovistas de vegetación hasta en un 50% de su extensión muestran procesos severos de erosión eólica e hídrica en láminas y concentrada. En sectores de alta pendiente se asocian a procesos de remoción en masa. Dentro de la cuenca estas áreas representan un 8% del área total. Ver mapa, 1.3.3

f) Zona con presencia de áreas con intensidad de erosión muy alta.

Son áreas desprovistas de vegetación en más de un 75% de su extensión . se relacionan a procesos muy severos de erosión en láminas combinada con erosión hídrica concentrada y en algunos sectores de alta pendiente con movimientos de remoción en masa. Estas áreas representan un 205 de la superficie total de la cuenca. Ver mapa, 1.3.3

Para efectos de coordinación de acciones que favorezcan el control de la intensidad de erosión en la cuenca se deben referenciar las afectaciones de acuerdo a su grado de degradación y al municipio que la padece (ver tabla IDEAM 2.5 págs 445 a 456). Esto con el fin de priorizar con criterios de urgencia las acciones correctivas y obtener la aceptación de las autoridades responsables (CAR). Las medidas deberán corresponder, por su lado, a acciones probadas en su efectividad y concertadas en el tiempo de ejecución. CORMAGDALENA solamente jugará el papel de oferente de la información y promotora de la de la coordinación de la acción. En los apartes siguientes se relacionan conceptos y principios sobre desarrollo de estrategias para el manejo de los suelos .

Principios generales para el desarrollo de estrategias para el manejo de suelos

El objetivo principal del manejo de suelos para la agricultura es crear condiciones edafológicas favorables para el buen crecimiento de los cultivos, la germinación de las semillas, la emergencia de las plantas jóvenes, el crecimiento de las raíces, el desarrollo de las plantas, la formación del grano la cosecha y el control de la erosión y pérdida del sustrato.

Principios para desarrollar estrategias sobre el manejo de suelos

Los principios generales, que se consideran en los párrafos siguientes, pueden ser implementados en cualquier tipo de región sobre suelos diversos y por personas con un mínimo de entrenamiento, es decir, no cuesta nada su implementación pero sus beneficios son considerables. Este esquema (con toda la pretensión que implica) debiera considerarse como base para la formulación lineamientos para desarrollar estrategias sobre los sistemas de manejo de suelos, es decir convertirse en líneas de política para acceder en el corto plazo a obtener resultados de control de erosión y reversión de procesos degradatorios del sustrato en cuestión.

Nota: Los lineamientos siguientes no completan el todo posible de intervención pero si el comienzo de una acción segura de .

1) Aumentar la cobertura de los suelos

Reduce la erosión hídrica y eólica.

Aumenta la infiltración de la lluvia.

Reduce la pérdida de humedad por evaporación y aumenta la humedad disponible

Baja la temperatura.

Mejoran las condiciones de germinación.

Aumenta el contenido de materia orgánica de la capa superficial.

Mejora la estabilidad estructural de los agregados superficiales.

Estimula la actividad biológica del suelo.
Aumenta la porosidad.
Favorece el control biológico de las plagas.
Reduce el enmalezamiento.

2. Aumentar la materia orgánica del suelo

Incrementa la estabilidad de los agregados superficiales
Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo
Incrementa la capacidad del suelo para retener nutrientes
Estimula la actividad biológica del suelo

3 Aumentar la infiltración y la retención de humedad

Disminuir el déficit de humedad en los cultivos
Incrementar el rendimiento y la producción de biomasa del cultivo
Reducir la escorrentía.

4 Reducir la escorrentía

Reducir la pérdida de suelo, agua, nutrientes, fertilizantes y pesticidas; esto resulta en menor erosión de la parcela y menor contaminación ambiental aguas abajo.

Aumentar el agua disponible para el cultivo, y con ello la producción de grano y de biomasa. Hay una relación muy estrecha entre la infiltración del agua de lluvia y la iniciación de la escorrentía; por lo tanto los principios que influyen en la infiltración también influirán en la iniciación de la escorrentía. A continuación se discutirán los elementos útiles para reducir la escorrentía una vez que ha comenzado.

5. Mejorar las condiciones de enraizamiento.

Mejorar el desarrollo y crecimiento de las raíces y por eso la absorción de nutrientes y agua por las plantas;
Reducir las probabilidades de que los cultivos sufran una sequía.

6. Mejorar la fertilidad química y la productividad.

Incrementar la producción y el rendimiento
Incrementa la producción de la biomasa del cultivo; mayores producciones de follaje y de raíces del cultivo darán más residuos, y por lo tanto una mayor cobertura al suelo y una devolución mayor de materia orgánica al mismo, claro siempre y cuando, se elimine la práctica de quema del barbecho su retiro como medida de limpieza innecesaria.

7. Reducir los costos de producción

Incremento en la rentabilidad neta
Sistemas de producción más sostenibles

8. Proteger las parcelas

Se deben proteger las parcelas de los efectos de las inundaciones, la erosión hídrica, los vientos fuertes, la erosión eólica, y los deslizamientos de tierra. Los vientos fuertes pueden provocar

9. Reducir la contaminación del suelo y del ambiente.

Aplicar el manejo integrado de plagas y de malezas en lugar de usar pesticidas; reemplazar en lo posible el uso de pesticidas tóxicos con pesticidas no tóxicos, o preferentemente con pesticidas biológicos o botánicos.

Capacitar a los agricultores sobre la forma correcta de manejar los compuestos químicos para uso agrícola.

Aplicar los fertilizantes en forma fraccionada según las necesidades del cultivo y la capacidad de retención de nutrimentos del suelo para evitar la pérdida de estos en las aguas superficiales y subterráneas.

Aplicar las prácticas de conservación de suelos para reducir al mínimo las cantidades de sedimentos y pesticidas en las aguas superficiales y subterráneas.

Supervisar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales que servirá como pauta y base de datos para la práctica eficaz del manejo de los suelos.

1.4 La Cuenca como Vertedero de Residuos Sólidos y Líquidos y las Restricción de uso sobre el Recurso Hídrico que Originan.

Hasta aquí, solo se han expuesto los condicionamientos de uso desde el punto de vista de la oferta, en los apartes siguientes se relacionarán, junto a sus implicaciones restrictivas, las actividades que posibilitan la disminución o empobrecimiento de la calidad de esa misma oferta. Se hace referencia a actividades que por obsolescencia tecnológica o desfase temporal cultural o, simplemente, por negligencia en la aplicación normativa de control ostentan como subproducto materiales deletéreos de aguas superficiales y subterráneas.

1.4.1 Contaminación Orgánica Generalidades.

Es la más común de las poluciones y su origen generalmente involucra arreglos habitacionales urbanos y rurales, industriales y de servicios. lo anterior generaliza lo particularmente apreciable respecto a vertimientos en corrientes de agua de origen doméstico, cafetero, industrial en especial de alimentos y bebidas, y el sacrificio de ganado, clasificados y calificados como los más "importantes" productores de materia orgánica de desecho.

En el ámbito ambiental es bastante lo que se especula sobre la magnitud de la contaminación orgánica biodegradable que se incorpora al ambiente, especialmente al recurso hídrico; para aproximarse a la cuantificación y modelamiento del problema, es necesario hacer aproximaciones teóricas para poder inferirla. La validez de éstas aproximaciones, que a su debido tiempo podrán ser validadas, radica en que permiten orientar mejor los esfuerzos hacia las regiones más presionadas y posiblemente afectadas por los vertimientos de origen doméstico, cafetero, la industria de alimentos y bebidas, y el sacrificio de ganado.

El IDEAM como Institución responsable de dar cuenta al país de la interrelación actividades socioeconómicas - deterioro medioambiental, ha implementado un sistema informático que está en continuo desarrollo y fortalecimiento para alimentar el SINA (Sistema de Información Nacional Ambiental), sobre cuya plataforma está concebido el proyecto de determinación de la contaminación del recurso hídrico en la cuenca Magdalena Cauca que forma parte del "Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena Cauca y Elementos para su Ordenamiento" contratado por CORMAGDALENA /2001, el cual requiere que se abran espacios que faciliten la obtención de la información (diligenciamiento de formulario de captura) para hacer inferencias de cargas.

El Instituto partió de la evaluación de los factores de emisión teóricos para las diferentes unidades productivas de los sectores objeto de estudio, tomando las estadísticas socioeconómicas y de variables biofísicas que son acopiadas y actualizadas periódicamente por las diferentes áreas temáticas que él mismo posee, información que se "enlazan" a través de la georreferenciación, para poder hacer representaciones espacializadas (aplicativos) que faciliten su socialización, ubicación e interpretación, y vinculación con la tabla química de calificación.

El Instituto además ha procurado aprovechar la información institucional disponible de campo, más reciente, para evaluar las tendencias "actuales" de las variables involucradas en el estudio y contextualizarlas en un escenario temporal reciente, que proporcione una idea del grado de afectación regional (cuenca Magdalena - Cauca) y local (municipal) del recurso hídrico.

Esto tiene una pertinencia en los lineamientos de política para el manejo integral del agua, ya que El Ministerio del Medio Ambiente ha identificado dentro de la problemática de los usos del agua, índices crecientes de escasez respecto de la oferta natural, es decir, una apropiación creciente del recurso por las actividades socioeconómicas; uso ineficiente del recurso y desperdicio del mismo (por parte de algunos sectores); inequidad e ineficiencia económica, por falta de estudio de los cuerpos de agua receptores que arroje criterios de calidad por tramos con base en usos previos y posteriores del recurso que se adapten a la capacidad de asimilación de los mismos (considerando en conjunto oferta y demanda).

Causas

Las principales causas de la contaminación orgánica del recurso hídrico tienen que ver, en primera instancia, con deficiencias institucionales, dada la falta de capacidad operativa, fallas en la coordinación interinstitucional (se duplican esfuerzos económicos y técnicos), un sistema de información ambiental insuficiente para la gestión ambiental, un monitoreo deficiente por falta de recursos económicos o por inadecuada asignación de los mismos, de donde surgen deficiencias tecnológicas y deficiencias en los planes de manejo, pero sobre todo, porque la población en general adolece de conciencia ambiental y responsabilidad civil (cultura).

Lo anterior se refleja en la industria por el uso de tecnologías productivas obsoletas, deficiente gestión empresarial, carencia de planes de contingencia, carencia de equipos de control y ausencia de sistemas de tratamiento de los vertimientos que permiten la contaminación de los cuerpos de agua por residuos y vertimientos industriales; en cuanto a los vertimientos sin tratar procedentes del sector doméstico, éstos reflejan sistemas de alcantarillado deficientes, bajas coberturas del servicio de alcantarillado y ausencia de tratamiento de aguas residuales municipales; incide además una infraestructura insuficiente de recolección de basuras domésticas que permite la contaminación por residuos domésticos sólidos que van al agua superficial por disponerse allí directamente o por los lixiviados que se infiltran a través del suelo

Efectos

Los efectos de la contaminación orgánica se reflejan en limitaciones en el uso del suelo debido a problemas sanitarios en las comunidades, proliferación de vectores de enfermedades y deterioro de la calidad de los alimentos cuyos cultivos son irrigados con agua residual, ocasionándose un deterioro en la salud pública, que incrementa la morbi-mortalidad (sobre todo en menores de cinco años) por enfermedades infectocontagiosas (especialmente gástricas y respiratorias), y mayores gastos de atención en salud. A esto se suma el deterioro de los aspectos estéticos por la presencia de malos olores, perdiéndose entonces lugares para recreación, lo que redundará en deterioro de recursos turísticos y pérdidas en el valor de la tierra (estos lugares por su costo serán los únicos asequibles para la población de escasos recursos). Desde el punto de vista ecosistémico, puede propiciarse la bioacumulación de tóxicos en organismos acuáticos, alteraciones en la cadena trófica, aceleración de procesos de eutroficación (sobre todo en cuerpos de agua lénticos) y emigración de especies biológicas, lo que en últimas se refleja en el deterioro de ecosistemas acuáticos y de recursos pesqueros que disminuye a mediano plazo el ingreso de las personas y por tanto su calidad de vida y amenaza el recurso con su extinción (el bocachico entró al libro rojo del MMA⁴).

Puesto que hay unas limitaciones locales biofísicas de caudales y de oferta hídrica, como se ha visto, las actividades socioeconómicas realizadas por los asentamientos situados en la cuenca, ejercen factores diferenciales de presión, permitiendo establecer zonas críticas en las que el balance de oxígeno disuelto está por debajo de los límites permisibles para la vida acuática. Si se considera éste un indicador de sostenibilidad del recurso, y se cuenta con información suficiente y confiable para poder correr un modelo de predicción tendencial, puede pronosticarse los tramos en los que por alteración de la calidad, el recurso es insostenible, su sostenibilidad está en riesgo, ó no presenta problemas en el caso de que su capacidad de auto purificación absorba con suficiencia la carga de materia orgánica biodegradable que recibe.

1.4.4. a Restricción de la Oferta Hídrica por Carga Orgánica

Con las anteriores consideraciones en los apartes siguiente se establece una zonificación de afectación territorial por carga orgánica dentro de la cuenca del río Magdalena.

Las restricciones de la oferta hídrica corresponden a la limitación de uso del recurso hídrico para fuentes de abastecimiento de agua potable municipal actual y alterna. Este último, en caso de presentarse anomalías climáticas como la denominada "El Niño"). Cabe aclarar que se toman aquí los resultados del ejercicio ejecutado por el IDEAM (2001).

La relación de restricción se refiere al porcentaje de limitación de abastecimiento de agua potable para la población urbana y rural de cada municipio de la cuenca, calculada con base en el establecimiento del balance entre oferta afectada por DBO y la demanda en períodos normales y en períodos con presencia de anomalías climáticas. La zonificación resultante se presenta en los apartes siguientes.

Zona integrada por los municipios con restricción hídrica de su abastecimiento en un valor igual al 20 % ($R < 20\%$) y calificada como leve (Ver mapa 1.4.2.a y tabla 1.4.2. en anexo tablas).

⁴ Mojica, J. I., C. Castellanos, J.S. Usma y R. Álvarez (eds.). 2002. Libro Rojo de Peces Dulceacuáticos de Colombia. Serie Libros rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia y Ministerio del Medio Ambiente Bogotá, Colombia.

Zona integrada por municipios con restricción hídrica en su abastecimiento en un valor comprendido entre el 21 y 40 % ($21\% < R < 40\%$) calificada como **moderada**. (Ver mapa 1.4.2.a y tabla 1.4.2. en anexo tablas).

Zona integrada por municipios con restricción hídrica en su abastecimiento en un valor comprendido entre el 41 y 60 % ($41\% < R < 60\%$) calificada como **media**. (Ver mapa 1.4.2.a y tabla 1.4.2. en anexo tablas).

Zona integrada por municipios con restricción hídrica en su abastecimiento en un valor comprendido entre el 61 y 80 % ($61\% < R < 80\%$) calificada como **alta**. (Ver mapa 1.4.2.a y tabla 1.4.2. en anexo tablas).

Zona integrada por municipios con restricción hídrica en su abastecimiento en un valor comprendido entre el 81 y 100 % ($81\% < R < 100\%$) calificada como **severa**. (Ver mapa 1.4.2.a y tabla 1.4.2. en anexo tablas).

Para la anterior zonificación se debe tener en cuenta que su base de datos, en lo que se refiere a la oferta, no relaciona la potencialidad hídrica general de cada territorio municipal involucrado, solo se tubo en cuenta la capacidad de suministro o abastecimiento a partir de las fuentes únicas que abastecen acueductos.

En este orden de ideas las zonas definidas como de restricción severa, alta y moderada deberán ser objeto de replanteamiento de sus condiciones actuales de abastecimiento por cuanto estas presentan ofertas de futuro incierto. Las subcuencas abastecedoras deberán acceder como mínimo a:

Control efectivo de descargas de materia orgánica en los siguientes términos:

Separación de aguas servidas de aguas lluvias.

Tratamiento de aguas servidas.

Establecimiento de auditorias ambientales obligatorias para todas aquellas industrias relacionadas con la producción de alimentos y bebidas y los establecimientos dedicados al sacrificio de ganado con la fijación de plazos que posibiliten corrección de procesos industriales y la reconversión tecnológica.

Para las áreas que poseen plantaciones y tratamiento de café deberán someterse a la reglamentación establecida en el Código Sanitario y a las técnicas recomendadas por el comité de cafeteros.

Establecimiento de incentivos tributarios para todos aquellos que antes de los plazos acordados realicen los ajustes necesarios (según exigencias auditales) de sus modos de producción.

Establecimiento de cargas pecuniarias para todos los municipios que posean, dentro de su territorio, asentamientos industriales del tipo especificado arriba, una vez se cumplan los plazos concertados. El cobro de dicho castigo monetario será objeto de cálculo en relación directa y descendente por los municipios afectados situados aguas abajo y tendrá como destinación específica actividades de potabilización de las aguas para consumo humano.

1.4.3 Restricción Nominal al Uso del Agua por Subproductos de la Extracción y Concentración de Oro.

Las mismas técnicas de explotación de minerales y sus modos de empleo en el país presentan a la luz de los auditajes ambientales internacionales⁵ (normas ISO 14000) una calificación de ineficientes y profundamente onerosa para el medio ambiente. Es de reconocer que muy pocos países, en el mundo, pasaron el examen pero, esto no se convierte en disculpa para desatender el hecho.

La revisión del estudio del IDEAM en lo concerniente a este tema confirma, con algún detalle, el mérito para la calificación obtenida por parte de la SGS⁶. El Instituto elaboró un reporte de las ineficiencias presentes en los métodos de explotación de las minas de Oro y estableció de forma, también preliminar, un indicativo de ineficiencia dentro de estas extracciones⁷. El indicativo fue especializado desde su componente de subproductos como resultado de los métodos (técnicas) empleados en los procesos de extracción y recuperación del oro.

También advierte el reporte del Instituto, la consecuente remoción de otros metales asociados a los minerales constitutivos de la mena como cobre, níquel, zinc, plomo, cadmio y mercurio que aseguran cambios en los ciclos biogeoquímicos de estos elementos y determinan contaminaciones o mejor desequilibrios en el entrópico relacionamiento ambiental de las áreas de influencia directas e indirecta de estas explotaciones. Cabe recordar que por tratarse en su gran mayoría de explotaciones a cielo abierto y realizarse sobre el cause y laderas de corrientes de agua, las áreas de influencia son muy bastas (medios de transporte de metales asociados, aire y agua).

Los frentes de explotación así diagnosticados fueron relacionados por el IDEAM en tablas donde se aprecian los volúmenes de residuos metálicos y de "estériles" asociados a cada frente importante de explotación de oro en la cuenca, Ver tabla 1.4.3.a en anexo.

En la tabla en mención se puede reconocer que el departamento de Antioquia ostenta el, no muy honorífico, primer lugar de "desarrollos" rudimentarios mineros en su territorio, seguido muy lejos por Caldas, Cauca Tolima y Valle, Bolívar y Tolima. Del total de producción de oro en la cuenca, Antioquia participa con el 47.73 % (9.099 Kg) cantidad esta que produce a su vez 35.869.323 de Kg (75% del total calculado en este ejercicio) de residuos totales de los cuales 17.934.661 Kg son depositados, por su tamaño, en el sistema hidrológico de cada área con explotación aurífera dentro del Departamento, además, por efecto o causa del método de explotación, la utilización de 119'444.844 m³ de agua y el depósito en estas mismas corrientes por no recirculación o reutilización de insumos de 42.349 Kg de Mercurio, 132.096 Kg de cianuro y 3'162.000 Kg de plomo y 5'059.000 Kg de zinc asociados. Ver tabla en cuestión y mapa 1.4.3

⁵ Evaluación Preliminar de Técnicas de Concentración y Explotación Minera en Latinoamérica. SGS., 1999. Reporte elaborado para la comisión Internacional de reglamentación de las ISO 14000, Chile, 2001. pag. 235 – 307.

⁶ S.G.S. Compañía de Servicio de Certificación Internacional de Sistemas de la Gestión de Calidad total, Serie Iso 9000 y Calidad Ambiental de la Producción Serie Iso 14000,

⁷ Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena Cauca y Elementos para su Ordenamiento Territorial. Capítulo 10 Calidad Físicoquímica Ambiental pág 1444 – 1457. Bogotá, 2001.

Como ya se anunció, se puede observar que la contaminación de corrientes asociadas a “desarrollos” auríferos en el departamento de Antioquia y en los demás departamentos de la zona de explotación de este metal dentro de la cuenca, son considerablemente altas y profundamente deletéreas de las condiciones hidrobiológicas y de potabilidad del recurso agua. La calificación de profundidad deletérea hace referencia a la imposibilidad de extracción de dichos contaminantes por los medios utilizados generalmente en las plantas de tratamiento de poblaciones situadas aguas abajo de los puntos de extracción (La acción de limpieza de plantas de tratamiento no configuran como beneficio la precipitación química o la centrifugación física, solamente se procuran floculaciones de orden primario con agentes igualmente dañinos como el cloro), los lodos decantados (concentración de contaminantes) son nuevamente, en la mayoría de los casos, depositados en las mismas corrientes.

En términos reales la contaminación exhibida por esta industria no presenta ningún control. En lo concerniente a la acción deletérea sobre los recursos hidrobiológicos se puede afirmar que la acción es permanente en el corto y mediano plazo (30 – 50 años) ya que tanto el mercurio como el plomo y el zinc tienen una vida activa larga y también que las bioacumulaciones hacen posible la transformación de estos metales a formas orgánicas, como es el caso del mercurio que pasa a su forma tóxica de metilmercurial. también en el mediano plazo. *La tabla 1.4.3.b presenta los riesgos calculados por el IDEAM para las poblaciones que tiene que ver con las corrientes de agua receptoras de los contaminantes y residuos de estériles de los frentes de extracción de oro. La calificación fue elaborada para la escala del Mercurio.*

Por otro lado y en general la depositación, en las corrientes de agua, de residuos estériles provenientes de la remoción de “laderas” de las áreas con asentamientos mineros auríferos, es considerablemente alta si se tiene en cuenta la relación siguiente: para extraer 1 kilogramo de oro se remueven 2346 ton de suelo y material parental; de este volumen de escombros se vierte a las corrientes de agua 1173 ton, el restante volumen es depositado sin ninguna precaución (compactación, muro de contención) sobre la misma ladera. Ver tabla 1.4.3.a, en anexo.

Este último efecto guarda una estrecha relación con el volumen de sedimentos depositados por los ríos afectados en el eje principal - Río Magdalena- y en sus sistemas de amortiguación hidráulica –ciénagas -. Hace falta una más detallada investigación que determine el grado de participación del volumen de sedimentos aportados por la minería del oro a los problemas de sedimentación de ciénagas y formación de barras de taponamiento del canal navegable del río Magdalena, baste por ahora decir que de una manera u otra más tarde o más temprano, esos sedimentos harán parte del material dragado por la Corporación.

Como indicativo de condicionalidad del quehacer de la Corporación en asuntos de dragado, se tiene que mientras esta invierte \$ 8.200'000.000 en un año para dragar 1'800.000 m³ de sedimentos las compañías mineras le depositan al sistema aguas arriba 8'836.887m³ .

1.4.3.1 Zonificación de la cuenca por contaminación de subproductos de la extracción y concentración de oro

Las áreas que presentan mayores problemas minero - auríferos a modo de restricción de la oferta hídrica, dentro de la cuenca, se pueden observar en el mapa 1.4.3, donde el 59% de las explotaciones se verifican en el departamento de Antioquia; 11.1 % en el departamento de Caldas; 7.4% en Cauca, el 5% en Tolima y Bolívar; el 4% en Valle y Córdoba. En este orden, la zonificación para efectos de coordinación de correctivos de actuaciones deletéreas del medio acuático se pueden asimilar por jurisdicción CAR a los

mismos departamentos teniendo la base de asignación de responsabilidad que otorga la diferenciación por calificación y municipio que presentan las tablas en mención. Las calificaciones de riesgo se deberán interpretar a partir de la afectación por contaminación mercurial.

En lo referente a residuos sólidos aportantes es prioritario adelantar estudios de sedimentación más específicos aguas debajo de los puntos de extracción y si es posible establecer las rutas y destinos finales de esos estériles para así cuantificar en impacto en toda su magnitud. Por lo pronto ese hace necesario coordinar con las CAR respectivas y el sector minero efectuar una reconversión tecnológica de los sistemas de explotación que permita la eliminación en la fuente de tales residuos.

1.4.4 Limitación de la Oferta Hídrica por Uso Indiscriminado de Plaguicidas

Sin lugar a dudas, la problemática por el uso de plaguicidas, se considera hoy día como uno de los temas de mayor vigencia y cuenta con su propio espacio dentro del actual debate ambiental; adquiere especial importancia cuando se discute la viabilidad de los plaguicidas dentro de una "agricultura sustentable".

"La contaminación del medio ambiente por plaguicidas tiene sus propias características que la diferencian de otros contaminantes. En primer lugar no se trata de un componente sino de un grupo grande de sustancias, de grupos químicos diversos y de naturaleza química muy variada. El número de éstas sustancias que han sido sintetizadas es del orden de algunos miles, y en Colombia se utilizan actualmente alrededor de 300 ingredientes activos (IA) en mas de un millar de formulaciones diferentes" IDEAM (2001).

Colombia ha sido un país agrícola y ésta actividad es y seguirá siendo de vital importancia para su economía. Por otra parte, también es cierto que se ha creado a través del tiempo una dependencia cada vez mayor del uso de plaguicidas para mejorar el rendimiento de las cosechas, no obstante los esfuerzos por identificar y desarrollar prácticas alternas a la utilización masiva de estos productos. Otra cara de la moneda según IDEAM (2001) está constituida por la utilización cada vez mayor, también, de aditivos (formulaciones) fertilizantes utilizados como respuesta a la paulatina esterilización de suelos ocasionada por aplicación excesiva de plaguicidas y de riego.

Para la Corporación, es muy conveniente disponer de los instrumentos técnico - científicos desarrollados en el marco de una base natural y unas condiciones socio – económicas propias, con el fin de poder analizar, en una forma adecuada el problema, a fin de orientar las políticas relacionadas con el uso y manejo de éstas sustancias.

Este enfoque pretende proporcionar herramientas para el aporte desde lo técnico – científico hacia una mejor aproximación a las consideraciones de tipo económico, social y político respecto a la utilización de plaguicidas en la actividad agrícola que se desarrolla en la cuenca.

En este sentido en los apartes siguientes se presentarán los resultados, que en esta materia, originó el IDEAM, en el marco del Estudio ambiental de la Cuenca Magdalena Cauca y referidos, casi exclusivamente, a *la inutilización* del recurso hídrico, por compuestos químicos lipofílicos de amplio espectro de aplicación y de afectación, como los siguientes xenobióticos: organoclorados, carbamatos, organofosforados y piretroides.

Para determinar la causalidad del uso de estas sustancias dentro de la cuenca el IDEAM elaboró una serie de aplicativos (6) en los que intervienen un sin número de parámetros y relaciones. Las secuencias

relacionales así como los parámetros utilizados pueden ser objeto de revisión en el estudio que el Instituto elaboró para CORMAGDALENA (Capítulo 10). En los apartes siguientes se hará referencia como tema central de este ítem a los alcances en materia de zonificación resultantes de los aplicativos antes mencionados. Cabe aclarar que las determinaciones de calificación están basadas en las particularidades intrínsecas de los compuestos xenobióticos antes mencionados y que a continuación se comentan desde la escala del DDT.

En la literatura ambiental, el término DDT se usa para referirse a la mezcla de DDT (Dicloro-difenil-tricloroetano) con sus metabolitos y productos de degradación que todavía son tóxicos, el DDE (dicloro-difenil-etano) y el DDD (dicloro- difenil-dicloro- etano). A la mezcla de estos tres compuestos también se le denomina DDT total.

“Es un compuesto lipofílico muy poco soluble en agua, 3.4 ppb, y muy soluble en disolventes no polares. Tiene un alto coeficiente de partición octanol/agua, el logaritmo de este coeficiente es 6.19. Los metabolitos del DDT también son muy hidrofóbicos, el logaritmo del coeficiente de partición para cada uno de estos compuestos es: 7.0 para el DDE y 6.2 para el DDD. Debido a esta propiedad, el DDT se bioacumula en los organismos, alcanzando concentraciones mucho más altas que las existentes en el medio de contacto”⁸ IDEAM (2001).

“Es una sustancia tóxica, en concentraciones muy bajas, a un espectro muy amplio de organismos, afectando a prácticamente todos los integrantes de la fauna silvestre” (biocida)⁹ IDEAM (2001).

“Es muy poco reactivo y por lo tanto permanece en el ambiente inalterado durante períodos muy prolongados, y los productos de degradación, tanto en el ambiente como dentro de los organismos, son también sustancias muy estables y tóxicas” IDEAM (2001).

a) Aplicativo de ingreso total de plaguicidas dentro del sistema definido como Cuenca Hidrográfica Magdalena Cauca (CHMC)

La cantidad total de Plaguicidas (biocidas) que entran anualmente al sistema CHMC (Cuenca Hidrográfica Magdalena Cauca) ha sido calculado en 25, 000 ton/año de ingredientes activos (*IA*) valor estimado con base en una intensidad de uso promedio de 6 kg de *IA* por hectárea (para la estimación el Instituto tomó como base un área agrícola nacional de 4 millones de hectáreas) y corresponden, por lo menos en un 95 %, a insecticidas, funguicidas, y herbicidas. En el mapa 1.4.4.a, se localizan por zonas las áreas clasificadas como de alta, media y bajo uso de plaguicidas dentro de la cuenca del Magdalena. Los valores o índices de clasificación tal vez resulten elevados a la hora de definir cantidades de aplicación, pero las condiciones adversas de consecución de la información base para los respectivos análisis de cada aplicativo fue, según IDEAN, muy difícil de superar.

⁸ Ministerio del Medio Ambiente. 1996. Criterios para el establecimiento de metodologías, parámetros y rangos destinados a la evaluación de impactos generados por el uso y manejo de plaguicidas. Bogotá.

⁹ Ministerio del Medio Ambiente. 1996. Criterios agronómicos para establecimiento de metodologías y parámetros destinados a la evaluación de estudios de impacto ambiental

El país no cuenta con un archivo generado de un control de estas sustancias o formulaciones, que hagan posible una mejor aproximación a la realidad. Como referencia se consigna enseguida los parámetros aconsejables y definidos como mínimos⁶ que se deben acopiar para cada **IA** en caso de pretender establecer una base de datos que permita una calificación y clasificación para cada compuesto.

Los insumos a los modelos de preparación y calificación de compuestos son principalmente:

La estructura química de las sustancias
Los coeficientes de partición agua/octano
Las reglamentaciones (límites de permisividad) ambientales aplicables

Los productos a obtener en consecuencia son:

Propiedades fisicoquímicas
Punto de fusión
Punto de ebullición
Presión de vapor
Solubilidad en agua
Destino ambiental
Potencial de oxidarse en la atmósfera
Biodegradación
Hidrólisis
Bioconcentración
Potencialidad de ser removido en tratamiento de aguas negras
Toxicidad
Potencialidad de carcinogénesis
Toxicidad acuática
Exposición y riesgo
Exposición dérmica
Exposición por inhalación
Concentración en corrientes de agua y posibles dosis suministradas
Exposición ocupacional
Posibilidades de infringir reglamentaciones ambientales.

b) Aplicativo de ingreso y retención de plaguicidas al suelo.

Está constituido por la interrelación del carbono orgánico contenido en el suelo vs cantidad total de **IA** adicionada (define el índice de ingreso y retención –IRS-) y la relación entre el coeficiente octanol / agua, K_{ow} y el valor de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (define el índice de alteración potencial de organismos del suelo). Este último Índice fue calculado para cada **IA** aplicado a cada municipio. *A partir, de esta información el Instituto generó el mapa 1.4.4.b*

Aplicativo de riesgo potencial de la calidad del agua superficial

⁶ TOXICOLOGIA AMBIENTAL: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental 170
© 2001 The University of Arizona

Está orientada a la búsqueda de un indicador de presencia de plaguicidas en solución y por consiguiente de potencial alteración de la calidad en el comportamiento de un indicador de transporte potencial de plaguicidas por sedimentos en suspensión y un indicador de la tendencia de bioacumulación¹⁰ en organismos. Se denominó índice de presencia de plaguicidas en el agua superficial (IPAS) al ejercicio de relacionamiento de los parámetros anteriores con la formulación siguiente:

$$IPAS = \text{puntaje por escorrentía} + 2 (\text{Puntaje por CTM}) - \text{puntaje por dilución}$$

Donde CTM es igual a la Cantidad total de I. A. aplicados en el municipio por año (ver Estudio IDAM/2001). "Los puntajes son otorgados de acuerdo al las calificaciones de peso de cada parámetro con base en criterios de permanencia temporal del compuesto, sus grados de partición y su poder de bioacumulación que para el caso que nos ocupa resulta ser el más importante" IDEAM 2001.

La espacialidad de las acumulaciones de plaguicidas por transporte de sedimentos son en esencia los remanentes que ofrecen la mayor amenaza y por lo tanto la mayor vulnerabilidad a la hora de efectuar remociones (dragados en el cauce) puesto que la acción amenazante del I.A. se reparte u obtiene mayor área de exposición o riesgo de ser ingerida por cualquier ser vivo. ver mapa 1.4.4 c.

"La característica negativa del puntaje por dilución obedece a la condición hidrofóbica de estos compuestos" IDEAM (2001).

A continuación del calculo anterior se procedió a estratificar los IPAS de todos los municipios de la cuenca, en tres categorías (Altos, Medios y Bajos) para finalmente obtener por medios digitales el Mapa, 1.4.4.c.

Un ejemplo de los límites permisibles de estos compuestos en aguas potables hace referencia a las concentraciones máximas bioinócuas después de las cuales operan las concentraciones en grados ascendentes o coeficientes de bioacumulación.

d) Aplicativo riesgo potencial de la calidad del agua subterránea

Las aguas subterráneas son en definitiva la parte del recurso agua oferente en la cuenca, que más daño o acción deletérea recibe de la aplicación de fitosanitarios agrícolas.

Las fracciones de **IA** de las formulaciones, aunque muchas de ellas han sido prohibidas y proscritas en gran partes del mundo, al ingresar a las aguas subterráneas vía infiltración, comprometen el recurso a su acción tóxica por largos períodos de tiempo y a las aguas superficiales donde quiera que aquellas entren en contacto con estas.

Las labores de limpieza de aguas por métodos químicos o físicos es posible realizarlas sobre el recurso superficial pero tratándose de aguas subterráneas solamente se puede recurrir a esperar a que la acción o efecto dañino de los ingredientes activos cese para poder acceder a ellas.

El anterior aprovechamiento es probable realizarlo, a su vez, en países que posean una población con alta responsabilidad civil, pues la utilización de aguas subterráneas está condicionada a la calificación acción inocua sobre el medio ambiente que incluye al hombre (ver informe OMS 1045 de 1999) donde se

clasifican las aguas de diferentes países para diferentes usos con la salvaguardia de la previa determinación de Ingredientes activos al nivel de partes por billón (ppb) cualquier organoclorado, organofosforado, compuestos de bromo, fenol, o cualquier carbamato utilizado años posteriores a la prohibición de su uso y además advierten de la continuidad de los análisis y la restricción de uso de las aguas mientras estas presenten al menos trazas de los venenos señalados, amén de la obligatoria comprobación de los contenidos de sales buscando que no sobrepasen las tolerancias o mejor las capacidades de asimilación y transformación por parte del suelo (para cada tipo de suelo existen tolerancias diferenciadas según sus características fisicoquímicas y biológicas particulares). Comparativamente en el país los análisis practicados a aguas subterráneas solo hacen pertinente la existencia de sales como sales totales o cloruros, pero no se provee de condicionalidad de uso por capacidades de asimilación de los diferentes sustratos edáficos y mucho menos trazas de **IA** de pesticidas ni de otras sustancias como el Selenio o el Boro de manera específica, que pueden ser altamente tóxicas si se utilizan, incluso si solamente se extraen (ver Acción biotóxica del DDT y Lindano, por absorción de sus gases vía branquial íctica. en Toxicología Ambiental: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental 170.).

Con este antecedente se comenta a continuación la posibilidad de zonificación que el IDEAN elaboró para la cuenca en cuestión, en lo relacionado con la restricción de uso de las aguas subterráneas por contaminación o ingreso de biocidas.

El Instituto elaboró, con este fin, el mapa de Riesgo Potencial de la Calidad del Agua Subterránea 1.4.4.d, que como indicativo y resultado preliminar constituye un gran aporte a la visualización espacial de las patologías de la cuenca, pero que en el nivel puramente temporal exhibe una gran deficiencia como se comentó en apartes anteriores y un gran umbral de riesgo en su uso.

a) Zona de alta contaminación o alto ingreso de plaguicidas a aguas subterráneas

Corresponde como lo muestra el mapa a un área de aproximadamente 69,729,650,763.64 has localizada básicamente en la parte central norte de la cuenca. se destacan los departamentos de Antioquia con 21 municipios causantes de esta clase de contaminación, le siguen en orden descendente los departamentos de Santander, Cundinamarca, Cesar, Córdoba, Bolívar, Atlántico y Huila. (Ver tabla 1.4.4.d).

b) Zona de media contaminación o medio ingreso de plaguicidas a aguas subterráneas

Esta "zona" representa el 49 % del total del área afectada por esta patología dentro de la cuenca y tiene una distribución anárquica. Los departamentos con mayor contribución al deterioro de las aguas subterráneas son en orden descendente: Antioquia con 51 municipios aportantes, Cundinamarca y Boyacá con 38 municipios, Tolima con 33, Caldas con 22, Santander, Cauca y Valle con 17,16 y 15 municipios aportantes y los demás departamentos con menor aporte al problema por parte de sus municipios, ver tabla en cuestión.

c) Zona de baja contaminación o bajo aporte de plaguicidas a aguas subterráneas

Corresponde a una amplia área localizada a lo largo de la Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental y a una no tan amplia zona al occidente de la cuenca que prácticamente corresponde con algunas acepciones a la cuenca del río Cauca. Ver mapa 1.4.4.e, el total de la zona cubre una extensión de 72,462, 598, 875.80 has y representa el 29% del área total afectada. Ver tabla 1.4.4.d.

Coordinación en la cuenca sobre este tema.

Por lo anterior se deberá coordinar con las autoridades ambientales existentes en la cuenca, acciones encaminadas a lograr el fortalecimiento de las especificidades de la caracterización como apoyo al diagnóstico elaborado por el IDEAM y llegar a una más precisa definición de las causalidades de la contaminación por ingreso de pesticidas a las aguas subterráneas.

El énfasis de la coordinación deberá estar puesto en la determinación de responsabilidades a nivel de departamentos, CAR y municipios para cada una de las afectaciones antes descritas, nótese en la tabla 1.4.4.d la participación, departamental y de las jurisdicciones CAR, en la causa del problema.

En este último sentido se deberá concertar acciones encaminadas a lograr por parte de las Secretarías de Medio Ambiente de los Departamentos, que tienen mayor ingerencia en el accionar municipal y con las CAR en su calidad de aval del desarrollo ambientalmente aceptable y el Ministerio de Salud rector de las restricciones de uso de los plaguicidas. Las acciones pueden resumirse en:

Establecer una vía de comunicación entre MINAGRICULTURA, MINSALUD, DEPARTAMENTOS, CAR, MUNICIPIOS y GREMIO AGRICULTOR con el fin de convenir la conformación de una unidad operativa interinstitucional que posibilite:

Un Diagnóstico específico en cada municipio de la cuenca en orden a, en primer lugar, cubrir la falta de información que presenta, en esta temática, el diagnóstico del IDEAM y, en segunda instancia y de común acuerdo, tomar las medidas pertinentes para lograr disminuir en el corto plazo las adiciones de plaguicidas prohibidos a las áreas de cultivo. El levantamiento del diagnóstico deberá estar dirigido por el IDEAM y el Ministerio de Salud como entes idóneos la calificación de estas sustancias.

Elaborar una agenda de supervisión y control que asegure la corrección inmediata exigida en el párrafo anterior, dirigida al gremio agricultor, con el fin de evaluar la respuesta de los agricultores en el sentido de medir su capacidad financiera y técnica, para superar hábitos de cultivo responsables de la contaminación por plaguicidas.

El ministerio de agricultura colaborará de forma especial con el gremio agrícola en la promulgación de dosificación y modos de empleo de fitosanitarios no contaminantes o de acción menos deletérea y/o en la promulgación de las ventajas comparativas que conlleva los cultivos con mezcla dirigida de especies de plantas de refuerzo de nutrientes a manera de simbiosis o de control de plagas. También en el Ministerio dirigirá campañas de información alternativa de cultivo, encaminadas a poner de manifiesto las ventajas que presentan los sistemas agroforestales, donde el principal control de plagas está soportado por las especies forestales escogidas.

Para alcanzar el logro de este último objetivo los institutos de investigación adscritos al ministerio de agricultura y al Ministerio del Medio Ambiente justificarán técnica y científicamente los contenidos de las propuestas de cambio.

La unidad operativa estudiará la conveniencia del control en la reiteración de especies cultivadas en las mismas áreas mediante el cálculo económico entre la situación presente y la alternativa de rotación de cultivos con el fin de desestimularlos. Este cálculo debe mostrar la inconveniencia que representa para el agricultor el continuo aumento de empleo de fitosanitarios y por el otro el inconveniente económico cifrado en el empobrecimiento del suelo por el paulatino agotamiento de los mismos minerales.

Prohibir en un plazo acordado el uso de plaguicidas químicos. Los argumentos de tal medida serán objeto de sustentación económica, social y ambiental por parte de la unidad coordinadora operativa creada.

El Ministerio de Agricultura deberá en lo posible conciliar alianzas dentro del gremio de pequeños cultivadores con el fin de lograr asociaciones que impulsen las cooperativas agrarias haciendo factible la industrialización limpia del minifundio.

1.5 Limitación Biológica.

1.5.1 Algunas causas del deterioro de los bosques en Colombia

Factores académicos, económicos, políticos y sociales, promovidos legal e institucionalmente, han contribuido al deterioro de los bosques. La dinámica de la deforestación ha sido en la mayoría de los casos resultados de políticas sectoriales (sociales, infraestructura, agrarias, mineras, de defensa, energéticas y de colonización). De igual forma las políticas de administración de los bosques han sido, en muchos casos, contraproducentes para su conservación.

Además de lo anterior, otras causas, a las cuales se le atribuye la deforestación en el país y por ende en esta cuenca son: el desconocimiento de las características biológicas, físicas, lúdicas, y reales económicas-sociales del sistema bosque; el desbalance en la utilización de los sistemas boscosos generado por la sobreexplotación de algunos recursos y la subutilización o de destrucción de otros, que ha significado la extinción de muchas especies de fauna y flora, la baja participación del sector científico-industrial forestal en la economía nacional; la limitada capacidad y conocimiento del estado para intervenir efectivamente en las formas de aprovechamiento y conservación de estos sistemas; el eclipsamiento medieval de las ciencias sociales respecto al conocimiento, evaluación, y descifrado de las potencialidades de actuación de las comunidades humanas modernas frente a los recursos naturales; las políticas de poblamiento cimentadas en el error realimentado de los encasillamientos culturales individuales que predicen comportamientos a la medida y en las relaciones paramétricas de la demografía sin interpretación integral (ambiental), que precisamente no presuponen la hibridación conceptual de uso y manejo de los recursos naturales de las reales comunidades que pueblan la cuenca y el país. Un ejemplo de la situación anterior, es ilustrado por la falta de información consistente y actualizada sobre los ecosistemas boscosos naturales, que impidió e impide la aplicación de cupos globales de aprovechamiento forestal con la segura salvaguarda de la integridad del ecosistema boscoso donante (mayores volúmenes de aprovechamiento a los desconocidos y ambientalmente permitidos).

El anterior acontecer de definición del manejo del bosque ha generado políticas de estado que cumplieran al pie de la letra los postulados del desequilibrio investigativo y de desconocimiento de nuestras realidades nacionales. Políticas de bosques que solo aplicaban a la necesidad coyuntural de satisfacer la posibilidad temporal de incremento del producto interno bruto y el acallamiento momentáneo a las exigencias de los "siervos sin tierra" encasillados, estos últimos, en desplazados históricos, que configuran la "población rural" - campesinos, indígenas, obreros, y otros miles con el calificativo de etnias Afrocolombianas con aptitud apriorística de colonizadores.

A este proceso se le debe sumar también el tedio institucional actual (discrecionalidad directiva) por todo aquello que represente el desafío de ejecutar acciones, de mejoramiento de la base patrimonial territorial, que tengan una duración superior a cierto tiempo, que coincidentalmente siempre es superior al periodo de servicio designado por ley del funcionario que debe tomar la decisión de ejecutarla.

En caso excepcional, por otro lado, los instrumentos necesarios para garantizar la efectividad de la acción desafiante casi nunca hacían parte de su formulación y cuando lo hacían, generalmente desbordaba la capacidad administrativa, operativa, financiera y técnica de la entidad que la fuera a ejecutar.

En este último caso, se puede afirmar que las ordinarias actividades y acciones que emprendían los organismos públicos del estado estaban revestidas de una anomia colectiva por todo aquello que representaba estado, anomia que descifrada, se traduce en un hacer por hacer, que no tiene nada en relación con el desafío de hacer para construir país, que es precisamente estudiar, asegurar, aprovechar, y admirar la base de sostenimiento de la regulación hídrica del sistema hidrológico que permite y asegura el desarrollo económico del estado que son precisamente los Sistemas Boscosos Colombianos.

En conocimiento de lo anterior el Ministerio del Medio Ambiente formuló una política de bosques, que si bien no es perfecta, sí corrige muchos de los defectos de las políticas anteriores, como es el caso de la asignación a los institutos adscritos al Ministerio la función de investigación de la flora y fauna, el establecimiento del ejercicio del principio de precaución en el otorgamiento de licencias de aprovechamiento forestal, el adelanto real de los inventarios florísticos, el mantenimiento, hasta donde es posible en las actuales circunstancias de violencia del país, de las áreas declaradas como parques nacionales, santuarios de fauna y flora, y demás figuras administrativas de áreas de protección, el de propiciar usos agropecuarios sostenibles mediante la implantación de la agroforestería, el de la formulación del estatuto de bosque y flora silvestre y otros instrumentos para su aprovechamiento sostenible, en fin de un sinnúmero de reformas que si se ponen en práctica propiciarán el mantenimiento y la regeneración de los sistemas boscosos colombianos en medida suficiente y justa. (Ver política de bosques).

Por otro lado el Ministerio del Medio Ambiente no consideró en su política, no obstante lo anterior, que el bosque no solo está formado por árboles maderables, no consideró que existen cientos de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que resultan más o tan importantes económica y socialmente que las maderas, se hace referencia a principios activos de tipo farmacéutico, a taninos, a esencias, a aceites, a gomas, a comestibles, a repulsores naturales de insectos o con efectos alelopáticos¹¹, etc. que deben ser materia de condicionamiento del aprovechamiento del sistema, también, no tubo el cuenta, que el sistema hidrológico debe su regulación natural a los bosques y que de esta regulación depende la subsistencia de muchas comunidades en el sentido de desarrollo económico y social y en el sentido del aumento en la

¹¹ A.J. Rojas A., (2002). “Estos productos naturales tienen múltiples efectos que van desde la inhibición o estimulación de los procesos de crecimiento de las plantas vecinas, hasta la inhibición de la germinación de semillas, o bien evitan la acción de insectos y animales comedores de hojas, así como los efectos dañinos de bacterias, hongos y virus. Así, los productos naturales conforman una parte muy importante de los sistemas de defensa de las plantas con la ventaja de ser biodegradables

El efecto alelopático de una planta sobre otro organismo no es total para bien o para mal, sino que está regido por manifestaciones de mayor o menor grado según sean las características de los organismos involucrados. Sin embargo, el potencial de productos naturales que pueden ser usados por sus propiedades biológicas particulares como herbicidas, plaguicidas, antibióticos, inhibidores o estimulantes de crecimiento, etc., es prácticamente inagotable.

El estudio de las interacciones químicas entre las principales especies de un agroecosistema y del impacto de los aleloquímicos en la dinámica y en la producción de los mismos, debe conducirnos hacia metas ecológicas y hacia la búsqueda de mayor información que nos permita aprovechar dicho potencial”.

frecuencia de inundaciones en áreas históricamente afectadas y su aparición en sitios donde no existían registros de ellas.

Se habla de la no consideración anterior, cuando se revisa la política y se encuentra la reglamentación de las licencias de aprovechamiento forestal de tipo persistente y luego de haber revisado las áreas que pueden ser objeto de tales aprovechamientos dentro de la cuenca (ver mapa 6.22¹² o 6.1 "Coberturas Vegetales Década 90" del estudio del IDEAM, 2001). incorporado en este informe). No se olvide que los bosques del Carare, existentes aún a mediados de la década de los noventas, hoy día no figuran siquiera como rastros.

En este orden de ideas, una de las medidas urgentes que debió considerar el Ministerio, es precisamente la suspensión de las concesiones de explotación de bosques para toda área que no presente una certificación de intervención inocua al sistema, por parte de un organismo calificado como pueden ser los Institutos de Investigación adscritos a él. (*Adviértase que se habla de sistema y no de bosques*)

1.5.2 Caracterización de los bosque de la Cuenca Magdalena Cauca

Para asuntos de zonificación el tema se dirigirá al descifrado y descripción del estado "actual" de la cubierta vegetal de la cuenca, desde el punto de vista de la condicionalidad de uso del territorio, que presupone la existencia del sistema bosque, tomando como base los estudios realizados por el IDEAM en esta temática y que fueron incluidos en el "Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena – Cauca y Elementos para su Ordenamiento Territorial" 2001, que a la vez, se incluyeron en el estudio de acercamiento al conocimiento de la relación sociedad naturaleza El Medio Ambiente en Colombia (1998), elaborado también por el IDEAM y que finalmente sirvió de base para los postulamientos relacionados con el tema, que elaboró la Unidad Técnica de la Universidad Nacional en su informe final (2002), requisito del convenio suscrito con CORMAGDALENA. También y, de manera relevante, se tomaron las recomendaciones de la Recopilación y Actualización de Estudios de "Suelos de Colombia" elaborado por el IGAC (1995).

El descifrado anterior está relacionado con la falta de unificación de cantidad de unidades de extensión reportadas por las entidades responsables de los estudios, que hacen parte de la base documental de la Corporación. En espera de una unificación de estos valores, para efectos de este informe, se tomarán las cantidades reportadas por el IDEAM en el informe final elaborado para CORMAGDALENA IDEAM "Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena – Cauca y Elementos para su Ordenamiento Territorial" (2001).

Por el lado de las clasificaciones de los sistemas boscosos no existiendo diferencias de fondo en los documentos analizados se optó por las suministradas en el mismo informe anterior.

1.5.3 Discusión de la información

En el mapa 1 del capítulo Sistemas Naturales de la Cuenca Magdalena Cauca del primer informe del estudio del IDEAM presentado a CORMAGDALENA, que se presenta en este informe, se muestran los Sistemas Naturales existentes en la cuenca tipificados como: Bosques Andino, Bosque Basal Caribe,

¹² El mapa 6.22 resulta ser el mismo 6.! En el estudio del IDEAM

Bosque Ripario, Especial Pantano Caribe, Especial Rupícola Caribe, Hídrico Andino Laguna, Hídrico Basal Ciénaga, Hídrico Basal Laguna, Manglar Caribe, Nival, Páramo, Sabana Arbolada, Xerófita Andina, Xerófita Basal.

Las extensiones de las áreas subtotales del anterior sistema natural, por otro lado, presentan diferencias de prácticamente 1'068.254 de has, en el mapa y la tabla respectiva, el mapa y la tabla reportan 4'967.464 has y la suma aritmética efectuada como comprobación de cantidad para este informe, arroja un subtotal de 6,035,718 has, descontando los reportados sistemas insulares que también se constituyen en un impase de apreciación del IDEAM. Los datos de cada sistema se pueden consultar en la tabla 1 también elaborada por el IDEAM pero corregida para efectos de este informe.

Tabla 1: Coberturas, áreas y porcentajes de la cuenca Magdalena - Cauca.

Unidad de Cobertura	Superficie (Ha)	% Respecto del Área de la Cuenca	Representatividad en el Contexto Nacional
Sistema natural			
Nival	26,599	0.1	0.02
Páramo	859,824	3.13	17.15
Bosque andino	2,832,223	10.32	10
Xerofítica andina	95,380	0.35	12.9
Bosque basal Caribe	1,596	0.01	20.7
Xerofítica basal	11,047	0.04	1
Especial pantano Caribe	1,684,906	6.14	71.54
Especial rupícola Caribe	48,726	0.18	18.19
Manglares del Caribe	38,069	0.14	30.36
Bosque ripario	86,874	0.32	2.25
Sabana arbolada	92,403	0.34	6.5
Hídrica andina laguna	3,988	0.01	23.5
Hídrica basal laguna	677	0.001	12.02
Hídrica basal ciénaga	253,406	0.96	78.58
Subtotal	6,035,718	22.04	
Sistema en transición			
Bosque andino fragmentado	2,162,837	7.96	71.1
Bosque basal fragmentado	31,601	0.11	0.46
Subtotal	2,194,438	8.07	
Sistema intervenido			
Agro ecosistema andino	11,035,775	40.59	73.4
Agro ecosistema basal	4,274,373	15.72	40.38
Agro ecosistema interandino	3,592,293	13.21	100
Bosque andino plantado	15,625	0.06	100

Bosque basal plantado	19,978	0.07	100
Hídrica andino embalse	23,066	0.08	88
Hídrico basal embalse	15,173	0.05	97.45
Asentamiento humano capital	43,771	0.16	43.66
Asentamiento humano. Municipal	8,691	0.03	41.47
Suelo desnudo antrópico	186	0.0006	4.18
Subtotal	19,028,937	69.9706	
TOTAL	27,259,087	100	

Fuente: Mapa de coberturas vegetales, uso y ocupación del espacio en Colombia (IDEAM, 96).

En el mismo mapa, se presentan los sistemas boscosos en transición a otros usos, es decir sistemas en proceso de desaparecer por deforestación tipificados como: Bosque Andino Fragmentado y Bosque Basal Fragmentado con subtotales de 2'162.837 has para el primero y 31.601 para el segundo (Ver tabla 1)

Para los sistemas intervenidos que se implantaron en el Mapa en cuestión las extensiones se presentan en la misma tabla 1.

Al examinar la tabla anterior y el mapa que le dio origen, se evidencia que solo quedaban por destruir unas pocas áreas (22.041% del área total) en la cuenca para completar la alegórica idea que inspiró el monumento al hacha y la tipificación del sistema natural boscoso como tierra inculta. Piénsese al mismo tiempo que los datos fueron actualizados para el año 1996 y que los promedios estimados de tasa de destrucción o mejor de transformación de las tierras incultas a tierras cultas o de aprovechamiento agropecuario y desarrollo urbano asciende a 468.677 has / año.

La anterior tasa de deforestación fue establecida por el IDEAM luego de efectuar con Imágenes digitalizadas para dos décadas (70 y 90) el análisis de pérdida o ganancia en extensión de los ecosistemas vegetales presentes en la cuenca.

Este mismo análisis prácticamente descalificó los datos de la anterior tabla con modificaciones sustanciales para cada tipo de sistema boscoso que aunque más acordes con la estructura general de las coberturas vegetales analizadas y con la fisiografía de la cuenca no debieron ser tan contundentes a la hora de contestar la pregunta ¿con que datos se debe trabajar?, y en cuestiones de coordinación en cuenca ¿como hacer para que la realidad problema sea comparable con los resultados del ejercicio de su evaluación? Al momento de definir y priorizar acciones correctivas. Los datos reportados por la tabla 1 para el sistema natural y en transición ofrecen un total de 8' 230.156 has y la tabla 2 para el mismo sistema reporta 7' 262.370 has o 967.786 has menos. Se tubo en cuenta para la formulación de este impase la asimilación o mejor concordancia entre las tipificaciones anotadas en las tablas y lo que es más importante la condición de natural del sistema en discusión.

En la tabla 2 siguiente se presenta el resultado parcial del ejercicio de actualización de las estadísticas y comprobación que reportó el Instituto (IDEAM) tomado del mapa 6.23 que se presenta en este informe y en la tabla 3 el resultado total.

Tabla 2.: Sistema natural boscoso *neto* de la cuenca

Unidad de Cobertura	Superficie (Ha)	% Respecto del Área de la Cuenca
<i>Sistema natural de la cuenca</i>		
Bosques densos andinos	2802280	10.27
Bosques densos basales	1613839	5.91

Bosques plantados andinos	91014	0.33
Bosques plantados basales	162070	0.59
Bosques abiertos andinos	1155258	4.23
Bosques abiertos basales	1371438	5.03
Manglar	66471	0.24
Total sistema natural	7262370	100
Área total cuenca	27285813	26.6

Fuente: Mapa 6.23 Coberturas vegetales de los ecosistemas boscosos IDEAM 2001

Nota: las áreas tipificadas como sistema en transición hacen parte del sistema boscoso natural a la hora de establecer la comparación de las tablas.

Los totales resumidos del sistema natural fueron espacializados por el IDEAM en el mapa 6.4 del capítulo 6 del informe final de cuya leyenda se extrajo la tabla 3 siguiente:

En este caso, se omitieron los bosques de manglar, que para efectos de la contabilidad y figuración en el tratamiento de importancia dado por el IDEAM a los demás sistemas, inexplicablemente no se relacionaron, pero se comentan seguida.

Las áreas del sistema boscoso de manglar están referidas territorialmente a la zona del canal del dique y a la zona existente en la orilla derecha del río Magdalena en el recorrido existente entre Fundación y el Tajamar en Barranquilla, que en total suman 66.471 has (dato obtenido del ejercicio de digitalización de las imágenes mencionadas comparados con los datos del SEFC¹³, que el mismo IDEAM maneja.

Tabla 3: Principales ecosistemas de la cuenca

Principales Ecosistemas	Superficie (Ha)	% Respecto del Área de la Cuenca
Bosques	7195897	26.6
Páramos	538002	1.98
Xerófitas	821309	3.01
Humedales	698793	2.56
Total sistema natural	9254001	33.91
Área total cuenca	27285813	100

Fuente: Mapa 6.4 IDEAM 2001

A partir de del análisis de los resultados del ejercicio de digitalización de las imágenes mencionadas y con el soporte "actualizado" de las estadísticas forestales y datos del censo agropecuario se originó una reclasificación de las coberturas más importantes existentes en la cuenca. Estas coberturas consecuentemente fueron espacializadas por el IDEAM en el mapa 6.24 de Coberturas Vegetales Década del 90.

De este cartograma se extrajo la tabla 4 que se presenta enseguida.

Tabla 4 Coberturas de la cuenca actualizadas al 2001

Unidad de Cobertura	Superficie (has)	% Respecto al Área Total de la Cuenca
----------------------------	-------------------------	--

¹³ SEFC o Sistema de Información forestal de Colombia

Sistema Natural		
Nieves	98,584	0.36
Páramos	538,002	1.96
Bosques densos andinos	2,802,280	10.27
Bosques densos basales	1,613,839	5.91
Bosques plantados andinos	91,014	0.33
Bosques plantados andinos	162,070	0.59
Bosques abiertos andinos	1,155,256	4.23
Bosques abiertos andinos	1,371,438	5.03
Manglar Caribe	66,471	0.24
Rastrojos altos andinos	1,051,879	3.86
Rastrojos altos basales	1,235,188	4.53
Rastrojos bajos andinos	1,255,012	4.6
Rastrojos bajos basales	1,768,884	6.48
Xerófitas andinas	193,761	0.71
Xerófitas basales	627,548	2.3
Cuerpos de agua andinos	45,321	0.17
Cuerpos de agua basales	653,472	2.39
Zonas sin vegetación	262,308	0.96
Total Sistema Natural	14,992,327	54.92
Sistema intervenido		
Cultivos misceláneos andinos	2,102,596	7.71
Cultivos misceláneos basales	3,440,199	12.61
Agro ecosistemas herbáceos andinos	2,125,853	7.79
Agro ecosistemas herbáceos basales	3,279,869	12.02
Banano	20,838	0.08
Palma africana	275,217	1.01
Asentamientos humanos	252,050	0.92

Total Sistema Intervenido	11,496,622	42.14
Areas sin información	796,864	2.93
Area Total de la Cuenca	27,285,813	100

Fuente: Mapa 6.24 IDEAM 2001

Comparativamente esta tabla (actualizada) y la tabla 1 presentan diferencias de fondo que hacen pensar que la zonificación elaborada para la tabla 1 contiene datos no del todo verdaderos y que la actualización de los datos tanto del censo agropecuario y del SEFC, como de la digitalización de las imágenes acercan la situación de las coberturas boscosas de la cuenca a la realidad.

El problema está en los análisis anteriores efectuados con esos datos "erróneos" (U. Técnica) sin la advertencia de su precaria situación de incierta o de calificación preliminar.

Si se admite la premisa anterior de aceptación de la tabla 4, resultaría que las coberturas de los sistemas naturales de la cuenca se incrementaron en 6'426.021 has que automáticamente se disminuyen en el sistema artificial o intervenido (pasaron de 18,902,441 has a 11'496.622 has).

Lo anterior se convierte en un estado indefinido de la información con la cual se estaba trabajando hasta el momento en el cual el IDEAM y la Corporación tuvieron a bien acceder a una caracterización de la cuenca en estos asuntos y, por lo tanto, se hace necesario verificar la veracidad de la información contenida en la tabla 4 y como primer paso de la coordinación en Cuenca respecto a las coberturas y demás sistemas de importancia, dar a conocer, de manera conjunta con el IDEAM, los nuevos datos y lo que es más importante, coordinar con las entidades encargadas del manejo de estos sistemas y de su información, la unificación de la tipificación y la metodología de obtención de esa información para asuntos de actualización y definición de acciones correctivas.

En relación con la zonificación de estas coberturas no queda otra alternativa que acceder a la presentada por el IDEAM en sus mapas, que para efectos de este informe, se copiaron tal cual los presenta el Instituto. Por otro lado la descripción que se establece en los apartes siguientes corresponde a una apreciación de que hizo el mismo IDEAM (en el primer informe - 2000) de los resultados obtenidos luego de actualizar la información y reclasificar los tipos sistemas existentes en la cuenca.

1.5.4 Sistema natural:

De acuerdo con la metodología de clasificación desarrollada por el IDEAM para una escala 1:500.000, este sistema se divide en dos clases de coberturas: vegetales e hídricas. Adicionalmente, para cada una de ellas se diferencian dos pisos altitudinales, siendo el andino aquel que se ubica en alturas mayores a los 1.000 metros y el basal aquel ubicado entre los 0 y 1.000 msnm.

1.5.4.1 Nival

Unidad que identifica áreas con nieve, localizada aproximadamente en la franja comprendida entre los 4.700 y los 5.000 msnm o alturas mayores. La cuenca posee una extensión de 26.599 hectáreas

representadas por nieves, correspondiente al 0.09 % de la superficie total de la cuenca y al 57% del total de nieves del país.

1.5.4.2 Páramo

“Esta unidad se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bajo porte con una vegetación graminoide entremezclada con frailejones y pajonales. Comprende tres franjas diferenciadas altitudinalmente como subpáramo, páramo y superpáramo. El límite inferior del subpáramo varía debido a la destrucción del bosque alto andino; en la cordillera Oriental empieza a los 3.200 m de altura, mientras que en la cordillera Central a los 3.700 m. El subpáramo se caracteriza por la escasa presencia de vegetación debido al rigor del clima principalmente. La región paramuna propiamente dicha se encuentra según Rangel (1995), entre los 3.600 y los 4.300 msnm, mientras que para Del Llano (1990), está entre los 3.200 y los 4.200 msnm. Debido a su condición altitudinal, se constituyen en una *muralla* para los vientos que circulan en las partes altas de las montañas. Los musgos y plantas atrapan la humedad de los vientos logrando una acumulación continua de agua. Este proceso se constituye en la función principal de los páramos en cuanto a la contribución en la formación de humedales y el mantenimiento de las lagunas, almacenamiento de agua; de allí la importancia de su conservación. El superpáramo está ubicado en alturas superiores a los 4.200 m y está caracterizado por presentar una vegetación que posee estructuras especiales para adaptarse a las condiciones climáticas extremas”. IDEAM (2001)

La cuenca presenta un total de 665.138 has (corregidas por el IDEAM a pesar de haber graficado 538.002 has en el mapa 6.24), correspondiente al 3.1% de su área y al 17.5% del total de páramos del país.

1.5.4.3 Bosque andino

Corresponde a la vegetación natural que se encuentra entre los 1700 y los 3700.msnm. Su vegetación presenta dos o tres estrados bien definidos, con dosel mas o menos cerrado y con árboles que van decreciendo en tamaño en la medida en que aumenta la altura sobre el nivel del mar; el estrato superior de árboles grandes puede tener alturas de 20 y 35 metros, y en su mayoría pertenecen a distintas familias del orden Rosales (*Cunoniaceae*, *Brunelliaceae* y *Rosaceae*). Esta unidad se divide de acuerdo a criterios de densidad de superficie de separación en dos: bosque denso y abierto.

Cada tipo de bosque está caracterizado por comunidades vegetales diferentes que responden a gradientes climáticos y topográficos, entre otros. Es de anotar, que a medida que se asciende altitudinalmente, la vegetación disminuye su porte y las especies expresan adaptaciones especiales que les permite soportar las condiciones extremas de temperatura, luz ultravioleta, fuertes vientos, etc.

Dentro de las funciones más sobresaliente de este tipo de bosque se encuentra el control de la erosión en laderas, mantenimiento de cuerpos de agua y oferta ambiental.

Esta representada esta unidad en 3'957.536 has equivalentes al 14% del total de la cuenca.

1.5.4.4 Xerofitias andinas

Con este nombre se identifica la unidad caracterizada por tener comunidades vegetales de tipo arbustivo o herbáceo, propias de climas secos y suelos pobres en materia orgánica. Dentro de las características sobresalientes de esta unidad es de mencionar el alto grado de endemismos que sus especies exhiben.

Esta cobertura representa un total de 193.761 hectáreas equivalente al 0,71% del total de la cuenca.

1.5.4.5.Xerofitias basales

Bajo este nombre se agrupan aquellas áreas que presentan déficit significativos de agua y en donde la vegetación está representada principalmente por cactáceas o matorrales espinosos. Otros factores que pueden incidir en la formación de estas zonas, algunas veces presentes como enclaves secos, son el tipo de suelo, acción de vientos locales, entre otros.

Esta cobertura en su totalidad está estimada en 627.548 has, equivalentes al 2.3% de la cuenca

1.5.4.6 Manglares del Caribe

En sentido amplio, esta unidad involucra aquellas comunidades vegetales bastante homogéneas que ocupan las áreas transicionales entre tierra y mar, y por lo tanto, se encuentran muy cercanas a las franjas litorales en las inmensas planicies aluviales costeras. Desde el punto de vista florístico se caracterizan por presentar una fisonomía estructural variada exhibiendo franjas boscosas intercaladas con matorrales adaptadas a condiciones salobres y de fuerte oleaje.

La cifra total estimada para los manglares es de 66,471 has, equivalente a cerca del 0.24% de la cuenca

1.5.4.7 Bosque basal

En esta unidad se reunieron las coberturas de bosque denso basal y abierto y representan las formaciones vegetales caracterizadas de acuerdo a posibilidades edáficas e hídricas de las regiones donde se desarrollan generalmente corresponden a núcleos con abastecimientos de agua fluvial, lagunar o freática como sucede con el bosque de galería o ripario, especial ripícola caribe y especial ripícola pantano caribe además de la sabana arbolada, bosque de piedemonte hasta una altura sobre el nivel del mar de 1000 m que geomorfológicamente se puede acercar al modelado de disección y parte inferior del pluvial forestal (parte media y baja de la Serranía de las Quinchas y parte baja y media de las Serranías de San Lucas y Perijá). La distribución de las temperaturas y de las lluvias caracterizan su fisonomía. En la cuenca la extensión de estos bosque llega a 2'975.287 has que representan el 10.84% del total de la superficie de la cuenca.

1.5.4.8 Bosque andino plantado:

Esta unidad está representada por aquellas plantaciones forestales que se encuentran en el piso andino, y de las cuales las más representativas son la de los pinos, cipreses y eucaliptos. Se identificaron en la clasificación de las imágenes satelitales a una resolución de 1:500.00, un total de 91.014 has equivalentes al 0.33 % del área de la cuenca y al 100% de los bosques plantados existentes en este piso .en el país.

1.5.4.9 Bosque basal plantado:

Son aquellas plantaciones forestales desarrolladas generalmente sobre terrenos planos, que se encuentran en el piso basal, y de las cuales, las más representativas son la de plantaciones de caucho pinos acacias, teca, etc. En la cuenca se contabilizaron 126.070 has que equivalen al 0.59 % del área de la cuenca.

1.5.4.10 Rastrojos altos

Se caracteriza por presentar una vegetación poco densa; presentan estados sucesionales de cerca de 5 años conformados por arbustos con sus copas juntas o esparcidas puede estar formado por uno o dos estratos dependiendo de las condiciones geográficas particulares. En esta unidad se incluyen todas las naturales abandonadas que muestran estadios sucesionales tempranos, así como cultivos lignificados de porte arbustivo. En la cuenca esta unidad tiene una representatividad de 2287.067 has correspondientes al 8.38 % del área total de la cuenca. De ellos 1.020.663 has corresponde a rastrojos altos andinos propiamente dichos o de la región andina, 31.215 has se distribuyen por la costa atlántica 720.166 has son rastrojos altos basales de la región andina y 515. 021 has son rastrojos basales de la región caribe.

1.5.4.11 Rastrojos bajos

En esta unidad se incluyeron todas las áreas naturales abandonadas que muestran estados sucesionales muy tempranos así como cultivos muy lignificados de porte arbustivo y herbáceo.

En la cuenca se identificaron 3' 023.896 has correspondientes al 11.08 % del área total de la cuenca de ellos 1' 235.929 has corresponden a rastrojos bajos de la región andina, 19.082 has a restrojos bajos andinos de la región caribe, 966.991 has son rastrojos bajos basales de la región andina y 801.892 has corresponden a rastrojos bajos basales de la región caribe.

1.5.4.12 Cuerpos de agua andinos

Esta unidad incluye lagunas, lagos, ciénagas, embalses, y ríos .

Las ciénagas se pueden definir como cuerpos de agua lénticos que se encuentran en las depresiones de los valles inundables y están interconectados con el río. De acuerdo con la época climática la dirección de las aguas cambia de río a Ciénaga y de Ciénaga a río. Por su parte los embalses situados por encima de los 1000 msnm están incluidos en esta tipificación.

Como su nombre lo indica son aquellas que se encuentran ubicadas en alturas mayores a los 1.000 msnm y corresponden a ecosistemas acuáticos lénticos, que se caracterizan por tener aguas quietas confinadas en depresiones tectónicas o glaciares. Se estima que existen 45.321 has de lagunas, equivalentes al 0.17% del total de la cuenca.

1.5.4.13 Cuerpos de agua basales.

Incluye todas las lagunas que están ubicadas por debajo de los 1.000 msnm. Se estima que existen 653.472 ha correspondientes al 0.2.39 % del área de la cuenca.

1.5.4.14.Suelo sin vegetación:

Se refiere a aquellos lugares donde la actividad humana ha eliminado la cobertura vegetal o zonas que se encontraban en proceso de laboreo en el momento de registrarse por la imagen. Se estimaron aproximadamente, 262.308 has de esta unidad en la cuenca.
desnudo antrópico

1.5.5 Sistema intervenido

Bajo esta clasificación se agrupan los sistemas de cultivos desarrollados en la cuenca (andinos y basales) y los agro ecosistemas desarrollados en las mismas circunstancias altitudinales anteriores (agro ecosistemas andinos y basales, desarrollados en la cuenca por encima de los 1000 msnm.

1.5.5.1 Cultivos misceláneos andinos

Representa la unidad que expresa los sistemas agropecuarios, existente en los flancos cordilleranos a alturas superiores a los 1000 msnm y en el altiplano Cundiboyacence. La superficie ocupada por estos agro ecosistemas es de 2'102596 has que corresponde al 7.71 % del área total de la cuenca.

1.5.5.2 Cultivos misceláneos basales

Representa la unidad que expresa los sistemas agropecuarios, existente en los piedemontes cordilleranos y el fondo de los valles a alturas inferiores a los 1000 msnm flancos cordilleranos a alturas superiores a los 1000 msnm. En la cuenca se estima que existes 3'440.199 has donde se desarrollan cultivos limpios de esta clase.

1.5.5.3 Agro ecosistemas herbáceos andinos

En esta unidad están representados todos los sistemas de cultivo que tienen asociaciones vegetales de tipo arbustivo o arbóreo desarrolladas por encima de los 1000 msnm. En la cuenca existen cerca de 2'125.853 has en las cuales se desarrolla esta clase de cultivos que corresponden al 7.79 % del área total de la cuenca. La zona cafetera por encima de los 1000 msnm constituye un buen ejemplo.

1.5.5.4 Agro ecosistemas herbáceos basales

Por debajo de los 1000 msnm se desarrollan cultivos asociativos que representan a esta unidad de clasificación. Los fondos de los valles y los piedemontes cordilleranos constituyen las zonas fisiográficas en donde estos sistemas se desarrollan. En la cuenca se estima que existen 2'279.869 has que equivalen al 12.02 % del su área total.

1.5.5.5 Banano

Son cultivos arbustivos desarrollados mayoritariamente en el piso basal que representan el 0.08 % del área de la cuenca con 20.838 has.

1.5.5.6 Palma africana

Como en el caso anterior son cultivos desarrollados únicamente en el piso basal. Se estima que existen 275.217 has que equivalen al 1.01 % del área total de la cuenca.

1.5.5.7 Asentamientos humanos.

Involucra los cascos urbanos de las capitales departamentales y municipales y el distrito capital de Bogotá. En la cuenca se identificaron 252.050 has dedicadas a este tipo de uso del suelo que corresponden al 0.92 % del área total de la cuenca.

1.5.6 Coordinación en Cuenca

Como se mencionó en apartes anteriores se hace necesario y de forma urgente, convenir con el IDEAM sobre la fidelidad de la información con la realidad de las coberturas de la cuenca y la posibilidad de igualar las metodologías de obtención, tratamiento y análisis de la misma con los entes encargados de producirla

Con el ministerio del Medio Ambiente y con el mismo carácter de urgencia de la anterior propuesta, se hace necesario que la Corporación discuta la posibilidad de suspender las licencias de aprovechamiento de bosques primarios e intervenidos basales y andinos, en razón de los costos ambientales que significa proseguir con esta práctica. Recuérdese el carácter autónomo de las CAR y la calificación de legislador y autoridad superior del Ministerio (invóquese el principio de precaución establecido en la ley 99 del 93).

Los argumentos para la formulación de dicha suspensión están relacionados de manera resumida y comprensible en los ítem anteriores

Nota: La seguridad de la veracidad de la información está primero.

En lo que respecta a usos del suelos generales de la cuenca, es necesario coordinar con el Ministerio de Agricultura y el Ministerio del Medio Ambiente la también urgente despotrerización de la cuenca con soluciones del tipo agroforestal industrial, que permitan al país recuperar su condición de auto – abastecedor alimentario y paralelamente recuperar el germoplasma forestal, el suelo y la fauna silvestre asociadas .

En el mismo sentido anterior la optimización de los suelos ganaderos (disminución de la forma extensiva de uso) que representa bajos rendimientos económicos y altos costos edafológicos y sanitarios (La estabulización es una salida económica comparativamente hablando) y contribuiría a la despotrerización de la cuenca.

Con los mismos Ministerios anteriores y la asesoría de CONIF y el Instituto Andrés Bello se debe concertar unas reglas de juego (programas) que permitan optimizar el recurso suelo en pos de una agroforestería que diversifique la producción forestal y agronómica de cultivos limpios de plaguicidas.

CORMAGDALENA debe coordinar con el Ministerio del Medio Ambiente y las CAR jurisdiccionales de cuenca la revisión de los aspectos relacionados con la tenencia de las tierras forestales, con el objeto de proponer esquemas de manejo mas acordes con las características de cada tipo de bosque previamente caracterizado, donde se garantice su preservación y protección.

CORMAGDALENA debe coordinar con el Ministerio del Medio Ambiente y las CAR jurisdiccionales de cuenca, el fomento a la investigación forestal (de nativos y plantados) dirigida a la taxonomía, distribución, estructura y funciones de los bosques y de sus subproductos, con cuyos resultados se establezca un biocomercio con carácter persistente y sostenible en el tiempo.

CORMAGDALENA debe coordinar con el Ministerio del Medio Ambiente y las CAR jurisdiccionales de cuenca, las acciones necesarias para hacer competitiva la reforestación comercial con el fomento y establecimiento de bosques plantados, de tal forma que converjan en forma armónica, los conceptos de desarrollo sostenible, la ecoeficiencia, el crecimiento económicos y la equidad social y al mismo tiempo, se disminuya la presión sobre el bosque natural y se propicie un entorno favorable para los Mecanismos de Desarrollo Limpio -MDL

CORMAGDALENA debe coordinar con las CAR pertinentes, la identificación y delimitación de áreas prioritarias para desarrollar programas de restauración ecológica, que garantice la ampliación del bosque nativo y el retorno y movilización de la fauna silvestre a través de corredores de comunicación biológica (estructura principal)

CORMAGDALENA debe coordinar con el Ministerio del Medio Ambiente y las CAR el cambio de sentido del bosque como recurso que otorga únicamente maderas, por el de dador de bienes y servicios ambientales y patrimonio único natural.

Tabla de Contenido.

Macrozonificación de la Cuenca Magdalena Cauca	1
i. Objeto.....	1
1. La Cuenca Como Limitante Natural.....	2
1.1 Oferta o Limitación Geo-estructural.....	2
1.1.1 Marco geodinámico de la cuenca	3
1.1.2 “Nacimiento de la cuenca”	4
1.1.3 Terrenos geológicos y tectónicos de la cuenca.	4
1.1.3.1 Terreno Payandé, Cuenca Magdalena Superior y Medio	4
1.1.3.2 Terreno Cajamarca - Bloque Norte de la Cordillera Central.....	6
1.1.3.3 Terreno Cauca - Romeral - Graben y Cabalgamiento del Cauca.....	7
1.1.3.4 Terreno Cañas Gordas Bloque Norte Cordillera Occidental.....	7
1.1.3.5 Terreno Dagua - Bloque Sur Cordillera Occidental	8
1.1.3.6 Terreno Payandé - San Lucas	8
1.1.3.7 Terreno Puquí	9
1.1.3.8 Terreno Buriticá	9
1.1.3.9 Terreno San Jacinto	9
1.1.3.10 Terreno San Jorge – Plato.....	10
1.1.3.11 Terreno o Bloque Floresta.....	10
1.1.3.12 Terreno o Bloque – Santander	11
1.1.3.13 Terreno Perijá - Frente Estructural Perijá	11
1.1.3.14 Terreno Cesar - Cuenca Cesar Ranchería	12
1.1.3.15 Terreno Sierra Nevada - Bloque Santa Marta	12
1.1.3.16 Terreno Sevilla - Frente de Cabalgamiento de Santa Marta	13
1.1.3.17 Terreno Santa Marta.....	13
1.1.3.18 Supraterreno Cordillera Oriental - Bloque Cordillera Oriental	14

1.1.3.19 Terreno - Bloque Garzón	14
1.1.4 Geología Estructural	14
1.1.4.1 Cuenca del Alto Magdalena	15
1.1.4.2. Cuenca del Medio Magdalena	16
1.1.4.3 Cuenca del Bajo Magdalena	17
1.1.4.4 Cuenca del Cauca	18
1.1.5 Estabilidad de las morfoestructuras de la Cuenca	19
1.1.5.1 Zonas muy Inestables	19
1.1.5.2 Zona Inestable	20
1.1.5.3 Zona de Inestabilidad Moderada	20
1.1.5.4 .Zonas Estables	20
1.1. 5.5 Zonas muy estables	20
1.1.6 Limitación de Uso Y Ocupación de la Cuenca por Movimientos en Masa	20
1.1.6.1 Susceptibilidad Intrínseca al Deslizamiento	21
1.2 Limitación y Oferta Climática e Hídrica.....	24
1.2.1 Limitación térmica	24
1.2.1.1 Distribución espacio temporal de las temperaturas	24
1.2.1.2 Principales causas de la variabilidad temporal de las Temperaturas	25
1.2.1.3 Limitaciones térmicas de ocupación del territorio de la cuenca	25
1.2.2 Limitación y Oferta Hídrica	26
1.2.2.1 Posibilidad Hídrica de Ocupación de la Cuenca	26
1.2.2.2 Zonificación preliminar del recurso agua superficial	27
1.2.2.2 Oferta hídrica	32
1.2.2.2.1 Balance Hídrico	32
1.2.2.3 Zonificación de la cuenca Magdalena Cauca según su oferta o limitación hídrica	33
1.2.2.4 Oferta o Limitación en la Cuenca del Recurso Aguas Subterráneas	42
1.3 limitación de la Oferta Edafológica	48
1.3.1 Criterios de zonificación	48
1.3.3 Zonificación de la cuenca del Magdalena por la presencia de procesos con diferente intensidad de erosión	49
1.4 La Cuenca como Vertedero de Residuos Sólidos y Líquidos y las Restricción de uso sobre el Recurso Hídrico que Originan.....	53
Causas	54
Efectos	55
1.4.2 Restricción de la Oferta Hídrica por Carga Orgánica	55
1.4.3 Restricción Nominal al Uso del Agua por Subproductos de la Extracción y Concentración de Oro	57
1.4.3.1 Zonificación de la cuenca por contaminación de subproductos de la extracción y concentración de oro	58
1.4.4 Limitación de la Oferta Hídrica por Uso Indiscriminado de Plaguicidas	59
1.5 Limitación Biológica	65
1.5.1 Algunas causas del deterioro de los bosques en Colombia	65
1.5.2 Caracterización de los bosque de la Cuenca Magdalena Cauca	67
1.5.3 Discusión de la información	67
1.5.4 Sistema natural:	72
1.5.4.1 Nival	72
1.5.4.2 Páramo	73
1.5.4.3 Bosque andino	73
1.5.4.4 Xerofitias andinas	74
1.5.4.5.Xerofitias basales	74
1.5.4.6 Manglares del Caribe	74
1.5.4.7 Bosque basal	74
1.5.4.8 Bosque andino plantado:	74
1.5.4.9 Bosque basal plantado:	75
1.5.4.10 Rastrojos altos	75
1.5.4.11 Rastrojos bajos	75
1.5.4.12 Cuerpos de agua andinos	75
1.5.4.13 Cuerpos de agua basales	75
1.5.4.14.Suelo sin vegetación:	76

1.5.5 Sistema intervenido	76
1.5.5.1 Cultivos misceláneos andinos.....	76
1.5.5.2 Cultivos misceláneos basales.....	76
1.5.5.3 Agro ecosistemas herbáceos andinos.....	76
1.5.5.4 Agro ecosistemas herbáceos basales	76
1.5.5.5 Banano.....	76
1.5.5.6 Palma africana	77
1.5.5.7 Asentamientos humanos.....	77
1.5.6 Coordinación en Cuenca	77