

# EL MACIZO COLOMBIANO Y SU AREA DE INFLUENCIA

## MÓDULO HIDRICO

---



REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE  
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM  
SANTA FE DE BOGOTÁ, D. C., MARZO 13 DE 1999



## INTRODUCCION

El Macizo Colombiano no podía escapar a la constante histórica de ocupación del sistema cordillerano andino al cual pertenece. La dinámica socio-cultural se articula con la función natural de captar, almacenar y regular el agua y de sustentar recursos naturales de gran interés para la preservación del patrimonio nacional natural y la satisfacción de buena parte de las necesidades de sus habitantes. Se cuenta con una riqueza histórica, étnica y cultural, amenazada por la magnitud e intensidad de los fenómenos de ocupación y utilización de los sistemas naturales del Macizo, los cuales son altamente frágiles.

En la actualidad, los niveles de deterioro de los sistemas naturales afectan el bienestar de la población y la reproducción cultural de las etnias allí presentes. En igual forma se menoscaba la estabilidad y productividad de las estructuras naturales y las funciones protectoras y reguladoras de recursos hídricos, abastecedores de cuerpos de agua y de la red de drenaje del Macizo en general.

La presión social sobre el medio natural es producto de una densidad poblacional relativamente alta en comparación con la oferta reducida de tierras con condiciones favorables para la actividad agropecuaria convencional. La vulnerabilidad se origina por la presencia de una elevada biodiversidad en el área, con un soporte geopedológico relativamente inestable que, en conjunto, capta, almacena y regula el agua, que da lugar a nacimientos de ríos importantes en la vida y economía del país; ellos son: Magdalena, Cauca, Caquetá y Patía, de ahí el nombre de “Estrella Fluvial Colombiana”.

El medio físico del Macizo está conformado por un complejo geohidrológico que contiene 362 cuerpos lagunares en la Alta Montaña, 13 páramos y ecosistemas con abundancia de flora y fauna. Compromete los departamentos del Cauca, Caquetá, Huila, Nariño, Putumayo, Tolima y Valle

Se considera interesante abordar los esfuerzos técnicos y científicos, teniendo en cuenta el conjunto del medio físico del Macizo Colombiano sobre la división político administrativa de los municipios de influencia, porque se considera trascendental la amplia participación municipal en el trabajo de proteger, recuperar y utilizar adecuadamente los recursos naturales del Macizo y de sus áreas de influencia. De esta manera se garantiza el bienestar social y la sostenibilidad de las estructuras sociales y naturales.

## ANTECEDENTES

El 14 de agosto de 1995 se suscribió un convenio marco para la protección y manejo del Ecosistema Estratégico del Macizo Colombiano entre el Ministerio del Medio Ambiente y las Corporaciones Autónomas Regionales del Cauca, Huila, Nariño, Tolima y la de Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia. El convenio se amplió el 1° de junio de 1998, vinculando al IDEAM y a CORMAGDALENA. Se protocolizó de esta manera la unidad de voluntades políticas de las corporaciones para atender integralmente esta zona viviente del país.

Así se conformó el “Proyecto Macizo Colombiano” que pretende dar directrices para “el Ordenamiento Territorial Ambiental del Macizo”, de común acuerdo con las Corporaciones Regionales, firmantes del acuerdo y vinculadas como instrumento para la ejecución de programas y actividades señaladas con tal propósito. En el diseño y puesta en operación de este trabajo, previas discusiones y análisis de los problemas sociales y ambientales, ha participado el IDEAM con el apoyo conceptual, técnico y científico. Como fruto de consensos logrados en múltiples reuniones, se asignó tareas en el orden regional y local, en cuyo desarrollo avanza el Instituto. Una vez señalados y evaluados los problemas, se acordaron planes de trabajo tendientes a capturar, analizar y procesar una información ambiental suficientemente concreta para tomar decisiones en materia de Ordenamiento Territorial Ambiental y de gestión ambiental regional, en general.

El IDEAM adquirió compromisos de acuerdo con sus funciones, tales como suministrar información ambiental, a partir del conocimiento del medio natural, social y de sus interrelaciones.

Durante la realización en el municipio de Almaguer (Cauca) de la tercera cumbre para el manejo biorregional compartido del Macizo Colombiano, el IDEAM entregó el documento “El Macizo Colombiano y su área de influencia inmediata”, que contenía, junto con el diagnóstico del área en cuestión, los argumentos técnicos para la delimitación, expuestos por el Director del Instituto durante la realización de la segunda cumbre, llevada a cabo en la ciudad de Pitalito, Huila.

En esta argumentación y en sucesivas intervenciones en las mesas de discusión sobre la delimitación del Macizo Colombiano, así como en el contenido del documento, se expusieron los criterios técnicos originados a partir de la aplicación del método de diferentes especialidades científicas a la definición de la identidad regional de la denominación “Macizo Colombiano”.

Sin embargo, las características analíticas del documento dieron lugar a una síntesis densa que, junto con la existencia de otros criterios basados en la conveniencia y el interés por robustecer las condiciones de los municipios y de sub-áreas regionales en las actuales condiciones que buscan consolidar la desconcentración y la descentralización del país, contribuyeron al encubrimiento de la objetividad pretendida originalmente por el IDEAM.

Por esta razón, el presente documento recoge también una propuesta de delimitación del Macizo Colombiano y su área de influencia inmediata como resultado de los elementos de criterio aportados por cada una de las disciplinas que contribuyeron al análisis de la identidad de la región.

## PROBLEMAS REGIONALES DEL MACIZO COLOMBIANO

El Macizo Colombiano “Estrella Fluvial”, tiene una importancia atribuida al significado que tiene la zona de captación y de influencia de las cuencas con su ápice en esta porción del sistema andino, frente a los procesos culturales, sociales y el potencial económico.

El Macizo por sus zonas altas, por sus bajos valores de evapotranspiración, por sus suelos y formaciones superficiales espesas con presencia de cenizas volcánicas con gran capacidad de retención de agua, ejerce una función significativa desde el punto de vista de la captación y la regulación de las aguas. No obstante, cuando se desciende hacia la montaña media, hacia los Altiplanos y su continuación hacia Mercaderes (Cauca) y el Valle del Patía, así como por la cuenca alta del Magdalena, se cuenta con condiciones que van desde muy secas hasta subhúmedas, donde los escurrimientos hídricos superficiales son entre bajos hasta moderados y medios. Las zonas de drenaje correspondientes a la cuenca del Putumayo y el río Caquetá, hacia la Amazonía, y el Altiplano de Popayán, hacia el Pacífico, cuentan con aportes pluviométricos entre medios a muy altos.

Cuando el río Magdalena alcanza la desembocadura del Saldaña lleva un caudal promedio anual casi equivalente al aporte del río Saldaña. Así sucesivamente los ríos que nacen en el Macizo van conformando e incrementando su caudal a medida que reciben nuevos aportes, esto quiere decir que estos ríos y sus cuencas cobran importancia en toda su extensión y, por consiguiente, las tareas de preservación y conservación deben ser aplicadas a las diferentes formas de uso y utilización de las aguas y de los recursos naturales conexos.

Merece un análisis muy especial el hecho que en las zonas del Macizo, correspondientes a la alta montaña, y a sus valles y altiplanos, se concentra una población con alta densidad merced a la disponibilidad de recursos de flora y fauna, así como tierras con bondades para la actividad agropecuaria. Las funciones básicas del Macizo, en cuanto a captación de aguas, albergue para ecosistemas

importantes, asiento para una población numerosa, entre otras, debe hacerse compatible con la sustentación de los sistemas de reproducción cultural allí presentes, incluidos indígenas, negritudes, campesinos y colonos. La sostenibilidad está supeditada a las presiones ejercidas por las demandas de las zonas aledañas o de mediata influencia en y del Macizo.

Identificado un núcleo del Macizo con sus problemas y desarrollos alternativos, se pasa a considerar un área de influencia que se extiende, por el Sur hasta la frontera con Ecuador y que cubre el costado occidental de la cordillera oriental y, por el Norte, hasta la divisoria de aguas de la cuenca del río Saldaña en virtud de la correlación que ocurre entre la disponibilidad de recursos naturales y la ocupación del territorio con toda la complejidad que encierra el dinamismo cultural, social y económico.

Es posible que una buena parte de las alternativas para la protección y desarrollo sostenible del Macizo se encuentren en las áreas de influencia que ejercen demandas de recursos naturales incluida el agua. Lo anterior no descarta que también se deba buscar criterios, pautas y estrategias, en el interior del Macizo, tendientes a lograr la sostenibilidad de las actividades culturales y sociales que allí se realizan.

El problema de escasez de tierras para la labranza convencional ha llevado a la utilización de suelos con características no óptimas, tanto por la pendiente fuertemente inclinada, como por la propensión a procesos erosivos. Las comunidades indígenas y los campesinos tradicionales han sido desplazados hacia áreas con suelos limitados para la producción.

## COLONIZACIÓN

El diagnóstico inicial permitió reportar 17 focos de colonización sobre los ecosistemas de Alta Montaña. Parte de las tierras taladas se dedican al establecimiento de cultivos ilícitos. Para 1995 se tenía información sobre la existencia de cerca de 18.000 hectáreas sembradas con amapola. El proceso de colonización se sostiene con la extracción de madera, en sitios considerados ecológicamente neurálgicos, y conduce a la ampliación de la frontera agrícola.

Los cultivos ilícitos, caso de la amapola, se localizan en terrenos situados en la franja de los 2.000 y 3.200 msnm. Estas zonas están poco pobladas y muy aisladas, en áreas del bosque alto-andino y con fuerte pendiente. Por cada hectárea de amapola que se plante se destruyen 2.5 hectáreas de bosque. La erradicación de los cultivos ilícitos desplaza la frontera hacia zonas de difícil acceso y dificultad para ser detectadas.

## MARGINALIDAD SOCIO-ECONÓMICA

Grupos de población correspondientes a indígenas, campesinos tradicionales y colonos, debido a la falta de espacio físico para desarrollar actividades económicas y culturales se ubican en zonas ecológicamente frágiles y desencadenan en las áreas graves problemas ambientales.

## IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS

- Incremento de riesgos y amenazas para la población y la infraestructura física de desarrollo.
- Deterioro del espacio físico, de por sí reducido, para la reproducción cultural de etnias ancestrales y de campesinos tradicionales.
- Destrucción de la biodiversidad y de los sistemas naturales que la contienen y utilización inadecuada de sistemas naturales endémicos y de escasa representación territorial.

- Afectación de los nacimientos de agua, de las zonas de recarga y de la red de drenaje, con efectos sobre la captación, almacenamiento y regulación.
- Aumento de carga de sedimentos y de contaminantes con afectación de embalses y acueductos que sirven a la población.
- Afectación del Patrimonio Nacional Natural a expensas de las áreas protegidas por el Sistema Nacional de Parques Naturales.

## ENFOQUE METODOLÓGICO Y ALCANCES

En el presente documento se ha evaluado la información ambiental disponible para obtener estados ambientales actuales en los aspectos sociales, culturales, naturales y sus interrelaciones. Esto es, información meteorológica, hidrológica, geopedológica, ecosistémica y de asentamientos y población, con el fin de hacer una interpretación de conjunto, dada por la visión de la ecología económica. Esta información así tratada permite presentar inventarios y estados ambientales con sus limitaciones, en un contexto de síntesis de los procesos sociales, naturales y sus interrelaciones para la toma de decisiones en materia de protección, recuperación y utilización sostenible de los sistemas naturales. De igual forma se modela una información para el señalamiento y caracterización de riesgos y amenazas de origen ambiental que permite precisar la información para pronósticos y alertas ambientales.

El trabajo se desarrolló con información primaria y secundaria bajo un nivel de resolución global, que debe ajustarse con avances locales para efectos de apoyar las decisiones para el ordenamiento ambiental territorial y otras tareas de la gestión ambiental dirigida al desarrollo sostenible.

Existen contribuciones muy importantes, como es la propuesta de zonificación elaborada por el Proyecto Macizo Colombiano. Se trata de ir generando aproximaciones que concilien los intereses de necesidades básicas y de bienestar de la población, en general, con los indispensables para la protección y conservación de las estructuras sociales y naturales.

Puesto que el objeto no es el alinderamiento definitivo del área del Macizo Colombiano se acordó el límite político administrativo municipal y las divisorias de cuencas y se tuvo en cuenta, además, zonas de influencia incluidas razones de soberanía.

Estas zonas, además de recibir los beneficios de la irrigación de recursos hídricos provenientes del Macizo, propiamente dicho, ejercen a través de las poblaciones residentes una presión importante sobre la oferta ambiental del Macizo, en especial, por la tala de áreas de bosques y masas vegetales protectoras para destinarlas a pastizales y cultivos ilícitos.

Gran parte de las zonas del Macizo y sus áreas de influencia contienen medios altamente inestables, vulnerables a los cambios para usos menos protectores. En la medida que se desestabilice la selva y se eliminen las masas boscosas, desaparecen especies de fauna y flora importantes en la farmacopea y en la nutrición de la población. Con el cambio de uso comienza, enseguida, la degradación del suelo, con la pérdida de cohesión e incremento de la tendencia a la actividad intensa de los procesos erosivos.

Las múltiples funciones que cumple el Macizo y sus áreas de influencia, generalmente con propósitos superpuestos, tales como soportar asentamientos con actividad económica y social, captar, acumular y regular el agua, genera problemas.

La mayoría de los problemas se manifiestan en el momento que se presenta la inestabilidad natural del medio o se acelera por efecto de la utilización y del aprovechamiento imprudente del medio y de sus recursos naturales.

Si bien la región tiene culturas ancestrales y campesinas tradicionales, los procesos sociales expulsivos que se han generado en las estribaciones han confinado a la población en condiciones no propicias para la conservación.

La densidad de la población se acentúa con el fenómeno de los cultivos de amapola que en conjunto inciden negativamente sobre medios de relativa fragilidad, deterioran el medio y generan riesgos y amenazas sobre la población y la infraestructura.

El Macizo constituye un gran sistema natural de incalculable valor biótico, hídrico, climático y paisajístico, entre otros. En la actualidad el Macizo presenta serios problemas de deterioro que afectan el potencial hídrico, la estabilidad y la biodiversidad, debido al acelerado proceso de destrucción, causado por los colonos que arrasan irreversiblemente con bosques y páramos.

Los procesos de erosión, aunque se presentan en las condiciones de inestabilidad natural del área, se están acelerando por la explotación imprudente de los recursos naturales.

La información que se está entregando, lejos de pretender el congelamiento de la actividad social y de la economía de subsistencia, tiene como propósito señalar estados ambientales y sus limitaciones, en orden a lograr una ocupación funcional del espacio que favorezca la utilización y el aprovechamiento sostenido de los recursos naturales allí presentes.

## OROGRAFÍA Y GEOLOGÍA DEL AREA DEL MACIZO COLOMBIANO

### MORFOESTRUCTURA DE LA RED HIDROGRÁFICA

El Macizo Colombiano es el nudo orográfico de la cordillera de los Andes donde tienen origen las cordilleras central y oriental. Se conoce también como Nudo de Almaguer y, además, recibe el calificativo de “Estrella Orográfica Colombiana” y “Estrella Fluvial Colombiana”, esta última denominación por tener allí su origen los ríos Magdalena, Caquetá, Cauca y Patía y varios de sus afluentes. (Ver Tabla No. 1).

Los criterios que definen un “Macizo” se relacionan con: presencia de rocas antiguas (paleozoicas y mesozoicas), ocurrencia de varios eventos tecto-orogénicos, aplanamientos (para Colombia: aplanamiento en condiciones bioclimáticas tropicales en el Terciario inferior antes de la orogenia andina) y fenómenos magmáticos (plutonismo y volcanismo). Estas condiciones se cumplen en el Macizo Colombiano (Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 1994).

El Macizo evolucionó a partir de eventos metamórficos y magmáticos ligados con la zona de subducción del Pacífico, con la formación de altiplanos ocupados en el pasado reciente por lagos que posteriormente fueron sedimentados y hoy conocidos como los altiplanos de Paletará y el Páramo de Las Papas. El eje volcánico activo de Los Coconucos con una gran actividad explosiva y efusiva, constituye uno de los elementos dominantes y de mayor dinámica dentro de la diversidad paisajística (IGAC, 1995).

El Macizo Colombiano constituye un reservorio de agua. Existen cerca de 360 lagunas y nacen las cuatro arterias fluviales más importantes del país, las cuales van en diferentes direcciones: Magdalena y Cauca hacia el Norte, Putumayo y Caquetá hacia el Sudeste y Patía hacia el Suroeste. La distribución altitudinal de la vegetación permite la presencia de bosque subandino, andino, alto andino y páramo.

### CUENCA DEL MAGDALENA

En el área de estudio, la Cuenca del Magdalena se sitúa en el departamento del Huila y sur del departamento del Tolima.

La divisoria de aguas del Oriente forma parte del flanco occidental de la cordillera Oriental y alcanza una altura aproximada de 2500 m.s.n.m., mientras la divisoria occidental se localiza en el flanco oriental de la cordillera Central, alcanza una altura máxima de 3500 m.s.n.m.. El área de influencia de la cuenca se encuentra ubicada en el sistema morfogénico de Montaña Alto Andina.

Hacia la divisoria oriental del área afloran rocas de edad Precámbrica (PEm), formada por rocas metamorfitas, como neises, granulitas y migmatitas. En la divisoria occidental las rocas pertenecen al Triásico - Jurásico (Ji y JRsv) y están constituidas por rocas intrusivas y volcano-sedimentarias (Mapa geológico del Huila, 1989, y Mapa geológico del Tolima, 1974).

La Cuenca forma un valle asimétrico alargado, con dirección Nordeste–Suroeste, y estructuralmente se encuentra limitado por los sistemas de fallas de Garzón–Suaza en la divisoria oriental y por los sistemas de Chusma y de La Plata hacia la divisoria occidental (Mapa geológico de Colombia, 1989).

### CUENCA DEL PATÍA

Esta Cuenca se encuentra entre el sudeste del departamento del Cauca y nordeste de Nariño. En la divisoria oriental alcanza una altura entre 3000 y 3500 m.s.n.m., ocupa el flanco occidental de la cordillera Central; y alturas de 2000 a 2500 m.s.n.m. en la divisoria occidental que se ubica en el flanco

Cuenca	Localización	Altura divisoria (m.s.n.m.)	Sistema morfogénico	Morfoestructura geológica	
				Edad litología	Estructura geológica
Magdalena	Departamento del Huila y sur del departamento del Tolima	<b>1. Divisoria Oriental</b> (flanco occidental de la Cordillera Oriental): 2500. <b>2. Divisoria Occidental</b> (flanco oriental de la Cordillera Central): 3500.	<b>Montaña Alta Andina</b> <b>1.</b> Cerro Paramillo. <b>2.</b> Nevado del Huila, Páramo de las Hermosas, Páramo de las Papas, Cerro Nevado de Pan de Azúcar.	<b>1. Precámbrico (PEm):</b> metamorfitas, néises, granulitas y migmatitas; <b>2. Triásico- Jurásico (JRsv-Ji):</b> Rocas intrusivas y volcanosedimentarias	La cuenca del río Magdalena conforma un valle asimétrico alargado en dirección NE-SW. En la divisoria oriental está limitado por el sistema de fallas inversas de Garzón-Suaza; en la divisoria occidental está limitado por los sistemas de fallas de Chusma y La Plata.
Patía	Sur oriente del departamento del Cauca y nororiente del departamento de Nariño	<b>1. Divisoria Oriental</b> (flanco occidental de la Cordillera Central): 3000-3500; <b>2. Divisoria Occidental</b> (flanco oriental de la Cordillera Occidental): 2000-2500.	<b>Montaña Media y Alta Andina</b> <b>1.</b> Volcán de Sotará, Nevado Pan de Azúcar, Volcán Galeras <b>2.</b> Cerro Munchique, Cerro El Placer	<b>1. Paleozoico (Pzm):</b> Esquistos, mármoles y néises; <b>2. Cretáceo (Ksv):</b> Sedimentitas y en menor proporción diques básicos; (Kmv): metamorfitas de bajo grado, con protolito volcanosedimentario.	Esta cuenca se encuentra controlada tectónicamente por los sistemas de fallas de Cauca- Patía en su parte central; Bolívar-Almaguer en su divisoria oriental y por el sistema de fallas Bellavista- Río Bravo en su divisoria occidental.
Cauca	Nororiente del departamento del Cauca y oriente del departamento de Valle del Cauca	<b>1. Divisoria Oriental</b> (flanco occidental de la Cordillera Central): 3500- 4000; <b>2. Divisoria Occidental</b> (flanco oriental de la Cordillera Occidental): 2000-2500.	<b>Montaña Media y Alta Andina</b> <b>1.</b> Páramo de Coconucos, Cuchilla Los Alpes, Cuchilla del Brillante. <b>2.</b> Cerro Munchique.	<b>1. Terciario (TQv):</b> Volcanosedimentitas y piroclastitas; Paleozoico (Pzm): Esquistos, mármoles y néises; <b>2. Cretáceo (Ksv):</b> Sedimentitas y en menor proporción diques básicos; (Kgd): metasedimentitas y metavolcanitas; (Kv): volcanitas de composición básica a intermedia.	La cuenca del río Cauca conforma un valle asimétrico alargado en dirección NE- SW, controlado por los sistemas de fallas inversas de Romeral en su divisoria oriental, y en la divisoria occidental está limitado por el sistema de fallas del río Cauca.
Caquetá	Noroccidente del departamento del Putumayo; Suroriente del departamento del Cauca y Noroccidente del departamento de Caquetá.	Las divisorias de la cuenca se encuentran en la Cordillera Central, con alturas comprendidas entre 2500- 3000 m.	<b>Montaña Media y Alta Andina</b> (Cerro Juanoy, Páramo de Las Papas)	<b>1. Terciario (TQv):</b> Volcanosedimentitas y piroclastitas; <b>2. Cretáceo (Ks):</b> Sedimentitas -Shales, lidas y areniscas-; <b>3. Triásico-Jurásico (JRcd):</b> plutones de composición ácida a intermedia; <b>4. Precámbrico (PEm):</b> cuarcitas, néises y anfíbolitas.	Los drenajes tributarios de esta cuenca están controlados por los sistemas de fallas inversas de Suaza y de Mocoa.
Putumayo	Noroccidente del departamento del Putumayo y Suroriente del departamento del Cauca.	2500 m. en el nudo de los Pastos	<b>Montaña Media Andina</b> (Nudo de Los Pastos, Cerro Patascocoy, Cordillera Portachuelo)	<b>1. Triásico-Jurásico (Mpi):</b> plutonitas de composición ácida a intermedia, principalmente granodioritas y tonalitas; <b>2. Precámbrico (PEm):</b> cuarcitas, néises y anfíbolitas.	Los drenajes tributarios de esta cuenca están controlados por sistemas de fallas transversales de dirección Noroeste-Sureste.

**Tabla No. 1.** Definición del área del Macizo según el componente morfoestructural

**Fuente:** Análisis de la información IDEAM 1999. Información complementaria tomada de Atlas de Colombia, IGAC 1992 y mapa geológico de Colombia, INGEOMINAS, 1998.

oriental de la cordillera Occidental. En general, la Cuenca se enmarca dentro del sistema morfogénico de Montaña Media y Alto Andina.

Geológicamente la Cuenca en la divisoria oriental se compone de rocas paleozoicas (Pzm), esquistos, mármoles y néises, y hacia el Occidente rocas cretáceas (Ksv, Kmv), formadas por sedimentitas, en menor proporción diques básicos y metamorfitas de bajo grado con protolito volcano-sedimentario (Mapa geológico de Colombia, 1989, y Mapa geológico del Cauca, 1979).

Tectónicamente está controlada por los sistemas de fallas de Cauca–Patía en el sector central; sistemas de fallas Bolívar–Almaguer en la divisoria oriental y Bellavista–Río Bravo en su divisoria occidental.

#### CUENCA DEL CAUCA

La Cuenca del Cauca ocupa el área del sudeste del departamento del Cauca y oriente del departamento del Valle del Cauca. Geográficamente se encuentra entre el flanco occidental de la cordillera Central y el flanco oriental de la cordillera Occidental, ocupando las divisorias alturas hacia el Oriente desde 3500 a 4000 m.s.n.m. y al Occidente entre 2000 y 2500 m.s.n.m..

Geomorfológicamente se ubica en el Sistema de Montaña Media y Alto Andina. De acuerdo con la litología predominante en la divisoria oriental afloran rocas que comprenden edades del Paleozoico (Pzm) y Terciario (Tqv). Las rocas paleozoicas están formadas por esquistos, mármoles y néises y, en el Terciario, predominan volcano-sedimentitas y piroclastitas. En el área de la divisoria occidental afloran rocas cretáceas (Ksv, Kgd y Kv), constituidas por sedimentitas, diques básicos, metasedimentitas y metavolcanitas y volcanitas de composición básica a intermedia, respectivamente (Mapa geológico del Valle del Cauca, 1992, y Mapa geológico del Cauca, 1979).

Esta cuenca conforma un valle asimétrico alargado en dirección NE–SW, y es controlada por los sistemas de fallas Romeral en su divisoria oriental y, hacia el occidente, las rocas están afectadas por el sistema de fallas del río Cauca (Mapa geológico de Colombia, 1989).

#### CUENCA DEL CAQUETÁ

La Cuenca del Caquetá abarca el noroccidente del departamento del Putumayo, sudeste del Cauca y noroccidente del Caquetá. Las divisorias de la Cuenca se encuentran en la cordillera Central, en alturas entre 2500 a 3000 m.s.n.m.. Esta Cuenca se encuentra enmarcada dentro de las macrounidades morfogénicas de Montaña Alta y Media Andina.

Las rocas que conforman la cuenca en la divisorias y alcanzan alturas de 2600 msnm. oscilan aproximadamente en edades desde el Precámbrico al Terciario. El Precámbrico (PEm) está conformado por rocas metamórficas como cuarcitas, néises y anfibolitas; El Triásico–Jurásico (JRcd) lo forman rocas ígneas intrusivas de composición ácida y el Cretáceo (Ks) está constituido por sedimentitas, como shales, liditas y areniscas (Mapa geológico de Colombia, 1989, y Mapa geológico del Cauca, 1979).

Los drenajes tributarios están controlados por los Sistemas de Fallas de Suaza y Mocoa.

#### CUENCA DEL PUTUMAYO

Esta cuenca posee un área extendida en el noroccidente del departamento del Putumayo y sudeste de Cauca. Las alturas en las divisorias son aproximadamente de 2500 msnm por los alrededores del Nudo de los Pastos y se encuentra dentro del sistema morfogénico de Montaña Media Andina.

Geológicamente esta conformada por rocas precámbricas (Pem), que son metamorfitas, néises y migmatitas. Además rocas del Triásico–Jurásico (Mpi), donde se presentan plutonitas de composición intermedia, principalmente granodioritas y tonalitas (Mapa geológico de Colombia, 1989, y Mapa geológico del Cauca, 1979).

## OROGRAFÍA, LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN

El Macizo Colombiano, nudo orográfico del sistema andino, está localizado aproximadamente entre los 0° 51' y 3° 59' de latitud Norte; 75° 16' y 77° 22' de longitud Oeste, entre los departamentos de Cauca, Huila, Nariño, Caquetá, Putumayo y Tolima; a partir del Macizo Colombiano se diferencian las cordilleras de Colombia y se le conoce como la “Estrella Fluvial” ya que allí nacen cuatro de los principales ríos de nuestro país. También es conocido como el “Nudo de Almaguer”, es un conjunto montañoso intrincado, donde se bifurcan la cordillera de los Andes en los ramales Centrales y Orientales.

En el Macizo se pueden distinguir tres áreas orográficas: el flanco oriental de la cordillera Central, el Macizo propiamente dicho y el flanco occidental de la cordillera Central. Abarca alturas entre los 2.600 y 4.700 msnm. Para el presente estudio se ha considerado un área aproximada de 3'537.200 ha.

El sistema andino localizado en el sur del país, entre los departamentos de Cauca, Huila, Caquetá, Putumayo y Nariño, esta conformado por el Macizo Colombiano y el Nudo de los Pastos; para este estudio se consideró además del Macizo, el “Nudo de los Pastos” por su importancia y localización estratégica conformando así una sola unidad orográfica. La superficie del territorio así definido tiene un área de 36.780 km<sup>2</sup>.

El ramal centro-oriental, separado del occidente en el Nudo de Los Pastos, en el sur del país, forma aquí un intrincado conjunto montañoso con alturas entre 2.000 y más de 4.000 msnm. Se destacan la Sierra Nevada de los Coconucos; los Páramos de las Papas, Cutanga, Blanco y Barbillas, algunos cerros, valles y otros accidentes orográficos, El Letrero, El Apio, El Buey, Hermosas y los volcanes nevados de Sotará, Huila y Puracé; en este último y en su área circundante, 830 km<sup>2</sup>, se localiza el Parque Nacional Natural Puracé.

En el Nudo de los Pastos sobresalen alturas hasta de 4300 msnm y en él se destacan los cerros de Bordoncillo y Juanoy y los volcanes Galeras, Doña Juana y Petacas.

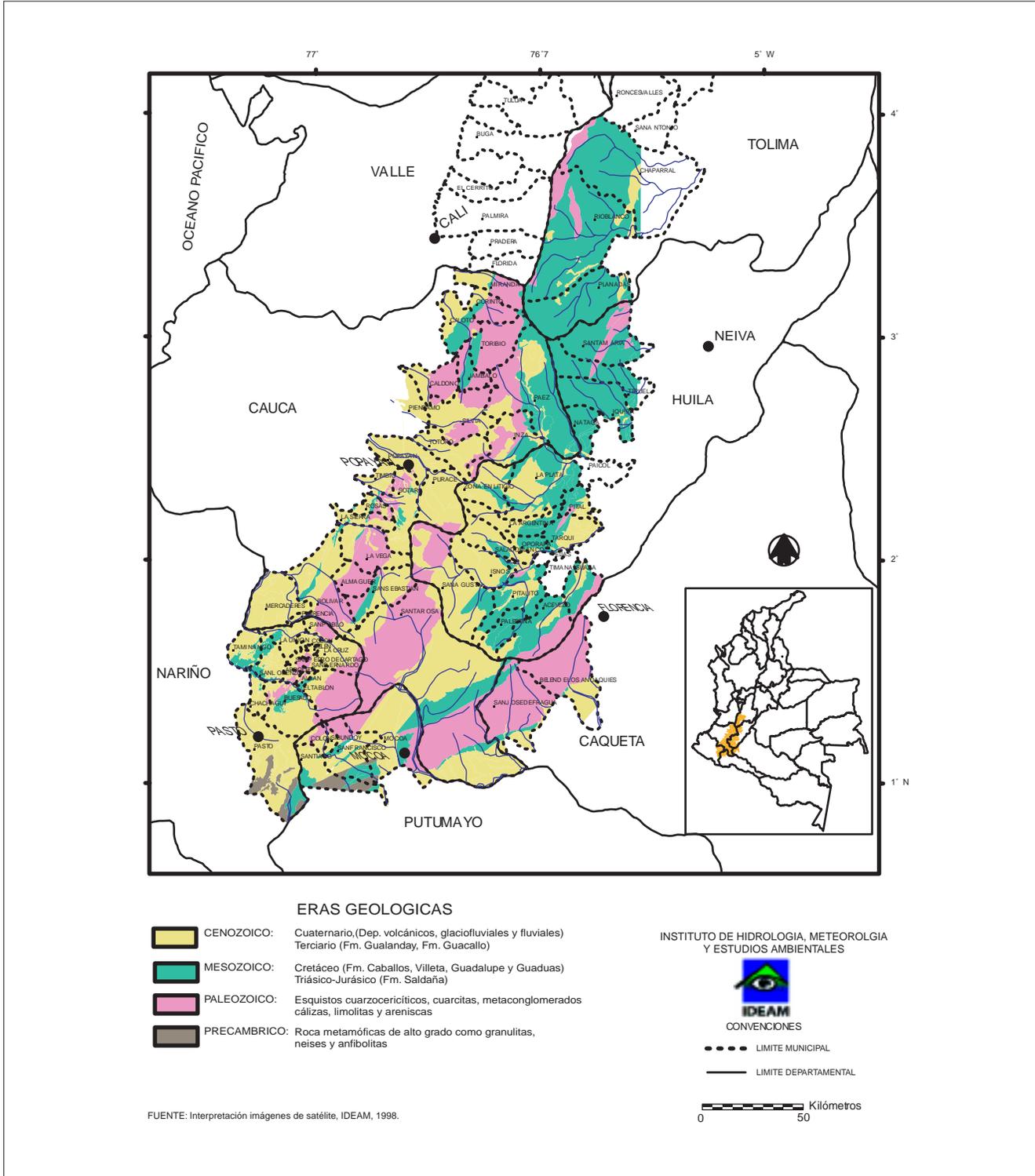
## GEOLOGÍA REGIONAL DEL MACIZO COLOMBIANO

En el área por delimitar afloran rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas que se extienden desde el Precámbrico hasta el Reciente (Ver Mapa No.1).

Las provincias geomorfológicas que cubren parcialmente el área de interés están conformadas por unidades litológicas y estructurales diferentes. Estas provincias de Oriente a Occidente son la cordillera Oriental, el Valle Interandino del Magdalena, la cordillera Central, el Valle Interandino Cauca- Patía y la cordillera Occidental.

Estas provincias se encuentran enmarcadas dentro de las siguientes Macrounidades Morfogénicas: La Montaña Alta, La Montaña Media, La Montaña Baja, Las Depresiones Tectónicas y el Dominio amazónico. Cada una de estas Macrounidades presentan un conjunto de sistemas Morfogénicos que caracterizan al Macizo Colombiano.

La cordillera Oriental nace en el Macizo Colombiano y está constituida, en la parte sur del país por el Macizo de Garzón, formado por rocas metamórficas de alto grado tipo granulitas, gneises y anfibolitas con edades que se extienden desde el Precámbrico al Mesozoico (PONCE, 1979). El Macizo de



**Mapa No. 1.** Eras geológicas para el Macizo Colombiano

Garzón se encuentra intruído por granitos jurásicos y cubierto, discordantemente, por sedimentos paleozoicos. La secuencia continúa con rocas volcánico-sedimentarias y metasedimentarias juratriásicas. Las sedimentitas cretáceas y terciarias representan la transgresión y regresión marina que ocurrió en el sector. Durante el Terciario, episodios orogénicos modelaron su relieve actual.

La Cuenca del Putumayo, al sur del Macizo Colombiano, está conformada por una secuencia sedimentaria de edad Terciaria y origen continental con litologías de conglomerados, lutitas y areniscas.

El Valle Interandino del Magdalena constituye la depresión geomorfológica entre las cordilleras Central y Oriental. El valle del Magdalena se encuentra limitado por fallas inversas de alto ángulo, en su borde occidental por el Sistema de Fallas de Chusma y de Calarma y en su borde oriental por el Sistema de Fallas de Garzón-Suaza.

La cordillera Central que se desprende de la cordillera Occidental en el Nudo de los Pastos corresponde a un núcleo de rocas polimetamórficas (anfíbolitas, gneises y migmatitas) del Paleozoico y secuencias sedimentarias marinas del Cretácico, intruído por plutones de composición intermedia a ácida, variando en edad desde el Triásico al Jurásico y Terciario, en cuyas cumbres resaltan geformas volcánicas generadas por el vulcanismo que se extiende desde el Plio - pleistoceno hasta el Reciente (INGEOMINAS, 1988).

En la cordillera Central sobresalen topográficamente y hacia su cima aparecen una cadena de volcanes como el Nevado del Huila, Puracé, Sotará, Doña Juana y otros, algunos de estos volcanes han presentado actividades efusivas lávicas y piroclásticas en el Terciario y Cuaternario produciendo el relleno piroclástico de este sector, constituido por depósitos de flujos de lava, ignimbritas y lahares. La cordillera está limitada hacia el norte y el oriente por fallas transcurrentes y hacia el sur por fallas inversas de alto ángulo (París & Orrego, 1991).

El Valle Interandino Cauca-Patía está conformado por valles estrechos como los de Juanambú y de mesetas como la de Mercaderes. Su basamento, de edad Cretácico inferior, está conformado por rocas básicas de afinidad oceánica, las cuales están cubiertas por una secuencia sedimentaria de tipo molásico que se desarrolló a comienzos del Eoceno medio. La secuencia está afectada por intrusivos calcoalcalinos de edad Neogena, emplazados a través del sistema de Fallas de Romeral. Este sistema de fallas constituye un límite entre las cortezas oceánica y continental. También se encuentran rocas de metamorfismo de alta presión y metamorfismo cataclástico, de edad Cretácea.

La cordillera Occidental localizada al oeste del río Cauca, se desprende del Nudo de los Pastos y sigue hacia el Norte, está conformada por rocas Mesozoicas (de edad Cretácea) y rocas intrusivas del Terciario, de tipo sedimentitas oceánicas, metamorfitas, volcánicas básicas a ultrabásicas y piroclásticas de composición intermedia. El vulcanismo básico de esta cordillera está manifestado en el Terciario asociado con fisuras longitudinales. La cordillera está limitada por grandes fallas, denominadas hacia la parte occidental El Tambor y Uramita y en la parte oriental Sistema de Cali-Patía.

Tectónicamente, el Macizo Colombiano se caracteriza porque las unidades geológicas que lo constituyen están separadas, por sistemas de fallas que tienen direcciones predominantes Norte-Sur a Nordeste-Suroeste. Así, la Cuenca del Putumayo está separada del Macizo de Garzón por el Sistema de Fallas del Borde Llanero y el límite occidental de este Macizo corresponde al Sistema de Fallas del Río Suaza. Hacia el Occidente se distinguen pliegues imbricados con expresión subvertical del plano de falla que permiten el emplazamiento de las rocas premesozoicas y mesozoicas limitadas al Oeste por el Sistema de Fallas del Río Magdalena y el Sistema de Fallas de Romeral.

Al Oeste del Sistema de Fallas de Romeral se encuentran rocas de dominio oceánico que se disponen en franjas elongadas en la dirección del rumbo predominante y están cortadas por un sistema de pliegues imbricados convergencia al Oeste correspondiente al Sistema de Fallas del Río Cauca. La

secuencia Terciaria de la Costa Pacífica al occidente del Macizo Colombiano está separada de las plutonitas y metamorfitas del dominio cretácico de la cordillera Occidental por el Sistema de Fallas del Atrato (ETAYO et.al, 1983).

#### LA MORFOESTRUCTURA GEOLÓGICA DEL NÚCLEO HIDROGRÁFICO

Los ríos Magdalena, Cauca, Caquetá y Patía, que se catalogan como drenajes de primer orden, nacen en las divisorias sur de la cordillera Central, a alturas entre 3000 y 4000 m.s.n.m. entre los departamentos de Cauca y Huila, en lo que se conoce como la Estrella Fluvial Colombiana. El río Putumayo nace un poco más al sur, en el Nudo de los Pastos, a 2500 m.s.n.m. (ver Tabla No. 2).

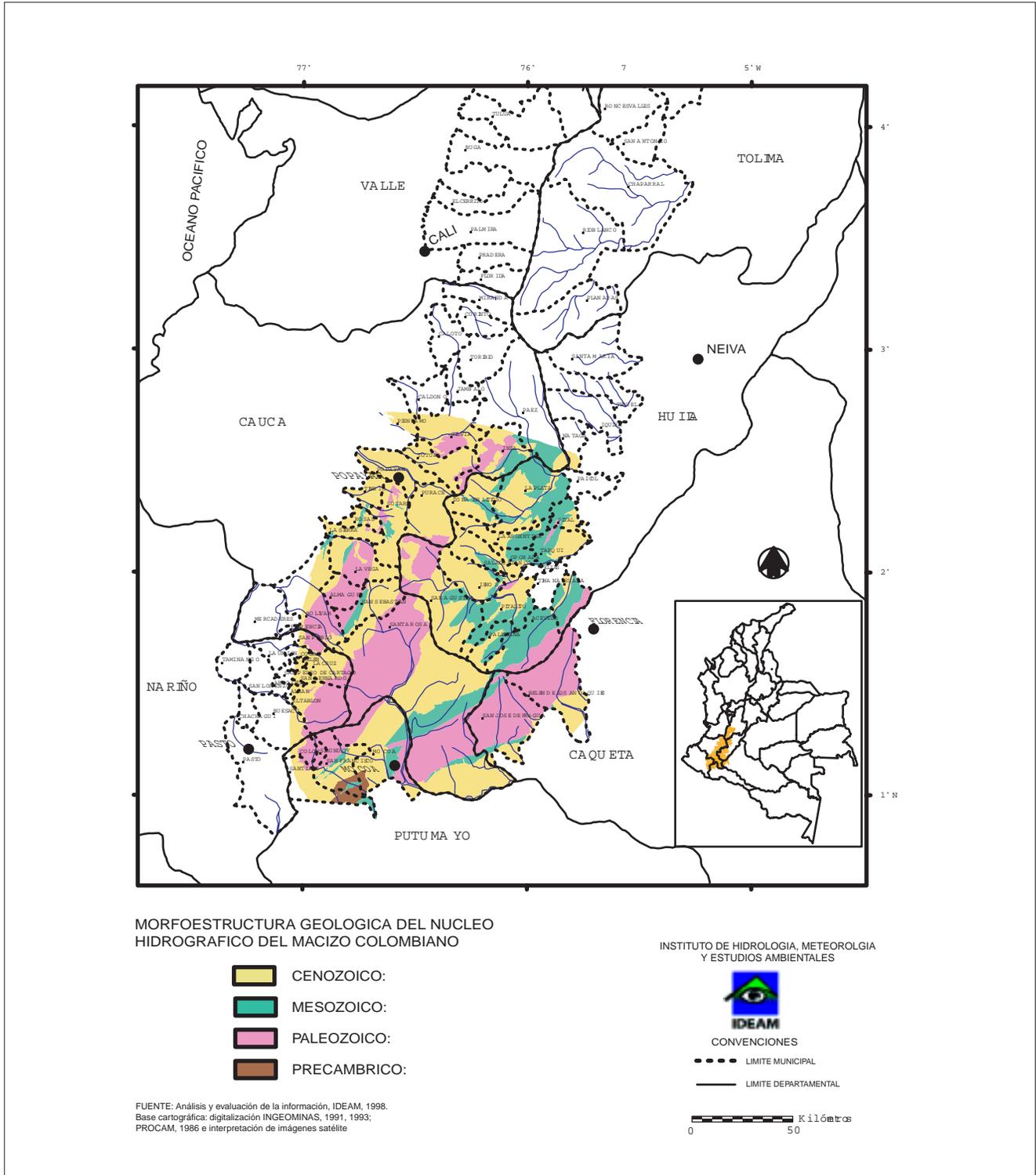
Las rocas que afloran en el sector de la Estrella Fluvial y más al Sur, en el Nudo de Los Pastos, están conformadas por lavas, cenizas, flujos de escombros y otros depósitos de origen volcánico, de edad Terciario-Cuaternario, que representan el vulcanismo Cenozoico aún activo.

El sector ha sido sometido a intensos procesos de actividad tectónica, que ha permitido el emplazamiento de rocas preezoicas y mesozoicas en contacto con rocas cenozoicas más recientes. Los principales sistemas de fallamiento se emplazan en dirección Nordeste-Suroeste, siguiendo la orientación de las tres cordilleras. Existen fallas menores con dirección Noroeste-Sudeste. Estos sistemas de fallamiento controlan en algunos casos el cauce de los ríos principales y sus afluentes. En otros, actúan como zonas de recarga y permiten el aporte de las aguas subterráneas a los diferentes cuerpos de agua (ver Mapa No. 2).

Río	Nacimiento (departamento)	Cota aprox. (m.s.n.m.)	Sistema morfogénico	Morfoestructura geológica	Formación (Edad)	Observaciones
Magdalena	Páramo de Las Papas (Huila)	3500	Montaña alta	Lavas, cenizas, aglomerados, ignimbritas, tobas y otros depósitos volcánico-clásticos.	Popayán - Guacacayo (Terciario-Cuaternario)	Las formaciones geológicas en las que nacen los principales ríos del Macizo Colombiano, son de origen volcánico y volcano-sedimentario, y están asociadas al vulcanismo cenozoico que se desarrolló en las cordilleras Central, Occidental y Oriental.
Cauca	Páramo de Coconucos (Cauca)	4000	Montaña alta	Lavas, cenizas, aglomerados, ignimbritas, tobas y otros depósitos fluvio-lacustres.	Popayán (Terciario-Cuaternario)	
Caquetá	Cerro El Narigón (Cauca)	3500	Montaña alta	Flujos de lodo, conos aluviales y depósitos volcánico-clásticos.	Galeón (Terciario-Cuaternario)	
Patía	Inmediaciones del Volcán de Sotará (Cauca)	3000-3500	Montaña alta	Lavas, cenizas, aglomerados, ignimbritas, tobas y otros depósitos fluvio-lacustres.	Popayán (Terciario-Cuaternario)	
Putumayo	Inmediaciones del Cerro Juanoy (Putumayo)	2500	Montaña alta	Lavas cubiertas y/o intercaladas con cenizas y otros depósitos volcánico-clásticos.	Lavas y Cenizas (Terciario-Cuaternario)	

**Tabla No. 2.** Cuencas hidrográficas del Macizo Colombiano y sus relación con la morfoestructura geológica

**Fuente:** Análisis de la información IDEAM 1999. Información complementaria tomada de Atlas de Colombia, IGAC, 1992 y mapa geológico de Colombia, INGEOMINAS, 1998.



**Mapa No. 2.** Morfoestructura geológica del núcleo hidrográfico del Macizo

## GEOLOGÍA ECONÓMICA.

Los eventos geológicos que han dado lugar a la formación de las tres cordilleras y a los valles interandinos han permitido el emplazamiento de mineralizaciones y la formación de depósitos de placer.

La minería en el Macizo se basa en la extracción de oro, caliza, mármol, carbón, rocas ornamentales, talco, feldespato, gravas y arenas para construcción, bauxita, arcilla para ladrillería y alfarería, petróleo y gas entre otros. Para la descripción de estos depósitos se tiene en cuenta la subdivisión elaborada para la definición de las unidades geológicas aflorantes en el área de consideración.

En los sectores de la depresión Cauca -Patía y Pasto -La Unión-Complejo volcánico del Galeras (Tablas Nos. 3 y 4) existen extensos depósitos aluviales y volcano-sedimentarios que se explotan para oro de aluvión, gravas, arenas, arcillas, aguas subterráneas y materiales de construcción. Los principales depósitos de aluvión se encuentran en las cuencas de los ríos Cauca, Patía y en algunos de sus afluentes.

La secuencia estratigráfica ha sido intruida por stocks calcoalcalinos que ha permitido la generación de depósitos de sulfuros masivos de cobre, cinc, plomo, plata y oro entre otros, que ese explota pero no constituye una actividad económica importante.

También existen prospectos interesantes de azufre en la región de Coconucos y en inmediaciones del volcán Sotará. Además varios depósitos de carbón se ubican en el piedemonte oriental de la cordillera occidental. Prospectos de níquel y metales asociados, tales como cromo, cobalto y platino han sido encontrados a lo largo de la zona tectónica de Romeral. Mineralizaciones de manganeso se han encontrado asociadas a rocas ultramáficas en la cordillera occidental.

En los sectores de Putumayo y la subcuenca de Neiva (Tablas Nos. 5 y 6) se encuentran extensos depósitos aluviales asociados a los ríos Magdalena, Putumayo, y afluentes. En estos depósitos se explotan gravas, arenas, oro de aluvión y aguas subterráneas principalmente.

También se explotan calizas, mármoles en rocas de la cordillera central. En la subcuenca de Neiva se cuenta con importantes reservas de hidrocarburos. En el área de Mocoa se han reportado depósitos tipo phorphyry copper ricos en cobre, cinc, oro y plomo, asociados a cuerpos intrusivos.

Entre los recursos geológicos presentes en los departamentos que comprenden el Macizo, se encuentran los depósitos de caolín en el departamento de Nariño (municipios de La Cruz, Pasto, San Lorenzo, San Pablo) que no han sido estudiados, ni explotados por no existir una industria metálica dentro de la región; también en Cauca (Popayán), que son asociados a cuerpos intrusivos de composición dacítica.

Depósitos importantes de arcillas se han reportado en los departamentos de Huila (La Plata) y Cauca (Popayán). Rocas calizas en los departamentos de Cauca (Silvia y Corinto) asociados a los esquistos sericíticos del Paleozoico; Huila (San Agustín y Palestina); Nariño (Buesaco); Tolima (Chaparral y Planadas) en rocas de la Formación Payandé y en Putumayo (San Francisco) junto con mármol, se presentan depósitos de rocas calcáreas que afloran en la carretera Pasto – Mocoa.

El 90% del azufre producido en Colombia se extrae de la Mina el Vinagre cerca del volcán Puracé, en el municipio de Puracé, departamento de Cauca. Barita en los departamentos de Tolima (Chaparral) y Huila (Nátaga e Iquira).

Salas minerales en el municipio de Mocoa (Putumayo); evaporitas en Caloto (Cauca); yeso y selenita en estratos oligocénicos del departamento de Nariño (Taminango, Buesaco, La Cruz y San Pablo).

Manifestaciones de feldespato en rocas ígneas de composición granodiorítica, en los municipios de los departamentos de Cauca (Bolívar y Miranda), Huila (La Plata), Tolima (Chaparral) y Putumayo (Mocoa, Sibundoy).

Niveles fosfáticos en el Grupo Guadalupe del Valle Superior del Magdalena y en el Huila (Teruel). Finalmente se conocen manifestaciones de mica en el departamento de Huila, asociadas a piroxenitas y migmatitas del Macizo de Garzón.

Unidades		Recursos geológicos
Símbolo	Nombre	
Qal, TQvsd, TQvlp	Depósitos cuaternarios, Depósitos volcánicos sin diferenciar, Flujos de lahares	Oro aluvial, gravas, arenas, agua subterránea, agregados pétreos.
Tqpi	Conjunto de Ignimbritas o flujos piroclásticos y lahares	Material de relleno, pómez (abrasivos), azufre.
Tqpg	Conjunto de sedimentitas y rocas volcánicas	Bauxita, arcillas, evaporitas.
TQvl	Conjunto de Lavas	Material para rellenos.
Tmc, Tma, Tmda	Complejo de Ciruelal, cuerpos Intrusivos Hipoabisales	Cobre, sulfuros, Oro de filón, material de relleno.
Tigi, Ticp, Mzgb	Plutones de Tegenes y Panecillo; Granitoide cataclizado de Bellones	Feldespatos, agregados pétreos, oro de filón, caolinita.
Tme, Tem	Formaciones Esmita y Mosquera	Aguas subterráneas, arenas, gravas, oro diseminado, carbón.
Ks?pm, Kssg	Formación Peña Morada, Secuencia del río Guabas	Celizas y material de relleno.
Ksg, Ksv: Kcqs	Conjunto de gabros, basaltos y diabasas; complejo Quebradagrande	Cobre, sulfuros, antimonio, oro de filón, arcillas.
Kiba, Kiub; JR?ss	Complejos Barroso - Amaime y de rocas Ultrabásicas; Secuencia sedimentaria rojiza	Material de relleno, cobre diseminado.
Pzi?ms; Pzi?mv	Conjuntos de Esquistos, Cuarzomicaeos y Cuarcita; Esquistos Verdes y Metasedimentarios	Roca de enchape, grafito.
Pzi?ma	Conjunto de Anfibolitas y metagabros (Pzi?ma?)	Material de relleno.

**Tabla No. 3.** Recursos minerales existentes y potenciales en la depresión Cauca-Patía.

**Fuente:** Análisis de la información IDEAM 1999. Información complementaria tomada de recursos minerales de Colombia, Ingeominas, 1987.

Unidades		
Símbolo	Nombre	Recursos geológicos
Qvc, Qtv, Tqva, Tqvi, TQvf, TQvlc, TQvll, TQvsd	Lluvias de ceniza; Rocas volcánicas continentales; Avalanchas ardientes; Ignimbritas euxtáticas; Flujos de ceniza, pumita y escoria; Depósitos volcánicos sin diferenciar.	Explotación de lavas, cenizas y lapilli como material de construcción en los extensos depósitos volcánicos del Terciario-Cuaternario; azufre.
Qsgf, Qt, Qal, Qcal, TQvlp; Tme	Depósitos glaciares y fluviglaciales; Terrazas, Derrubios y coluvios; Aluviones y rellenos de planicie; Depósitos coluviales y aluviales; Lahares y piroclastos; Formación esmita.	Aguas subterráneas; oro aluvial; gravas y arenas.
Tem	Formación Mosquera	Carbón; piedras de enchape; material para rellenos.
Tp; Th; Tsv	Rocas porfíricas del Terciario; Rocas ígneas hipoabisales; Rocas sedimentarias y volcánicas del Terciario.	Láminas de cobre en rocas ígneas hipoabisales; se han reportado algunas anomalías de plomo, plata, cromo, níquel y molibdeno.
Kvs-Kvd-Kv; Ku	Grupo Diabásico; Rocas ultramáficas del Chacaguaico.	Se presentan algunas mineralizaciones de cobre, hierro, cobalto, cromo y níquel sin importancia económica.
Kmv; Ks; Ksv	Rocas metavolcánicas de la Cordillera Occidental; Rocas sedimentarias de la cordillera Centro-oriental; Rocas sedimentarias y volcánicas del Juanambú.	Agregados pétreos; anomalías de plomo y plata.
Kmsv; K	Grupo Dagua; Formación Quebradagrande.	Material de relleno; gravas y arenas.
Jrg; PEmct	Rocas intrusivas del Jurásico; Complejo migmatítico de La Cocha-Río Téllez.	Oro de filón; feldespatos; material de relleno.
Pz?b	Complejo metamórfico de Buesaco.	Roca de enchape.

**Tabla No. 4.** Recursos minerales existentes y potenciales en el sector Pasto - La Unión - Complejo volcánico del Galeras.

**Fuente:** Análisis de la información IDEAM 1999. Información complementaria tomada de recursos minerales de Colombia, INGEOMINAS, 1987.*mb*

Unidades		
Símbolo	Nombre	Recursos geológicos
Qts; Qal; Tp	Depósitos de piedemonte; depósitos aluviales; Formación Pepino.	Gravas, arenas, material de relleno, aguas subterráneas, oro de aluvión
To; Kr	Formación Orteguaza u Orito; Formación Rumiayaco.	Arcillas
Tp; Kc	Formaciones Pepino y Caballos.	Hidrocarburos, arenas silíceas
Ks	Grupos Villeta y Guadalupe.	Calizas, material de relleno, fosfatos, arenas, hidrocarburos.
Jm	Formación o Grupo Motema.	Arena de peña, calizas, material de relleno..
Jrcd; P£mct	Batolito de Mocoa; Complejo Migmatítico de La Cocha-Río Téllez.	Cobre, oro de filón, feldespatos, plata, sulfuros, micas, arcillas (meteorización).
Pzb	Complejo Metamórfico de Buesaco.	Roca de enchape; oro de filón.

**Tabla No. 5.** Recursos minerales existentes y potenciales en la Cuenca del Putumayo.

**Fuente:** Análisis de la información IDEAM 1999. Información complementaria tomada de recursos minerales de Colombia, INGEOMINAS, 1987.*mb*

Unidades		
Símbolo	Nombre	Recursos geológicos
Q	Depósitos recientes, Fanglomerados de la Cordillera Oriental	Oro aluvial, gravas, arenas, agua subterránea, agregados pétreos
Q	Depósitos recientes, Fanglomerados de la Cordillera Oriental	Oro aluvial, gravas, arenas, agua subterránea, agregados pétreos
Tgi, Th, Tgy	Formaciones Gigante, Honda y Gualanday	Aguas subterráneas, oro, gravas, arenas, arcillas y material de relleno
Ktg	Formacion Guaduas	Arcilla, arena, carbón, yeso
Kg, Kc	Grupo Guadalupe y Formación Caballos	Hidrocarburos, Arena, aguas subterráneas
Kms	Grupo Villeta	Calizas, agregados pétreos, hidrocarburos
Jrcd	Intrusivos Jurásicos	Oro de filón, feldespatos, material de relleno
Jvs, TRp	Formaciones Saldaña y Payandé	Oro diseminado, cobre, calizas, mármoles y agregados pétreos
Pzimv	Grupo Cajamarca	Granates, grafito, talco, oro de filón, roca de enchape
P£m	Macizo de Garzón	Feldespato, agregados pétreos, oro diseminado

**Tabla No. 6.** Recursos minerales existentes y potenciales en la subcuenca de Neiva.

**Fuente:** Análisis de la información IDEAM 1999. Información complementaria tomada de recursos minerales de Colombia, INGEOMINAS, 1987.*m*

## CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL MACIZO COLOMBIANO

La presente caracterización climática comprende básicamente el análisis de las variables climatológicas como son la precipitación y temperatura, con énfasis en la precipitación media, su distribución espacial y temporal, la caracterización de la temperatura media y sus componentes: máxima y mínima, sus amplitudes, así como su distribución espacial y temporal.

En la zona sudeste del Macizo, se destacan las precipitaciones por encima de los 3.400 milímetros, en los Municipios de Mocoa (Putumayo) y el sur de Santa Rosa (Cauca), San José de Fragua y Belén de los Andaquíes (Caquetá); los núcleos de menor precipitación se localizan en la vertiente occidental de la cordillera central en inmediaciones de los municipios de Almaguer y La Vega con 1.200 milímetros en el nacimiento de los ríos Cauca y Patía.

Las temperaturas medias mínimas se presentan en el Parque Nacional Natural de Puracé con valores inferiores a 1.8 grados centígrados y las medias máximas en las riveras del río San Jorge con 30.8 grados centígrados.

### GENERALIDADES

El régimen normal de la precipitación en cada punto del planeta está determinado por su situación geográfica y por la influencia de algunos factores importantes, tales como: la circulación atmosférica, el relieve, la interacción entre la tierra y el mar, la influencia de áreas selváticas o boscosas, etc.

Para el caso colombiano, su posición geográfica en la zona ecuatorial la sitúa bajo la influencia de corrientes de aire húmedo, originadas en los océanos que bañan sus costas y en la selva del Amazonas, estas corrientes convergen sobre el territorio nacional y producen la mayor parte del total de la precipitación anual.

Otras precipitaciones son originadas por fenómenos convectivos locales y por la influencia de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), franja a donde llegan las corrientes de aire cálido y húmedo (alisios del sudeste y del nordeste) provenientes de los grandes cinturones de alta presión, situados en la zona subtropical de los hemisferios norte y sur dando origen a la formación de grandes masas nubosas y abundantes precipitaciones.

A lo largo de la vertiente oriental de la cordillera oriental se registran altas precipitaciones debido a la formación de enormes masas nubosas provocadas por el ascenso de las corrientes húmedas procedentes especialmente de la selva amazónica.

En las vertientes a sotavento (lado opuesto a la dirección de donde sopla el viento), las precipitaciones son menores que en las de barlovento (lado expuesto al viento), donde las corrientes de aire se elevan al chocar con la montaña produciéndose el consiguiente enfriamiento y su posterior condensación, dando lugar a la formación de abundante nubosidad y precipitaciones.

Climatológicamente se podrían utilizar diferentes criterios para delimitar el área del Macizo Colombiano. Uno de ellos podría ser su papel en la regulación del ciclo hidrológico y de los recursos hídricos a escala regional. Un factor importante en este ciclo es la condensación del vapor de agua que da lugar a la formación de nubosidad y precipitación. Climatológicamente se tendrían estas variables para delimitar la zona del Macizo y podría asumirse que el Macizo Colombiano se puede delimitar a partir de las altitudes donde ocurre la condensación, que se da generalmente a alturas superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar en promedio.

Podría igualmente asociarse el Macizo Colombiano climatológicamente con alturas superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar y temperaturas inferiores a los 15 grados centígrados, promedio

multianual, aunque en el área de influencia del Macizo (zonas aledañas), las temperaturas pueden alcanzar valores superiores a los 15 grados centígrados, por debajo de los 2000 msnm.

## PRECIPITACIÓN

### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

La distribución espacial de la precipitación es el resultado de las condiciones enunciadas anteriormente, y presenta un rango de variación que va desde los 1000 mm a valores superiores a los 3500 mm en promedio al año. En gran parte de la región predominan las lluvias entre 1000 y 1500 mm en dirección Sur-Norte de las cordilleras central y oriental, especialmente en las partes altas de las cuencas de los ríos Cauca, Magdalena y Pata.

Se pueden distinguir dos amplios núcleos de precipitación con valores entre 2000 y 2500 mm anuales, uno en la parte norte del Macizo entre los municipios de Chaparral y Rioblanco y la parte norte del municipio de Planadas, y el segundo hacia la parte occidental, entre los municipios de Caldono, Silvia, Piendamó, Totoró, Popayán, Timbío, Rosas, La Sierra y parte de los municipios de Puracé y La Vega.

Existen varios núcleos dispersos y aislados a lo largo de la cordillera central, con promedios anuales entre 1500 y 2000 mm distribuidos así: al suroccidente del Macizo, en parte de los municipios de Pasto, Buesaco y Chachagüi; en la zona central, en áreas de los municipios de La Vega, Bolívar y San Sebastián; hacia la parte oriental en el departamento del Huila, en sectores de los municipios de Pital, La Argentina, Tarqui, Oporapa, Saladoblanco, Isnos, Acevedo y Suaza; y en la parte norte de la región entre los departamentos de Cauca, Huila y Tolima, en áreas de los municipios de Toribío, Páez, Teruel, Santamaría y Planadas.

En dirección sudeste, en el piedemonte amazónico, las masas húmedas ascienden por las laderas de la cordillera dando lugar a que se produzca su enfriamiento, alcanzando su nivel de condensación en alturas medias de la cordillera, en los cuales se producen los máximos de precipitación que en estos municipios superan los 3500 mm anuales.

Este núcleo de máxima precipitación con valores promedios entre 3000 y más de 3500 mm se ubica entre los departamentos de Putumayo, Cauca y Caquetá en la parte sur de los municipios de San Francisco, Mocoa, Santa Rosa, San José de Fragua y Belén de Los Andaquíes. A medida que se asciende, por encima de los 2000 msnm., las lluvias comienzan a disminuir debido a que la masa de aire ha descargado parte de su humedad, alcanzando volúmenes de precipitación entre 2000 y 2500 mm y comprende la parte oriental del departamento de Nariño, el noroccidente del Putumayo, el sudeste del departamento del Cauca y parte de los Municipios de San José de Fragua y Belén de Los Andaquíes en el Caquetá.

### DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

#### CUENCA DEL RÍO PATÍA

Para la cuenca alta y media del río Patía, desde su nacimiento hasta la desembocadura del río Guáitara, entre los departamentos de Cauca y Nariño la distribución temporal de la precipitación basada en los histogramas (Banco de Datos, IDEAM) es del tipo bimodal, caracterizada por una temporada lluviosa que va desde marzo a mayo, siendo abril el mes más lluvioso.

La segunda temporada de lluvias comprende un periodo desde mediados de septiembre hasta diciembre, con valores máximos durante el mes de noviembre. Entre estas dos temporadas lluviosas se presentan dos épocas secas, la primera durante los meses de enero y febrero y la segunda en los meses de junio, julio y agosto, siendo julio el mes más seco del año.

#### **CUENCA DEL RÍO MAGDALENA**

En la parte alta del río Magdalena, desde su nacimiento hasta San Agustín, la distribución temporal de la lluvia presenta un régimen monomodal que va desde el mes de marzo hasta septiembre, alcanzando su valor máximo en el mes de junio.

Al norte de los municipios de Isnos, La Plata y hacia la vertiente oriental de la cordillera central hasta Inzá en el Cauca, la distribución temporal es de tipo bimodal, caracterizada por tener dos épocas lluviosas y dos épocas secas en el año. Las temporadas lluviosas se presentan entre los meses de marzo a junio, la primera, y de septiembre a mediados de diciembre la segunda, siendo más intensa la primera temporada, con valores máximos en los meses de abril y mayo (Banco de Datos, IDEAM).

Los períodos secos se presentan entre mediados de diciembre y comienzos de marzo, el primero y entre finales de junio y comienzos de septiembre, el segundo.

#### **CUENCA DEL RÍO CAUCA**

Para la parte alta en el área del municipio de Puracé, en la estación Loma Redonda, se presenta una distribución temporal de las lluvias de tipo Monomodal. La temporada lluviosa comprende los meses de mayo a octubre, siendo julio el mes más lluvioso del año. La temporada seca se extiende desde noviembre hasta abril y enero resulta ser el mes más seco del año.

Aguas abajo y desde Popayán hasta Miranda, se presenta un régimen de lluvias bimodal bien definido. La primera temporada lluviosa del año comprende los meses de marzo, abril y mayo, y la segunda va desde septiembre hasta a mediados de diciembre, siendo noviembre el mes de más altas precipitaciones durante el año; en el intermedio de las dos temporadas lluviosas se presentan dos temporadas secas, que van de mediados de diciembre a febrero la primera y de junio a agosto la segunda, siendo esta última la más seca del año y junio el mes con menores volúmenes de precipitación.

#### **CUENCA DEL RÍO CAQUETÁ**

En la parte alta sobre los 2900 msnm, en el municipio de Valencia la distribución de las lluvias no tiene un régimen definido durante el año; su comportamiento es muy irregular, debido a que se encuentra en una zona de transición y presenta valores máximos en los meses de abril, julio y noviembre, siendo abril el mes más lluvioso del año y febrero el mes con menores volúmenes de precipitación. No existe una diferenciación apreciable entre períodos húmedos y períodos secos.

Para el área de influencia del municipio de Santa Rosa la distribución de las lluvias presenta un régimen Monomodal, caracterizado por un período de lluvias entre los meses de abril a noviembre, siendo junio el mes más lluvioso del año. De diciembre a marzo se presenta la temporada seca del año y enero es el mes con menos lluvias.

### Mapa 3

## TEMPERATURA

### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL: MAPA DE ISOTERMAS ANUAL

La distribución espacial de la temperatura para el Macizo Colombiano, presenta un rango de variación donde los valores mínimos (valores menores a siete grados centígrados promedio, en alturas superiores a los 3.550 metros sobre el nivel del mar), se presentan en algunas zonas de los siguientes municipios: Puracé (Pico de Paletará, Volcán Puracé, Cerro Pan de Azúcar, Páramo del Buey); San Sebastián (Páramo de las Papas, Páramo del Letrero, Páramo Cutanga y pico de Cutanga); Sotaró (volcán Sotaró); San Agustín (Páramo la Soledad); La Vega (Páramo Bárbura). Así mismo, los valores máximos (temperaturas promedio superiores a 24 grados centígrados, en alturas inferiores a 1000 metros sobre el nivel del mar), se presentan especialmente en algunos sectores de los municipios ribereños al río Magdalena (San Agustín, Saladoblanco, Oporapa).

En los cuatro principales ríos que tienen su nacimiento en la estrella fluvial colombiana, se presenta un rango de variación de temperaturas desde valores inferiores a siete grados hasta valores superiores a 23 grados, en promedio.

### DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

La distribución temporal de la temperatura media multianual, para el Alto Magdalena alcanza sus máximos valores en el mes de febrero y la fluctuación es mínima de noviembre a abril. Sus valores multianuales mínimos se presentan entre los meses de julio y agosto, siendo mínimos en el mes de julio.

Para la cuenca del Alto Cauca se presenta un comportamiento similar al del Magdalena, con máximas multianuales entre los meses de noviembre a mayo y valores mínimos entre julio y agosto.

En el Alto Patía los picos promedios multianuales se alcanzan durante los meses de julio a septiembre, siendo máximos en septiembre y los mínimos entre octubre y abril con valores mínimos en el mes de noviembre.

Para la cuenca Caquetá las temperaturas medias multianuales de mayores valores comprende los meses de noviembre a marzo y los valores mínimos se presentan entre julio y octubre.

### VALORES EXTREMOS DE TEMPERATURA

Los valores mínimos de temperatura media multimensual se presentan en el Páramo de las Papas, donde se alcanzan temperaturas inferiores a cero grados centígrados, durante el mes de enero y en el Parque Nacional Natural Puracé, con temperaturas medias multimensuales inferiores a 1.8 grados centígrados en el mes de febrero.

Los valores máximos multimensuales de temperatura se alcanzan en las riveras del río San Jorge, afluente del Patía con promedios de 30.8 grados centígrados, durante el mes de julio; en algunos sectores de las riveras del río Magdalena: Pitalito, Isnos, Saladoblanco, Departamento del Huila, con promedios superiores a 28 grados durante el mes de febrero y en Popayán con 28.3 grados centígrados en el mes de agosto.

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA INTERANUAL

La variabilidad climática interanual hace referencia a las oscilaciones de las variables climáticas en períodos que van más allá del año. Así por ejemplo, en algunos años la temporada lluviosa varía, siendo de menor intensidad en unos años y abundante en otros. Igualmente puede suceder, que las temporadas secas durante algunos años presenten bastantes lluvias, mientras que en otros se presenten extremadamente secas. También es posible encontrar algunos años más calurosos que otros. Estas oscilaciones son causadas entre otros factores por fenómenos como los denominados: El Niño y La Niña.

Mediante el análisis de la información histórica, se ha podido establecer que durante los eventos cálidos del pacífico (El Niño), se presenta un déficit generalizado de las lluvias que cubre la mayor parte de las regiones Caribe, Andina, Orinoquia y norte de la región Pacífica. En contraste se observa un exceso en volúmenes de precipitación mensual en el suroccidente de la Amazonía, parte media del piedemonte llanero y centro y sur de la región Pacífica. Durante las frases frías (La Niña), se registra una tendencia a la ocurrencia de excedentes mensuales de lluvia, particularmente a las regiones Andina y Caribe.

A continuación se presenta la reacción del clima de las cuencas del Macizo Colombiano a estos fenómenos (El Niño, La Niña).

### CUENCA DEL MAGDALENA

El análisis de la precipitación durante los meses de enero correspondientes a la primera temporada seca del año, durante el período 1977-1994 permite establecer que en la estación Santa Teresa (Cauca), se presentó moderadamente deficitario durante los primeros cinco años del citado período.

A partir de 1982 (año de inicio de El Niño 1982-1983) y hasta el año de 1985, las lluvias presentaron excedentes anuales de precipitación, superiores al 80% de sus valores medios. Durante el período restante el comportamiento pluviométrico osciló alrededor de sus valores medios anuales.

Para el mes de Mayo, típico de la primera temporada lluviosa en esta área, se registro un comportamiento pluviométrico muy cercano al de la temporada seca, presentándose una tendencia moderadamente deficitaria hasta el año 1980, con un cambio abrupto durante los tres años siguientes, cuando se registran excedentes superiores al 100% de lo normal. A partir del año 1984 las precipitaciones fluctuaron igualmente alrededor de sus valores promedio (Gráfica No. 1).

### CUENCA DEL CAUCA

Durante los meses de julio (los más secos del año) de estos últimos 20 años, se observa una gran variabilidad en el comportamiento anual de la precipitación en la estación Coconuco (Gráfica No. 2). Se destaca en este sitio una respuesta muy sensible al evento frío del Pacífico (La Niña) de los años 88-89, cuando se registra un severo incremento en los volúmenes anuales de lluvia.

Otro tanto ocurrió en el año 1978 (final del evento cálido -El Niño- iniciado en 1976), cuando se registraron cantidades muy superiores al doble de los valores promedios. Durante el resto del período el comportamiento es oscilante, entre años moderadamente deficitarios y ligeramente excesivos. Para los meses históricamente más húmedos (noviembre), el de 1979 presentó los mayores excedentes de precipitación con cantidades iguales al doble de lo normal.

Durante la década de los 80 el comportamiento fue fluctuante, alternándose años ligeramente deficitarios y excesivos. La tendencia general durante todo el período fue débilmente decreciente. Durante los tres

primeros años de esta última década el patrón pluviométrico fue significativamente deficitario hasta el año 1993 cuando retorna a una tendencia ligeramente creciente.

#### **CUENCA DEL PATÍA**

Para la estación La Sierra (Gráfica No. 3), en los meses más secos (Julio), las lluvias registradas durante el evento frío del Pacífico (La Niña) de 1988-89 fueron moderadamente excesivas e igualmente presentaron volúmenes muy superiores a lo normal en el año 78. Durante la década de los 80s su comportamiento fue oscilante pero muy ajustado a lo normal, alternándose años secos y años lluviosos.

Durante los primeros años de esta última década su comportamiento ha sido ligeramente deficitario hasta el año 94 que se presentó lluvioso. La tendencia general durante todo el período considerado es igualmente ligeramente deficitaria.

Durante los meses históricamente más lluviosos (abril), las lluvias del año 78 fueron significativamente excesivas, igual que lo registrado durante la estación seca. Curiosamente durante esta temporada no se observan los efectos del evento Frío 1988-89.

El patrón dominante durante estos últimos 20 años es igualmente oscilante alternándose años secos con años lluviosos, aunque estos últimos aparecen más alejados del comportamiento normal. Sin embargo, durante estas dos décadas no se observa una tendencia dominante.

#### **CUENCA DEL CAQUETÁ**

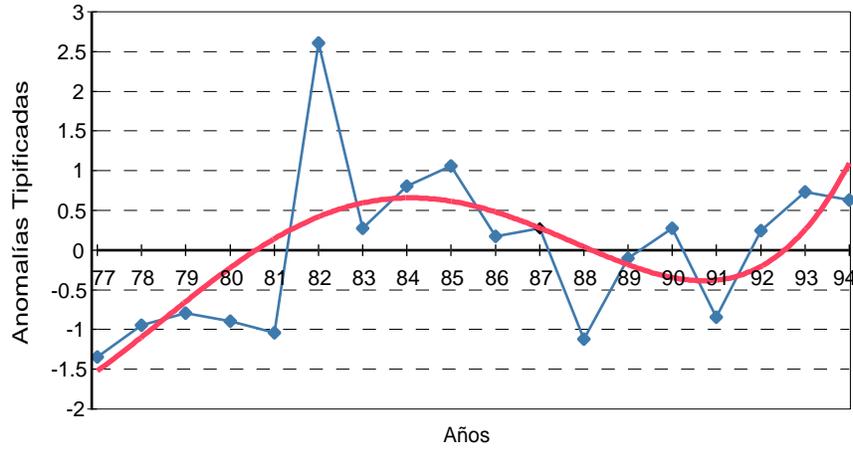
Se observa una gran variabilidad de la precipitación durante los dos períodos considerados (seco y húmedo). En la estación Valencia (Gráfica No. 4) durante los meses de septiembre (históricamente los menos lluviosos), los mayores volúmenes se presentaron en el año 77 (año El Niño), con lo cual se aprecia una señal inversa al comportamiento general de la lluvia de la región Andina durante esta época. Excedentes de menor cuantía ocurrieron durante los años 84-87.

El resto del período se alternaron años deficitarios y excesivos con volúmenes muy cercanos al comportamiento normal. Durante la primera década se observó una tendencia creciente hacia los años lluviosos, centrados en el año 85 y en la segunda una tendencia decreciente hasta el año 94, cuando se observó nuevamente un comportamiento normal.

Durante los meses históricamente más húmedos (noviembre) del período considerado (77-94) se aprecia una tendencia ligeramente creciente (contrario a lo observado en las cuencas Patía y Cauca).

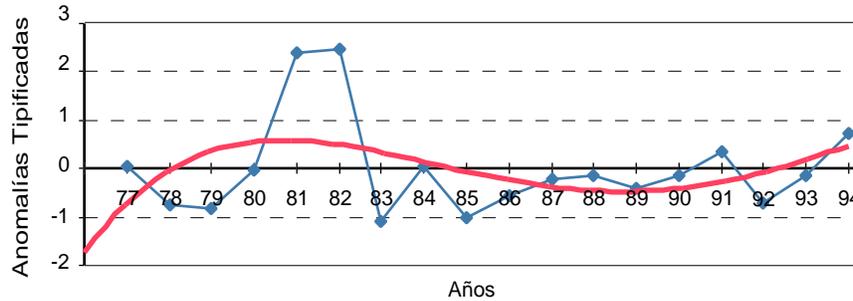
Déficit importante se presentó el año 81, en marcado contraste con los excedentes ocurridos en el año 88 (año La Niña). La década de los 80 presentó un comportamiento muy cercano a lo normal. Y en los años 93-94 se observó una tendencia creciente debido a los excesos registrados.

### Estación Santa Teresa Enero

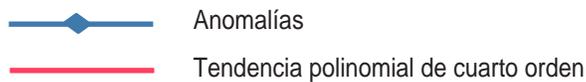


**Gráfico 1.** Variación interanual de la precipitación de la Cuenca Magdalena. Estación Santa Teresa (Enero).

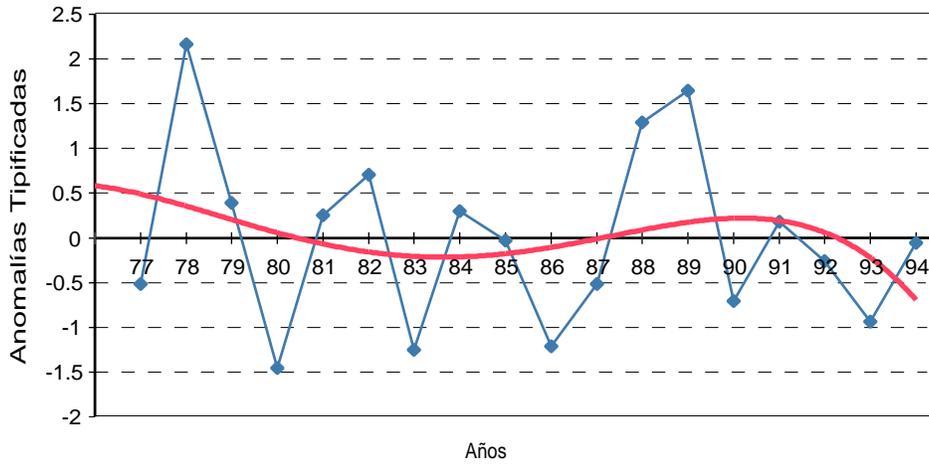
### Estación Santa Teresa Mayo



**Gráfico 1.** Variación interanual de la precipitación de la Cuenca Magdalena. Estación Santa Teresa (Mayo).

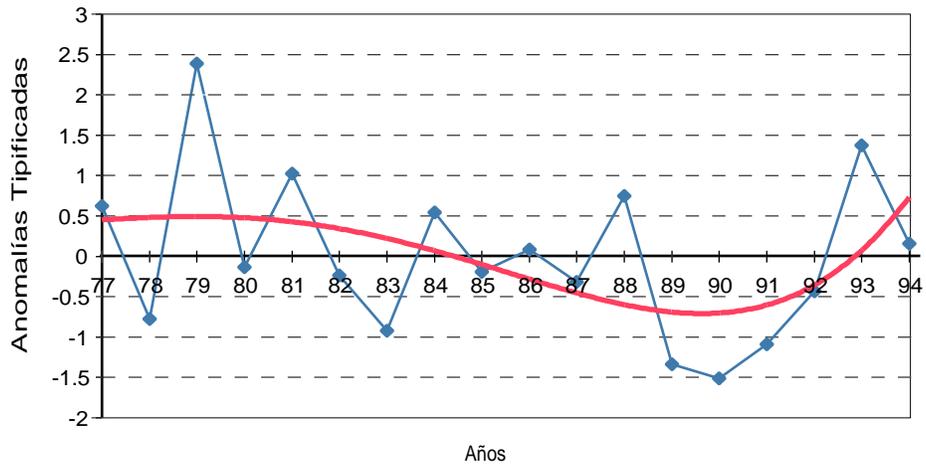


### Estación Coconuco Julio



**Gráfico 2.** Variación interanual de la precipitación de la Cuenca Cauca. Estación Coconuco (Julio).

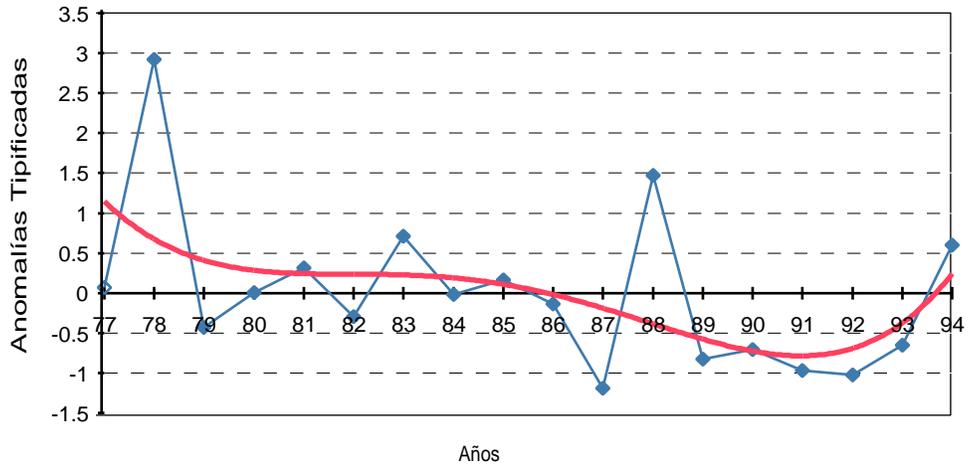
### Estación Coconuco Noviembre



**Gráfico 2.** Variación interanual de la precipitación de la Cuenca Cauca. Estación Coconuco (Noviembre).

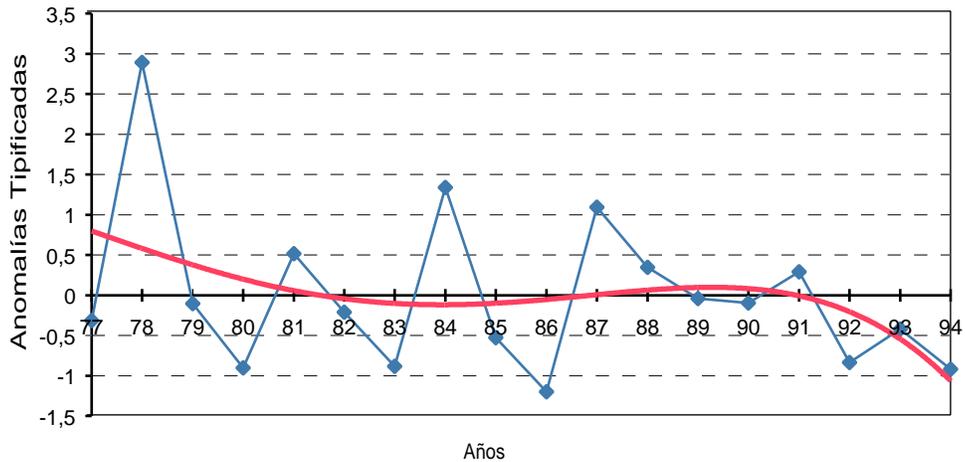
- ◆— Anomalías
- Tendencia polinomial de cuarto orden

### Estación La Sierra Julio



**Gráfico 3.** Variación interanual de la precipitación en la Cuenca Patía. Estación La Sierra (Julio).

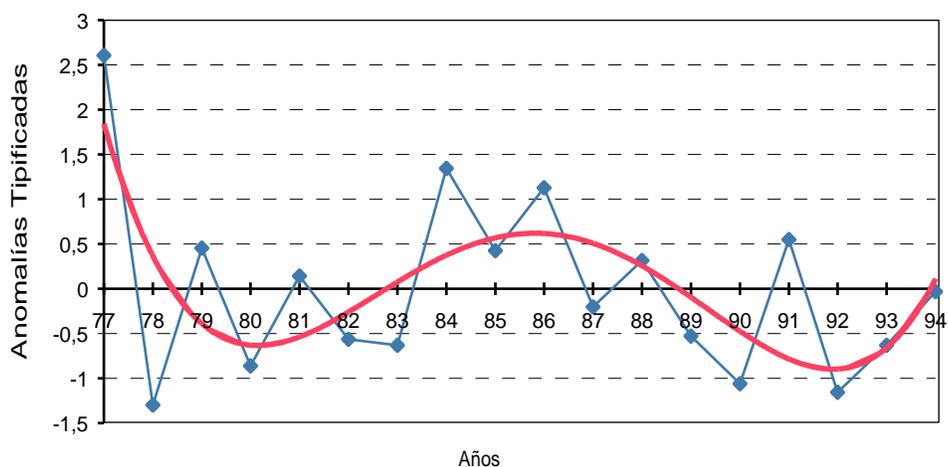
### Estación La Sierra Abril



**Gráfico 3.** Variación interanual de la precipitación en la Cuenca Patía. Estación La Sierra (Abril).

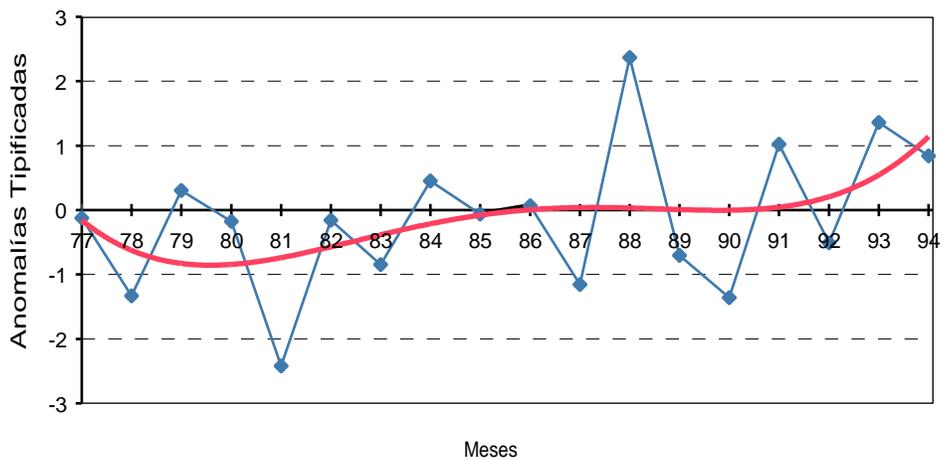
 Anomalías  
 Tendencia polinomial de cuarto orden

### Estación Valencia Septiembre



**Gráfico 4.** Variación interanual de la precipitación en la Cuenca Caquetá. Estación Valencia (Septiembre).

### Estación Valencia Noviembre



**Gráfico 4.** Variación interanual de la precipitación en la Cuenca Caquetá. Estación Valencia (Noviembre).

- ◆— Anomalías
- Tendencia polinomial de cuarto orden

## RECURSO HÍDRICO

### CARACTERIZACIÓN HIDROGRÁFICA 3.

El Macizo Colombiano y el Nudo de los Pastos constituyen un importante reservorio de aguas; en él existen cuerpos lénticos<sup>1</sup>, entre los que sobresalen las lagunas de la Cocha, Cumbal, Patascoy, La Aguada, Angelina, Sucumbún, La Magdalena, Cuasiyaco, Santiago, El Buey, Guanacas y San Rafael (Tabla No. 7).

Tienen allí, igualmente, sus nacimientos cuatro de los ejes fluviales más importantes del país, los cuales toman tres direcciones distintas, los ríos Magdalena y Cauca hacia el norte, vertiente Caribe, los ríos Caquetá y Putumayo hacia el sureste, vertiente Amazonas y el río Patía hacia el suroeste, vertiente del Pacífico (Mapa 4).

La red hidrográfica que forma parte del sistema andino, objeto de estudio, se ha jerarquizado, teniendo en cuenta un orden hidrográfico, considerando los ríos Magdalena, Cauca, Caquetá, Patía y Putumayo como de orden uno (1), los afluentes directos, de orden dos (2), los que tributan a éstos de orden tres (3), los que vierten sus aguas a estos de orden cuatro (4) y así sucesivamente según detalle y escala.

En la Tabla No. 8 y el Mapa No. 5, se puede observar ésta clasificación de las cinco (5) cuencas que tiene origen en la unidad orográfica del Macizo Colombiano y el nudo de los Pastos. La cartografía utilizada correspondió a los mapas departamentales con escalas diferentes y en algunos casos las planchas a escala 1: 100.000 del I.G.A.C. y del DMA.

El río Cauca nace en el Páramo de Sotará en el departamento del Cauca a los 2° 00' de latitud norte y 76° 34' de longitud oeste, su curso se halla encauzado entre las cordilleras Central y Occidental y en el área que corresponde al Macizo recibe afluentes importantes como los ríos: Negro, Vinagre, Piedras, Palacé, Piendamó, Ovejas, Desbaratado, Palo, Fraile, Salado y Hondo (Tabla No. 8). Hasta el sector de Juanchito tiene una longitud de 252 km. y una superficie de 4917 km<sup>2</sup>.

Toda esta red hidrográfica recorre territorios de los municipios de Puracé (Coconuco), Paispamba (Sotará), Timbío, Popayán, Totoró, Silvia, Inzá, Piendamó, Caldono, Jambaló, Toribío, Caloto, Corinto y Miranda, todos ellos dentro del departamento del Cauca.

En el Cerro de Peñas Blancas, adyacente al páramo de las Papas, nace el río Caquetá en la confluencia de las quebradas Peñas Blancas, Las Lajas y Lagunaseca a 3850 m.s.n.m., para luego verter sus aguas al río Amazonas en territorio del Brasil. En el área que hace parte al Macizo, le tributan los ríos Grande, Curiaco, Cascabel, Chontillal, Verdeyaco y Mandiyaco (Tabla No. 8). El río Caquetá, en su recorrido por el costado oriental de la cordillera oriental hacia la planicie selvática del amazonas, baña los territorios de los municipios de San Sebastián y Santa Rosa, departamento del Cauca, y Mocoa en el departamento del Putumayo. La superficie es de 7368 km<sup>2</sup>, y su longitud de 141 kms, hasta la estación hidrológica de Andaquí, aguas arriba de la desembocadura del río Mocoa.

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 suroccidental de una pequeña planicie del páramo de las Papas, conocida, igualmente, como el Valle de las Papas, a 3685 m.s.n.m., en el departamento del Huila. En el área de influencia del Macizo, le aportan, por la margen izquierda, aguas de las corrientes de los ríos: Majuas, Blanquito, Mazamorras, Bordonos, Páez

<sup>1</sup> Cuerpo léntico: Volumen de agua depositada en una depresión geológica

Nombre	Corriente	Municipio	Entidad administradora	Usos	Características morfométricas		
					Área (Has)	Volumen (miles m³)	Profundidad media (m)
<b>Cauca</b>							
Reservorio pozo 1	Pozo Profundo	Miranda	Ingenio Cauca	Riego caña	0,73	8,9	1,2
Reservorio pozo 3	Pozo Profundo	Miranda	Ingenio Cauca	Riego caña	0,81	14,4	1,8
Reservorio pozo 4	Pozo Profundo	Miranda	Ingenio Cauca	Riego caña	0,67	7,7	1,1
Reservorio pozo 11	Pozo Profundo	Miranda	Ingenio Cauca	Riego caña	0,79	8,4	1
El Recreo	Zanjón Las Cañas	Miranda	Ingenio Cauca	Riego caña	0,46	5,2	1,1
Reservorio La Gruta 1	Zanjón Santa Ana	Miranda	Ingenio Cauca	Riego caña	0,51	5,4	1
Bélgica	Río Desbaratado	Miranda	Ingenio Central	Riego	0,7	8,3	1,2
La Tercera	Río Desbaratado	Miranda	Particular	Riego	1,3	14	1,1
El Reporte	Río Desbaratado	Miranda	Particular	Riego	2,1	31,3	1,5
El Reporte	Río Desbaratado	Miranda	Particular	Riego	1,5	18,5	1,2
El Guásimo	Vertiente natural	Caloto	Particular	Recreación	1,4	15	1,1
San Jacinto	Río La Quebrada	Caloto	Particular	Abrevadero	1,3	15	1,2
El Limón	Zanjón Bodega Seca	Caloto	Particular	Riego	1,2	13	1,1
Hda. Barro Colorado	Q. Barro Colorado	Caloto	Particular	Paisaje	0,6	4	0,7
Hda. Barro Colorado	Q. Barro Colorado	Caloto	Particular	Paisaje	0,3	1	0,3
La Olga	Río Guengue	Miranda	Particular	Riego	0,3	1,2	0,4
Barro Colorado	Q. Barro Colorado	Caloto	Particular	Riego	0,4	2,1	0,5
Barro Colorado	Q. Barro Colorado	Caloto	Particular	Riego	0,7	5,6	0,8
San Luis	Vertiente Natural	Corinto	Particular	Riego	0,4	1,9	0,5
Petrolera	Q. San Rafael	Corinto	Particular	Paisaje	0,3	1,6	0,5
Carrizalez	Q. Carrizalez	Caloto	Particular	Riego	0,3	1	0,3
Lag. Normandía		Corinto			20	760	3,8
Lag. Granacas	Río Sucio	Inza			25	1.125	4,5
Lag. de El Buey	Río Cauca	Popayán			40	2.280	5,7
Lag. Cuasiyaco	Río Cuasiyaco	Popayán			35	1855	5,3
Lag. San Rafael		Popayán			3	60	2
Lag. Seca		Popayán			2	30	1,5
Lag. Sucumbún	Río Sucumbún	Popayán			30	60	2
Represas de Tierra		Corinto			15	510	3,4
<b>Putumayo</b>							
<b>Nariño</b>							
Embalse Río Bobo	Río Bobo	Pasto	CEDENAR	Energía	500	20.000	4
Laguna Cumbal					211	27.008	12,8

**Tabla No. 7.** Cuerpos de agua localizados en el Macizo Colombiano.

**Fuente:** Inventario de cuerpos de agua en preparación por IDEAM, 1998.

Nombre	Corriente	Municipio	Entidad administradora	Usos	Características morfométricas		
					Área (Has)	Volumen (miles m <sup>3</sup> )	Profundidad media (m)
Laguna Negra		Pasto			8	224	2,8
Laguna Telpis	Q. Telpis	Pasto			3	60	2
Laguna Mejía		Pasto			3	60	2
Laguna Aguada	Río Uruyaco	Pasto			20	760	3,8
Laguna Yapurguar					5	125	2,5
Laguna Patascoy		Santiago			5	125	2,5
Laguna de La Cocha	Río Encano	Pasto-Encano			4.240	1'554.500	75
<b>Huila</b>							
Lago San Luis	Q. Solarte	Pital	Particular y Secretaría	Pesca	0,06	1,2	2
Lago Pital	Acueducto	Pital	Secretaría de Desarrollo	Pesca	0,075	3,75	5
Lago Pital	Acueducto	Pital	Secretaría de Desarrollo	Pesca	0,005	0,05	1
Lago La Filis	Manantial	La Plata	INDERENA	Pesca, riego	0,72	100	15
Lago La Filis	Manantial	La Plata	INDERENA	Pesca, riego	0,7	72	10
Lago Santo Domingo	Q. Linderos	La Plata	Particular	Pesca	0,012	0,24	2
Laguna San Andrés	Aguas Liuvias	La Plata		Acueducto	3	600	20
Lago Las Brisas	Acueducto	La Plata	Secretaría de Desarrollo	Pesca	0,015	0,15	1
Lago Malta	Acueducto	La Plata	Secretaría de Desarrollo	Pesca	0,1	1,2	1,2
Lago El Vergel	Acueducto	Pital	Particular	Pesca	0,006	0,12	2
Lago Beralva	Acueducto	Pital	Particular	Pesca	0,32	16	5
Lago La Malta	Acueducto	La Plata	Secretaría Desarrollo	Pesca	0,2	3	1,5
Lago Los Pinos	Vertientes	Pital	Particular	Pesca	0,75	75	10
Lago Santa Rosa	Acueducto	Pital	Particular	Pesca	0,003	0,06	2
Lago Santa Rosa	Acueducto	Pital	Particular	Pesca	0,003	0,06	2
Lago Las Brisas	Q. Segoviana	La Plata	Cté. Cafeteros	Pesca	0,03	0,36	1,2
Lago Los Robles	Acueducto	La Plata	Particular	Pesca	0,03	0,6	2
Lago Buenavista	Acueducto	La Plata	Particular	Pesca	0,009	0,108	1,2
Lag. Buenavista	Acueducto	La Plata	Particular	Pesca	0,009	0,108	1,2
Lago Los Lagos	Acueducto	La Plata	Particular	Pesca	0,009	0,108	1,2
Lago El Bosque	Acueducto	La Plata	Particular	Pesca	0,08	1,2	1,5
Lago Boquerón	Manantial	Pital	Particular	Pesca	0,12	2,4	2
Lago Hogar Campesino	Acueducto	Pitalito	Particular	Pesca	0,21	3,15	1,5

**Continuación tabla No. 7.** Cuerpos de agua localizados en el Macizo Colombiano.

**Fuente:** Inventario de cuerpos de agua en preparación por IDEAM, 1998.

Nombre	Corriente	Municipio	Entidad administradora	Usos	Características morfométricas		
					Área (Has)	Volumen (miles m <sup>3</sup> )	Profundidad media (m)
La Laguna		Pitalito	Particular	Pesca, turismo	40	2.400	6
La Laguna	Acueducto	Pitalito	Cté. Cafeteros	Pesca	0,03	0,36	1,2
La Laguna	Acueducto	Pitalito	Cté. Cafeteros	Pesca	0,05	0,6	1,2
La Laguna	Acueducto	Pitalito	Cté. Cafeteros	Pesca, turismo	0,07	0,84	1,2
La Laguna	Acueducto	Pitalito	Cté. Cafeteros	Pesca	0,037	0,45	1,2
La Laguna	Acueducto	Pitalito	Cté. Cafeteros	Pesca	0,03	0,36	1,2
La Laguna	Acueducto	Pitalito	Cté. Cafeteros	Pesca	0,02	0,24	1,2
Laguna Pompeya	Q. Las Capias	Pitalito	Particular	Pesca	3	120	4
Lago La Cuchilla	Acueducto	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,006	0,072	1,2
Lago La Cuchilla	Acueducto	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,01	0,105	1
Lago La Cuchilla	Acueducto	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,025	0,25	1
Lago Mesitas	Acueducto	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,05	0,5	1
Lago La Cuchilla	Acueducto	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,006	0,06	1
Lago Llanada	Acueducto	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,024	0,24	1
Lago Llanada	Q. El Silencio	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,02	0,2	1
Lago La Llanada	San Agustín	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,02	0,2	1
Lago La Llanada	Acueducto	San Agustín	Particular ICA	Pesca	0,013	0,13	1
Lag. La Magdalena		San Agustín			10	300	3
Lag. San Rafael	Río Sn Rafael, Q. Chorrillón	La Plata			175	20.650	11,8
Lag. Magdalena	Río Magdalena	San Agustín			25	1.125	4,5
Lag Santiago	Q. Meduce	San Agustín			15	517	3,4
<b>Cauca</b>							
Varios (7)		Corinto			35	87,5	0,25
Varios (24)		Toribío			125	312,5	0,25
<b>Nariño</b>							
Varios (1)		Pasto			3	6	0,2
<b>Huila</b>							
Varios (4)		San Agustín			60	204	0,34
Ciénaga Grande	Q. yegua	Pitalito			100	470	0,47

**Continuación tabla No. 7.** Cuerpos de agua localizados en el Macizo Colombiano.

**Fuente:** Inventario de cuerpos de agua en preparación por IDEAM, 1998.

## Mapa 4

Vertiente Atlántico					
Cuenca hidrográfica	Corriente segundo orden	Corriente tercer orden	Corriente cuarto orden	Corriente quinto orden	Corriente sexto orden
<b>Río Magdalena</b>					
	R. Majuas	R. Ovejeras			
	R. Claros				
	R. Blanquito				
	R. Negro				
	R. Mazamorra	R. Jabón	R. Jabón Chiquito		
	R. Bordones	R. Granates			
	R. Osoguaico				
	R. Naranjos	R. Balseros			
	R. Granadillos	Q. La Llanada			
	R. Guachicas	Q. El Cedro			
	R. Guarapas				
	R. Suaza	R. Riecito			
		Q. La Danta			
		Q. Aguaclara			
		Q. Malabrigo			
		Q. Jacus			
	R. Paez	R. La Plata (Loro)	R. Aguacatal	R. San José	
				R. Bedón	R. Estanquillo
			Q. Riecito		
			Q. Moscopan		
			Q. El Salado		
			Q. Zapatera		
		R. Negro	R. Ullucos	R. Malvasá	
				Q. Guanacas	
		R. Negro de Narváez	Q. La Barbacoa	Q. El Tigre	
				Q. El Canelo	
			Q. De Narvaez	Q. La Arepa	Q. Abajo
			Q. El Pené		
			R. Chiquito	Q. Los Fioles	
			Q. De Orozco		
			Q. El Guadual		
		Q. Itaibe	Q. La Cuchilla		
	R. Yaguará	R. Pacarni	Q. Capote		
			Q. La Damita		
			Q. El Tote	Q. San Luis	
			Q. La Colorada		
		R. Iquira	R. San Francisco	Q. De Barandas	
				Q. La Petilla	Q. Nazareth
	R. Saldaña	R. Atá	R. Claro		
			R. San Miguel		

**Tabla No. 8.** Clasificación de Cuencas Macizo Colombiano y Nudo de los Pastos

Cuenca hidrográfica	Corriente segundo orden	Corriente tercer orden	Corriente cuarto orden	Corriente quinto orden	Corriente sexto orden
			R. Támara		
			R. Guayabo		
			Q. Quebradón		
		R. Ereje			
		R. Cambrin			
		R. Siquilla			
<b>Río Cauca</b>					
	R. Negro				
	R. Vinagre	Q. Anambio			
	R. Piedras				
	R. Palacé	R. Guangubio			
		R. Cofre	Q. Molino	Q. Victoria	
				Q. El Hato	
		R. Blanco	Q. Cabuyero		
			Q. Rejoya		
		R. Mota			
	R. Cajibío	Q. Carrizal	Q. Ferreira		
	R. Piendamó	R. Juanambú			
		Q. Machete			
		Q. El Picacho			
	R. Ovejas	R. Pescador	R. Tunía	Q. La Paja	
				Q. Los Uvales	
				R. Grande	
			R. Cañadulce	Q. Buenaventura	
			R. Los Cuingos	Q. El Ceral	
			R. Mermejál		
		R. Mondomo	Q. La Tabla		
			Q. La Laja		
		R. Quichalla			
		R. Cabuyal	Q. La Llanada		
	R. Palo	R. La Paila	R. Hato		
			R. Guenge	R. Las Cañas	
				R. Negro	
	R. Desvaratado	Zo. Cabuyal			
	R. Hondo (Robles)	R. Piedras	Q. La Laja	Q. La Chorrera	
				Q. Novillero	
			Q. La Tarasco		
		R. Los Cedros			
	R. Salado	Q. El Culantro			
	Q. El Ramal				
	Q. La Palma				

**Continuación tabla No. 8.** Clasificación de cuencas Macizo Colombiano y nudo de los Pastos

Vertiente Amazonas					
Cuenca hidrográfica	Corriente segundo orden	Corriente tercer orden	Corriente cuarto orden	Corriente quinto orden	Corriente sexto orden
<b>Río Putumayo</b>					
	R. Guamúez	R. Sucio	R. Los Alisales	Q. San Luis	
				Q. Santa Marta	
				Q. Pailón	
			R. Afiladeros		
			Q. Las Piedras		
		R. Estero	Q. La Lega		
		Q. La Lorianana			
		R. Patascoy			
	R. Juiscaño	R. Cascajo			
		R. Espinaca			
	R. Alguacil				
	R. San Juan	R. Vides			
		R. Conejo			
		R. Chalguayaco			
	R. Blanco-Cristales				
<b>Río Caquetá</b>					
	R. Sucubún				
	R. Grande	Q. Gaviota			
		Q. San Andrés			
		Q. Guasca			
	R. Curiaco	R. Granadillo	Q. La Mina		
	R. Cascabelito				
	R. Cascabel	Q. La Bermeja			
		Q. Las Dantas			
	R. Verdeyaco				
	R. Mandiyaco	R. Jabonyaco			
	R. Toroyaco				
	R. Mocoa	R. Mulato			
		R. Rumiyaco			
		R. Pepino			
	R. Indiyaco				
	R. Inchiyaco				
	R. La Fragua	R. Sabaleta			
		R. Congor			
		R. Fragueta			
		Q. Suspisacha			
	R. Yuruyaco				
	R. Chontillal				
	R. Pacayaco				
	R. Negro				
	R. Blanquitos				
		R. Pescado	R. Bodoquerito		
			R. San Pedro	R. Fraguachorroso	

**Continuación tabla No. 8** Clasificación de cuencas Macizo Colombiano y nudo de los Pastos

Vertiente Pacífico					
Cuenca hidrográfica	Corriente segundo orden	Corriente tercer orden	Corriente cuarto orden	Corriente quinto orden	Corriente sexto orden
Río Patía					
	R. Quilcacé	R. Esmita	R. Bojoleo		
		R. Molino	Q. La Luna		
	R. Timbío	R. Piedras	R. Presidente	R. Paispamba	Q. El Molino
		R. Salado	Q. Las Estrellas		
	R. San Jorge	R. Guachicono	R. Pancitará		
			R. San Pedro	Q. Los Cerros	
			R. Blanco		
			R. Mazamorras	Q. Peñas Blancas	
			R. Mutis	R. Cirguellar	
			R. Barbillas	R. Negro	
		R. Sambingo	R. Dantas	Q. Champilona	
			R. Patanguaje	R. Hato Viejo	
		R. Sánchez			
		R. Blanco			
		R. Marmato			
		R. Negro			
		R. Ramos	Q. La Cumbre		
		R. Ruiz	Q. San Miguel		
	R. Mayo	Q. Honda			
		Q. Charguayaco	Q. El Naranja	Q. San Antonio	
			Q. El Guabo		
		Q. Alpujarra			
		Q. Santa Ana	Q. Sapayal		
			Q. Sardinias	Q. El Molino	Q. La Laguna
				Q. La Salina	
	R. Juanambú	R. Pasto	R. Bermúdez	Q. Las Palmas	
			R. Botanilla	Q. La Monja	Q. Botana
			R. Negro	Q. Duarte	
			R. Guachucal		
			R. San Agustín		
			R. Catambuco		
			Q. Chorrillo		
		R. Salado			
		R. San Lorenzo			
		Q. La Toma			
		Q. Cano			
		Q. El Salado	Q. El Guayabal	Q. El Cajón	
		Q. Tongosoy	Q. Tabladones		
		R. Ijagui	Q. San Vicente		
			Q. Delicias		
		R. Quiña			
		Q. Tapias			
		Q. San Pedro			
		Q. Montenegro			
		Q. La Herradura			

Continuación tabla No. 8. Clasificación de cuencas Macizo Colombiano y nudo de los Pastos

## Mapa 5

y Yaguará y por la margen derecha lo hacen los ríos Claros, Osoguaico, Naranjos, Balseros, Granadillos, Guachicas, Guarapas y Suaza (Tabla No. 8). Esta densa red hidrográfica baña los municipios de San Agustín, Palestina, Pitalito, Acevedo, Suaza, Isnos, Salado Blanco, Oporapa, Tarqui, La Argentina, Pital, La Plata, Nátaga, Iquira, Teruel y Santa María, en el departamento del Huila; Los municipios de Inzá, Páez (Belalcázar) en el departamento del Cauca y Planadas, Chaparral y Rioblanco en el departamento del Tolima. La superficie de la cuenca del río Magdalena en el área de influencia es de 15996 km<sup>2</sup>, y la longitud del cauce principal hasta Betania es de 267 km.

El río Patía se forma a partir de la unión de los ríos Quilcacé y Timbío, nace en el departamento del Cauca a los 02° 12' de latitud norte y 77° 00' de longitud oeste, en su recorrido dentro del área de influencia del Macizo, recibe afluentes importantes por la margen derecha como los ríos: Sucio, Jején, Guabas, Sajandí, Capitares, Mamaconde y por la margen izquierda tributan los ríos: Piedras, Esmita, Guachicono, Mayo, Juanambú y las quebradas Cangrejo, Cazasapos y Matacea, Así mismo, esta importante arteria fluvial baña los municipios de Timbío, Rosas, Paispamba (Sotará), La Sierra, La Vega, Almaguer, San Sebastián, Bolívar, y Mercaderes en el departamento del Cauca y San Pablo, Belén, La Cruz, Génova (Colón), San Pedro de Cartago, La Unión, Berruecos (Arboleda), San Bernardo, El Tablón, San José (Albán), Buesaco, Pasto, Chachagúí, San Lorenzo y Taminango, en el departamento de Nariño. La cuenca del río Patía tiene un área de 7020 km<sup>2</sup>. Hasta la desembocadura del río Guaítara, punto límite considerado para esta cuenca dentro de la zona de influencia, y una longitud de 175 km.

El Putumayo, río de la Amazonía colombiana tiene su nacimiento en el nudo de los Pastos al noreste de la laguna de la Cocha, en los cerros de Bordoncillo y Juanoy en territorio del departamento del Putumayo. Confluyen a éste los ríos Guineo, Blanco-Cristales Juisanoy, Alguacil, San Juan y Guamués, éste último nace en la laguna de La Cocha y es considerado como el tributario más importante por su magnitud, uniéndose con el Putumayo aguas arriba de Puerto Asís. Esta densa red hidrográfica baña los municipios de San Francisco, Sibundoy, Colón y Santiago en el departamento del Putumayo y el municipio Pasto, capital del departamento de Nariño. El área de influencia de la cuenca del río Putumayo, en la unidad orográfica del Macizo Colombiano, tiene una superficie de 1479 km<sup>2</sup>., y una longitud de 115 km.

## CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

El Macizo Colombiano es la principal estrella fluvial del país, considerada una de las mayores del mundo y que distribuye sus aguas en direcciones diferentes, que hacen de este territorio una fuente abastecedora en todos los campos de desarrollo del país, incluyendo la formación de vías fluviales naturales, como son los ríos Caquetá, vertiente del Río Amazonas y Patía, en su parte baja hasta la desembocadura en el océano pacífico.

Desde que se inicia el descenso de las aguas por sus cauces naturales, el régimen hídrico se va consolidando en cada una de las cuencas por las características climáticas propias de sus vertientes. La Amazonía Colombiana, cuyos principales tributarios son los ríos Caquetá y Putumayo, cuenta con una escorrentía media anual, para las partes altas de estas cuencas, de 2920 y 2260 mm., respectivamente, caracterizándose ésta por un régimen monomodal, donde los meses de estiaje corresponden a enero, febrero, marzo y diciembre con valores entre 110 y 150 mm. para el río Putumayo y entre 140 y 170 mm. para el río Caquetá, se refiere, en ambos casos, a las partes altas de sus cuencas. Los meses con mayor aporte corresponden a mayo, junio, julio y agosto, a partir del cual se inicia el descenso de los niveles para iniciar nuevamente el ciclo, allí se observa que el mes de julio es el de mayor rendimiento, 105 l/s.km<sup>2</sup> para la cuenca del río Putumayo y 151 l/s.km<sup>2</sup> en el Caquetá. En el Mapa No. 6, se observa

la distribución durante el año de la escorrentía en las cinco cuencas que hacen parte de la unidad orográfica del Macizo Colombiano.

La cuenca del río Magdalena, junto con la del río Cauca, atraviesa de sur a norte la geografía Colombiana, se convierte en la esencia misma del desarrollo del país, pues su red hidrográfica satisface las necesidades hídricas de más de la mitad de la población Colombiana que está asentada en esta cuenca.

Estos dos ríos nacen en el Macizo Colombiano y por ello esta unidad geográfica adquiere una mayor significación como fuente y origen de la arteria fluvial más importante del país. La escorrentía, en la parte alta de la cuenca del río Magdalena, considerada hasta el municipio de Chaparral, se ha estimado en 1300 mm., En promedio anual, correspondiendo a 42 l/s.km<sup>2</sup> de rendimiento. El régimen puede ser considerado como bimodal siendo el período de abril a julio más acentuado que el de octubre y noviembre, viéndose claramente la influencia climática del sur del país, donde las épocas de lluvia se presentan con mayor intensidad en el segundo trimestre del año. Los mayores aportes se presentan en el mes de julio con 158 mm. de escorrentía y febrero como el mes característico de estiaje con una lámina media de escorrentía de 65 mm., esto indica que los rendimientos oscilan entre 25 y 60 l/s.km<sup>2</sup>.

El régimen bimodal caracteriza la cuenca alta del río Cauca hasta el municipio de Miranda. A diferencia del régimen de la cuenca alta del río Magdalena en el río Cauca los dos períodos lluviosos tienen picos similares en magnitud, aunque en el primer semestre este período es mas prolongado que el del final del año. La escorrentía media anual es calculada en 950 mm. o 30 l/s.km<sup>2</sup> de rendimiento, teniendo como el mes mas alto a diciembre con 100 mm. de lámina de escorrentía y el mas bajo le corresponde al mes de septiembre con menos de 50mm., convirtiéndose esta cuenca con la del Patía como de las de menor rendimiento del complejo del Macizo Colombiano, con 18 l/s.km<sup>2</sup> para época de estiaje y 37 l/s.km<sup>2</sup> para los períodos de crecientes.

El río Patía es uno de los principales tributarios del Océano Pacífico en el sur del país y el primero en importancia para el departamento de Nariño como solución hidroenergética y para riego en el valle del Patía. Por esta razón, entre otras, la red hidrográfica de esta cuenca es solución para la problemática de la disponibilidad de agua para los municipios que encuentran dentro de su área de influencia.

El régimen hidrológico de esta cuenca es bimodal, con dos períodos muy acentuados de lluvias durante el año, que corresponde a los meses de marzo a julio y de noviembre a enero, observándose como mes de mayor rendimiento a diciembre con una escorrentía de 116 mm. o 43 l/s.km<sup>2</sup> de rendimiento. El mes con menor disponibilidad de agua corresponde a septiembre con 47 mm. de lámina de escorrentía con rendimiento de escasos 18 l/s.km<sup>2</sup>. Para el año medio, la lámina de agua escurrida se ha calculado en 1000 mm. que corresponde a 32 l/s.km<sup>2</sup>.

## CUERPOS DE AGUA

En las áreas hidrográficas del Macizo Colombiano, existen cuerpos de agua o depósitos naturales en jurisdicción de trece (13) municipios, muy importantes como alternativa de disponibilidad de agua para diferentes usos, aunque con una mayor representación de dichos cuerpos de agua en los municipios de Caloto y Miranda en el departamento de Cauca y en La Plata, Pitalito y San Agustín en el departamento del Huila. Es importante resaltar que solamente la laguna de la Cocha almacena el 95% del agua depositada en todo el sistema de cuerpos de agua de la unidad Macizo - Nudo de los Pastos. En la Tabla No. 7, están clasificados de acuerdo con su extensión y el volumen estimado.

## CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

### CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL SISTEMA MONTAÑOSO DEL SUR DE COLOMBIA Y SUS VALLES INTERANDINOS.

En este aparte se describirán de manera sucinta las unidades hidrogeológicas definidas para el área delimitada en el presente estudio de acuerdo con la información disponible. Para este efecto y con base en este Mapa Geológico de Colombia y en el Mapa Hidrogeológico de Colombia (HUGUETT et. al., 1989) se delimitan las unidades roca-sedimento desde el punto de vista de su importancia Hidrogeológica y se presenta a nivel general el estado del conocimiento de las provincias hidrogeológicas<sup>2</sup> en esta parte del país (Mapa No. 7). En el capítulo denominado Estabilidad de la Morfoestructura Geológica del Macizo Colombiano de este mismo trabajo se presenta la descripción de las principales unidades geológicas y morfológicas que se utilizan para sustentar este capítulo.

### PROVINCIAS HIDROGEOLÓGICAS DEL MACIZO COLOMBIANO

De acuerdo con la delimitación establecida para el área del Macizo Colombiano y en concordancia con el Mapa Hidrogeológico de Colombia 1989 se distinguen en el sistema montañoso del sur de Colombia y sus valles interandinos, dos provincias hidrogeológicas que de oeste a este corresponden a la parte meridional de las provincias Andina Vertiente Atlántica y borde occidental de la provincia del Amazonas.

En la Provincia Hidrogeológica Andina Vertiente Atlántica se han clasificado las unidades roca sedimento de acuerdo con sus características hidrogeológicas en tres categorías que se describirán posteriormente:

- Sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico.  
Unidades de roca-sedimento pertenecientes a esta categoría se localizan en el valle del río Cauca, Valle del río Patía y Subcuenca de Neiva (Mapa No. 7).
- Rocas con porosidad primaria y secundaria de interés hidrogeológico.  
Las rocas pertenecientes a esta categoría se encuentran en las áreas circunvecinas de los municipios de Popayán y Neiva.
- Sedimentos y rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológico.  
Más del 70% del área carece de condiciones geológicas e hidráulicas para almacenar y transmitir agua subterránea como se puede observar en el mapa hidrogeológico compilado para este estudio.

En la Provincia Hidrogeológica del Amazonas únicamente se han estimado las posibilidades de ocurrencia de acuíferos pues no se cuenta con estudios específicos sobre las condiciones de almacenamiento, calidad y características hidrodinámicas del recurso hídrico subterráneo.

### PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA ANDINA VERTIENTE ATLÁNTICA

Esta provincia comprende el sistema montañoso centro occidental del país. En el Macizo Colombiano está limitado por el Sistema de Fallas del Río Suaza al Oriente y el Sistema de Fallas del Río Cauca al occidente. Hacia su extremo occidental está constituida principalmente por rocas ígneas ácidas y

<sup>2</sup> Provincia Hidrogeológica: Áreas con características geológicas, hidrogeológicas y geomorfológicas similares. Cada una forma parte de cuencas hidrográficas y sus límites son hidrogeológicos

## Mapa 7

metamórficas del Precámbrico y Paleozoico y por rocas volcánicas básicas del Cretácico. En menor proporción aparecen sedimentos del cuaternario.

Dentro de esta provincia en la región objeto de este estudio se distinguen tres categorías de acuerdo con las características hidrogeológicas de las unidades roca-sedimento:

#### **SEDIMENTOS Y ROCAS CON POROSIDAD PRIMARIA DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO**

En esta categoría se han agrupado las cuencas que constituyen tanto acuíferos continuos de extensión regional en sedimentos no consolidados y en rocas sedimentarias poco cementadas como acuíferos locales de extensión variable en rocas sedimentarias poco o nada cementadas con granulometrias finas a medias y permeabilidades altas a moderadas.

En esta provincia podemos distinguir tres cuencas dentro de esta categoría:

#### **CUENCA DEL VALLE DEL RÍO CAUCA**

En el Valle del Río Cauca se encuentran sedimentos con permeabilidad alta a moderada constituidos por un relleno aluvial, de material grueso que conforma acuíferos de extensión regional de tipo libre y confinado con agua apta para consumo humano, proveniente de la alta precipitación y de la conexión hidráulica con la escorrentía superficial. La transmisividad promedio de los acuíferos es de 1000 m<sup>2</sup>/día, con una producción aproximada por pozo entre 30 y 120 litros/segundo y una capacidad específica de 0.3-8 litro/segundo/metro. El agua en su mayor parte es utilizada para riego (HUGUETT, 1989).

En 1996 se reportaron 2300 pozos de aguas subterráneas en un área de 7000km<sup>2</sup> que irrigan cultivos establecidos en 125.000 hectáreas. La población beneficiada es de cerca de 918000 habitantes (30% del total departamental). El 62% del agua extraída se destina para uso agrícola y principalmente al sur del departamento, en los municipios de Candelaria, Palmito y El Cerrito. Para abastecimiento público se destina el 16.5% y para uso industrial el 12% (Contraloría General de la República, 1997). Se estima una capacidad instalada de los pozos de 131.082 litros/segundo, los cuales producen al año un volumen total de agua de 1000 a 1250 millones de metros cúbicos (Tabla No. 9).

El agua subterránea es de tipo bicarbonatada cálcico –magnésica con dureza carbonatada hacia el margen derecho del río Cauca, entre Cali y Palmira y en los municipios de Roldanillo, La Unión, Toro. En los alrededores de Cartago el agua es bicarbonatada sódica.

Las unidades productoras se conocen como Unidad A, Unidad B y Unidad C:

#### **UNIDAD A**

En la Unidad A los acuíferos son libres a semiconfinados con espesor de 120 metros y un 30% de sedimentos permeables. Los pozos captan hasta 10 litros por segundo o más en la llanura aluvial en El Cerrito y Guacarí.

#### **UNIDAD B**

La Unidad B comprende 80-100 metros de arcillas y limos con lentes de gravas y arenas.

#### **UNIDAD C**

En la unidad C por debajo de los 180 metros de profundidad los acuíferos son confinados con flujo saltante de buena capacidad específica constituidos por arenas, gravas y algunas veces cantos rodados. Su espesor se estima en 500 metros.

Las reservas estimadas para esta cuenca se acercan a los 1000 millones de metros cúbicos (Ibidem).

Uso del pozo	No. de pozos	%	Caudal litros/segundos
Riego	1.481	61.7	115.576
Industrial	294	12.2	10.246
Doméstico	161	6.7	5.260
Urbano	233	9.8	
Abandonados	189	7.9	
De estudio	40	1.7	
<b>Total</b>	<b>2.398</b>	<b>100</b>	<b>131.082</b>

**Tabla No. 9.** Distribución por uso de los pozos del Valle del Cauca  
**Fuente:** Contraloría General de la República

#### CUENCA DEL VALLE DEL RÍO PATÍA

En esta cuenca se identificaron dos unidades acuíferas que pueden ser desarrolladas mediante pozos. La primera está constituida por la parte inferior de la Formación Galeón que constituye acuíferos de tipo libre a confinado de poca importancia, apta para consumo humano y riego. La segunda está conformada por los depósitos de abanico aluvial donde se encuentran acuíferos de extensión regional limitada y tipo libre con conductividades hidráulicas del orden de 200 m/día y espesores promedio de 60 metros.

También se localizan acuíferos libres de carácter local en los depósitos de llanura aluvial y en los depósitos de terraza. En ambos casos las conductividades hidráulicas son del orden de 125m/día y los espesores menores de 20 metros.

En el municipio de El Bordo (Cauca) sobre la cuenca del río Patía se explotan acuíferos del terciario y cuaternario aluvial mediante pozos cuyas características se resumen en la Tabla 10:

Litología	Tipo de acuífero	Profundidad promedio (m)	Espesor promedio del acuífero (m)	Uso pozo	Transmisividad m <sup>2</sup> /día	Caudal litro/segundo
Conglomerados, areniscas, gravas	Libres Semiconfinados	65	20	Abastecimiento público y doméstico	222,3	4.5-7

**Tabla No. 10.** Características generales de los acuíferos y pozos en el Valle del Río Patía  
**Fuente:** Datos estimados de la información disponible en el Banco Nacional de Datos Hidrogeológico del INGEOMINAS

Además se han identificado manantiales de tipo permanente en litologías de arenas del terciario y el cuaternario que son utilizados para abastecimiento doméstico y ganadería.

El agua subterránea en el Valle del Río Patía es poco dulce, bicarbonatada sódica y muy dura (HUGUETT,1989).

En el Banco Nacional de Datos Hidrogeológicos se registran 120 aljibes a 1993, 3 pozos y 12 manantiales en la cuenca del río Patía. Los aljibes se localizan en terrazas y cauces de los depósitos recientes, consumen menos de 5m<sup>3</sup>/día y se destinan, en general, para abastecimiento doméstico y en menor proporción para abastecimiento público, ganadería y riego. Los pozos, con profundidades

promedio de 70 metros tienen caudales variables entre 4.5 y 15.2 litros por segundo. Estos pozos captan de la Formación Galeón Inferior y se destinan para la ganadería.

#### **SUBCUENCA DE NEIVA**

“En la región de Neiva -Ibagué aparece un sistema acuífero semilibre en algunos lugares y semiconfinado en otros, conformado por un relleno aluvial cuaternario y una secuencia del terciario constituida por conglomerados y areniscas. Los pozos perforados en estos acuíferos tienen profundidades entre 70 y 110 metros con niveles estáticos de 20 a 38 metros y una producción que oscila entre 15-35 litros/segundo. El agua es de tipo bicarbonatada cálcica y moderadamente dura.” (HUGUETT, et.al. 1989).

En esta parte del Valle Superior del Magdalena se presentan aluviones de pequeño espesor y se han reportado acuíferos saturados principalmente en terrazas abandonadas al Norte de Neiva sobre los ríos Luisa y Saldaña. Hacia el sector de Llano Grande se localiza una llanura aluvial formada por los conos de los ríos Magdalena y Neiva entre el Hobo y Neiva donde se identifican acuíferos libres con aguas de buena calidad en sedimentos recientes de la llanura aluvial con niveles estáticos entre 10 y 15 metros y producción promedio de 20 litros/segundo y acuíferos confinados con bajos rendimientos en sedimentos consolidados del Terciario con agua de regular calidad (QUINTERO, 1983).

En el Banco Nacional de Datos Hidrogeológicos actualizado hasta el año 1993 aparecen registrados 73 manantiales, 63 aljibes y 39 pozos distribuidos en los municipios de Aipe, Villavieja, Neiva y Palermo. Los manantiales son de carácter permanente y se presentan por fracturas, contactos, filtración y en depresiones en sedimentos cuaternarios y en rocas sedimentarias del Terciario y Cretácico. Su ocurrencia se restringe a cauces abandonados, dolinas, llanuras aluviales y terrazas. Los manantiales se destinan principalmente para suplir necesidades de abastecimiento doméstico (45%), ganadería (23%), abastecimiento público (5%) e irrigación.

Los aljibes se encuentran principalmente en llanuras aluviales, terrazas y cauces aluviales del cuaternario. También se encuentran en rocas poco consolidadas de las formaciones Honda y Gigante. Se utilizan para la agricultura y ganadería principalmente.

Los pozos registrados han alcanzado acuíferos confinados en los niveles de gravas y arenas de las formaciones Honda y Gigante a profundidades promedio de 60 metros y ocasionalmente han tocado acuíferos del cretácico medio a una profundidad hasta de 950 metros. Se destinan a abastecimiento doméstico, abastecimiento público, industria, especialmente petrolera, e irrigación. En estos pozos se han aforado caudales desde 1 hasta 40 litros/segundo, con un promedio de 15 litros/segundo.

#### **ROCAS CON POROSIDAD PRIMARIA Y SECUNDARIA DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO**

En esta categoría se incluyen los acuíferos locales de extensión variable en rocas volcánicas piroclásticas y en rocas sedimentarias y volcánicas cementadas y fracturadas con permeabilidades moderadas a bajas que normalmente alojan aguas de regular calidad química.

En el Mapa Hidrogeológico de Colombia se observa que en los alrededores de Popayán y entre las dos cuencas anteriores se localizan acuíferos libres locales de extensión variable en rocas piroclásticas de composición intermedia de edad cuaternaria que corresponden a esta categoría. Los pozos perforados en estos depósitos indican una producción promedio de 6 litros/segundo y una capacidad

específica de 0.7 litro/segundo/metro según se reporta en la Memoria explicativa del Mapa Hidrogeológico de Colombia (1989).

Igualmente en los alrededores de Neiva se distinguen rocas cementadas de ambiente transicional depositadas durante el Cretácico Medio que constituyen acuíferos locales de extensión variable en areniscas y rocas calcáreas supeditados a la densidad de fracturamiento (Formación Caballos y Villeta). Estos acuíferos se presentan en la cartografía del Mapa Hidrogeológico de Colombia pero realmente no han sido objeto de estudio hidrogeológico. En el Banco Nacional de Datos no se encuentra referencia alguna o inventario de puntos de agua sobre estos acuíferos.

#### **SEDIMENTOS Y ROCAS CON POROSIDAD PRIMARIA Y SECUNDARIA SIN INTERÉS HIDROGEOLÓGICO**

En el contexto hidrogeológico se han caracterizado las rocas metamórficas paleozoicas, plutonitas de composición ácidas, intermedias y ultrabásicas terciarias y cretácicas de ambiente marino, metamorfitas depositadas en el cretácico y piroclásticas de composición ácida a intermedia terciarias, como unidades roca-sedimento impermeable y por lo tanto sin interés hidrogeológico. Sin embargo debe destacarse que no se han realizado estudios particulares sobre las condiciones de permeabilidad y porosidad secundaria a partir de las fracturas mediante aproximaciones al estudio del flujo en los medios fisurados teniendo en cuenta las fracturas una a una o asumiendo el conjunto como un medio continuo equivalente.

El área definida como carente de interés hidrogeológico abarca más del 70% del Macizo Colombiano.

#### **PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA DEL AMAZONAS**

En el sector suroriental del área delimitada para este estudio se encuentra la cuenca del Putumayo que forma parte de la Provincia Hidrogeológica del Amazonas. En este sector no se tienen estudios Hidrogeológicos pero por las condiciones geológicas del área y la alta precipitación es de esperarse que existan acuíferos locales de tipo libre y confinados desarrollados en las rocas sedimentarias poco cementadas de ambiente continental con permeabilidades moderadas a bajas por la proporción de arcillas involucrada en las litologías presentes y en los depósitos recientes de tipo aluvial y de terraza. También es muy probable que la calidad química sea muy regular por el alto contenido de hierro hacia la parte superior de las formaciones geológicas de edad Terciario y Cuaternario (Formación Pepino y depósitos aluviales).

En los depósitos cuaternarios supeditados a las márgenes de los grandes ríos, constituidos por sedimentos limosos, arenosos, arcillosos y de gravas deben presentarse acuíferos capaces de almacenar cantidades apreciables de agua subterránea de fácil captación (HUGUETT, 1989).

El límite oriental de esta cuenca es el Macizo de Garzón que desde el punto de vista hidrogeológico actúa como una barrera impermeable.

#### **BALANCE HÍDRICO DEMANDA - OFERTA**

#### **CONSIDERACIONES SOBRE LOS DIFERENTES USOS DEL AGUA**

Para la zona del Macizo Colombiano, el recurso hídrico superficial constituye la fuente básica de suministro para suplir las necesidades de consumo humano, esta situación se evidencia en que todos los

acueductos municipales se abastecen de ríos, quebradas y arroyos caracterizándose el aprovechamiento de múltiples fuentes.

En particular las ciudades de Pasto y Popayán con poblaciones urbanas superiores a los 150.000 habitantes surten sus sistemas de acueducto municipal de ríos como el Pasto y El Molino respectivamente; si bien se cuenta con caudales del orden de 1,5 m<sup>3</sup>/seg que en promedio representan una oferta estable durante el año, ya se han identificado condiciones de restricción para el abastecimiento futuro de estas corrientes y por ello se han puesto en marcha planes de aprovechamiento en cuencas vecinas.

Como característica general, los sitios de captación de los sistemas de acueducto no distan sustancialmente de la cabecera municipal; pero en condiciones particulares de desarrollo en la cuenca, con impactos antrópicos sobre el agua suministrada, se pueden encontrar captaciones alejadas del área urbana.

En cuanto a uso de agua con propósitos industriales se identifica el municipio de Caloto, el cual registra una dinámica particular acorde con el desarrollo de actividades económicas de esa zona. También se destacan los consumos de agua, para uso industrial, de los municipios de Popayán, Pasto y Mocoa.

Con relación al aprovechamiento de agua con fines agrícolas no se cuenta con reportes de infraestructura de gran irrigación en la zona del Macizo Colombiano, de manera que por este concepto solo se refiere al consumo de agua para pequeña irrigación estimado en más del 45% de la demanda total en municipios como Chaparral en el Tolima, Timbío en el Cauca, Buesaco en Nariño, y La Plata y Suaza en el Huila.

Otros municipios que registran altos consumos de agua con propósitos agrícolas son Bolívar, Silvia, Mercaderes, Totoró y Caloto en el Cauca; Taminango y San Lorenzo en Nariño y Pitalito y Pital en el Huila, entre otros.

Las actividades pecuarias en la zona del Macizo Colombiano son básicamente surtidas de agua a partir de corrientes superficiales, con un consumo total que representa la cuarta parte del utilizado en la modalidad de pequeña irrigación, distinguiéndose dos centros pecuarios importantes los de San Agustín en el Huila y Santa Rosa en el Cauca.

## INDICE DE ESCASEZ Y VULNERABILIDAD POR DISPONIBILIDAD DE AGUA

### AREA MUNICIPAL DE LA ZONA DEL MACIZO

Los municipios ubicados en el área orográfica del Macizo Colombiano, en general, presentan índices de escasez en las categorías de mínimo a no significativo, solamente el municipio de Caloto presenta categoría media para el año seco.

La vulnerabilidad por disponibilidad de agua es baja a media generalmente en las dos situaciones climáticas, seca y media, a excepción de los municipios de Florencia que es alta en ambos casos y Mercaderes cuya condición es alta para el año seco.

El anterior análisis está indicando, que hay una condición de oferta hídrica buena en estos municipios y una demanda aun baja; lo cual no refleja situaciones críticas en un período de tiempo a corto plazo.

En la Tabla No. 11 se incluye un resumen de los estimativos de las relaciones demanda-oferta, tanto para el año medio como para el año seco. En los mapas No. 8 y No. 9 se presenta el índice de escasez y la vulnerabilidad por disponibilidad hídrica de los municipios.

## CABECERAS MUNICIPALES DE LA ZONA DEL MACIZO

A partir de la identificación de las fuentes hídricas que abastecen los sistemas de acueducto que surten las cabeceras municipales, se estiman las relaciones demanda-oferta para la situación actual.

Las cabeceras de los 65 municipios de la zona del Macizo, se abastecen de agua superficial. En la Tabla No. 12 se incluye un resumen del índice de escasez y la vulnerabilidad por disponibilidad de agua, tanto para el año medio como para el año seco.

El índice de escasez en las cabeceras municipales del departamento del Cauca, para los años medio y seco, están en las categorías de medio alto a alto, presentándose en esta zona las condiciones más críticas dentro de la unidad orográfica del Macizo Colombiano, le siguen algunos municipios de los departamentos de Nariño y Huila.

En las categorías de baja a media se encuentran cabeceras de municipios ubicados en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Tolima. La vulnerabilidad por disponibilidad de agua en las fuentes que abastecen las cabeceras municipales es alta a muy alta en los departamentos de Cauca y Nariño; mientras que en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Tolima presenta categorías medias y bajas.

Finalmente las cabeceras municipales de Huila presentan categorías muy variadas; pero aparecen algunas con tendencia de categorías altas y muy altas, como Isnos, Nátaga y la Plata para el año medio e Iquira, Isnos, Pitalito, Nátaga y Oporapa para el año seco. Mapas 10 y 11.

El índice de escasez distribuido mensualmente, presenta las cabeceras municipales de los departamentos de Cauca y Nariño, como la condición más crítica, con categorías que oscilan entre medio alto a alto, tanto para el año seco como para el medio, solamente algunas cabeceras presentan una condición mínima en unos meses como por ejemplo Florencia, Sotará, Caldon, y Rosas en el departamento del Cauca. En el departamento de Nariño se observa que unas cabeceras municipales presentan índices entre no significativos y mínimos, caso de Arboledas, Belén, Buesaco, Colón, El Tablón, y San Pedro de Cartago (véase las Tablas No. 13 y 14).

La característica del índice de escasez en las cabeceras municipales de los departamentos de Huila, Caquetá y Putumayo se presenta más favorable en términos generales, por el régimen de precipitación que es el mayor en esta zona. Sin embargo, presentan condición, un poco crítica, las cabeceras municipales de Iquira, Isnos, La Plata, Pitalito, Nátaga y Tárqui, en el departamento del Huila, con categorías entre medio a medio alto y en algunos meses con la característica de alto. En el departamento del Tolima aparecen las cabeceras municipales de Planadas y Rioblanco entre medio a medio alto (véase las Tablas No. 13 y 14).

## PRESIONES SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

Como una fuerte presión sobre los recursos hídricos superficiales se identifica la ausencia generalizada de sistemas de tratamiento de las aguas residuales municipales y el vertimiento de estas a corrientes cercanas al área urbana, inclusive a aquellas que han sido utilizadas, agua arriba, para surtir a los sistemas de acueducto, como es el caso de los municipios de Pasto, Buesaco, Albán, Belén, Colón y San Pablo en Nariño, Tarqui en el Huila y Mocoa, San Francisco y Santiago en Putumayo (ver Tabla No. 15). Por esta condición se disminuye significativamente el potencial de uso de esas corrientes para suplir las necesidades de agua de las comunidades asentadas en las zonas bajas de estas cuencas.

Con base en evaluaciones regionales<sup>3</sup> se identifica que la casi totalidad de las fuentes de agua que abastecen los acueductos municipales del departamento del Cauca presentan problemas de contaminación por la utilización de agroquímicos en las partes altas de las cuencas, así como al vertimiento de aguas mieles de café, aguas servidas y aguas de escorrentía procedentes del pastoreo de ganado. Únicamente los municipios de Florencia, Santa Rosa, Rosas y Toribío, con las cuencas de las quebradas Las Palmas, San Bernardo, aguacate y Ufugu, Santa Bárbara e Isabelilla presentan condiciones sin alteración por vertimientos<sup>4</sup>.

En particular, se identifican vertimientos agropecuarios en los municipios de Timbío y Caloto que afectan los ríos Salado y Grande. En Piendamó, la quebrada Agua Vieja se encuentra sometida a vertimientos de residuos domésticos, al igual que en los ríos Desbaratado, Calambas y la quebrada El Molino en Miranda, Jambaló y Silvia respectivamente. En Corinto el río La Paila y la quebrada Chicharronal registran vertimientos domésticos y agropecuarios.

En el departamento de Nariño, se han identificado niveles de alteración por vertimientos domésticos y agrícolas que afectan las fuentes de abastecimiento superficial en los municipios de Pasto (Río Pasto), Buesaco (río Pajajoy), El Tablón (Qda. Chosalongo), San Pedro (Qdas. El Arenal y El Centro), La Cruz (Qda. Carrizal) y en La Unión (Qdas. Arenal y Los Molinos). Solamente la quebrada El Común en el municipio de Chachagüi no reporta alteraciones por vertimientos.

En el departamento del Putumayo, el municipio de Mocoa presenta alteración en la fuente abastecedora del acueducto por vertimientos domésticos, lo mismo que en los municipios de Colon, San Francisco, Santiago y Sibundoy. Además de la alteración a las fuentes superficiales se ha identificado la presión por infiltración de estos residuos líquidos que reduce el potencial de aprovechamiento de aguas subterráneas de la región.

En la zona del sur del Huila, donde predomina la producción agraria de economía campesina, se distinguen minifundios y medianas propiedades en algunas de las tierras más productivas, incluso en áreas de páramo, a las cuales se ha extendido la frontera agrícola. Para municipios como Santa Rosa y Mocoa se registran procesos de colonización interna y al contar con una superficie rural bastante extensa con poblamiento reducido se favorece el desarrollo de actividades agrícolas con características de monocultivos y reducidas consideraciones de sostenibilidad.

Al reducirse la calidad de las fuentes de abastecimiento de los acueductos municipales, en términos fisicoquímicos o bacteriológicos, los costos de tratamiento se incrementan notablemente para producir agua apta para consumo humano, aunado a las deficiencias de la infraestructura de los acueductos. Por esta razón, un número grande de poblaciones se encuentran expuestas a consumir agua con reducido grado de potabilización.

Otro aspecto que incide en las condiciones de calidad del agua en las corrientes que abastecen los sistemas de acueducto municipal está dado por el aporte de sedimentos que básicamente se manifiesta por aumentos significativos en los niveles de turbiedad y color. Esta situación tiene un impacto directo sobre los usuarios del servicio de acueducto, por cuanto en un buen porcentaje los sistemas de abastecimiento de las cabeceras municipales no poseen planta de tratamiento y al ingresar el agua a los tanques, con valores altos de color y turbiedad, en la mayoría de los casos se opta por suspender el suministro de agua a la red de distribución. En particular, municipios como Mocoa, Santiago y San Francisco, durante los meses de junio, julio y agosto, suspenden el servicio de acueducto por varias horas al día debido al incremento de los sedimentos en los ríos Mulato, Tamauco y Putumayo.

<sup>3</sup> Los Acueductos en el departamento del Cauca, CRC 1997

<sup>4</sup> Inventario Nacional de Calidad del Agua, Minsalud 1998

En el Mapa No. 12 se presentan las estimaciones de la presión sobre la calidad por vertimientos de aguas residuales, considerando el aporte de la población en centros urbanos a partir de un índice de generación de DBO por habitante que permite establecer un indicador de alteración de la calidad en los cuerpos de agua receptores de esos vertimientos. Así, igual cantidad de población puede generar un impacto gradual sobre una corriente que mantenga unas condiciones de cantidad de agua favorables para la dilución, en tanto que sobre un curso de agua menor puede generar efectos irreversibles durante un período de tiempo considerable. Por ejemplo, Pitalito genera una carga contaminante, en términos de DBO del orden de tres veces la generada por Mocoa, pero el caudal de dilución que ofrece el río Mocoa supera en más de cuatro veces el correspondiente al río Guarapas.

## CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS RÍOS DEL MACIZO COLOMBIANO

La caracterización de ciertos parámetros físico-químicos como turbiedad, pH, conductividad eléctrica, sulfatos, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto y demanda química de oxígeno, se basa en el análisis de las mediciones efectuadas por el IDEAM durante el período 1976 a 1995 en sitios de observación en los ríos Magdalena, Cauca, Putumayo y Pasto, así como en algunos afluentes del río Magdalena: Yaguará, Neiva, Saldaña y Suaza.

Teniendo como referencia las normas y criterios de calidad para diferentes usos con prioridad en abastecimiento a la población, y otros usos como pecuario flora y fauna, se analizan los registros de las variables mencionadas con el promedio anual y se interpreta su variación a través del tiempo y a lo largo del río, para aquellas corrientes que cuentan con más de una estación de observación (ver Tabla No. 16).

### RÍO MAGDALENA

El comportamiento de los parámetros analizados en las estaciones Puente Santander y Puente Balseadero, es similar durante el periodo 1976 a 1998 (ver Tabla No. 16 y gráfica 5). En general todos los parámetros se han mantenido sin sobrepasar las normas para agua potable, uso agrícola, flora y fauna (ver Tabla No. 17 a 19), pero en cuanto a turbidez se refiere se registran valores que superan los límites admisibles, y cuyo origen se relaciona con el transporte de sedimentos en suspensión aportados por la cuenca alta.

El pH obtenido oscila entre 6.0 y 7.5 unidades presentándose el 95% de los valores con tendencia a la neutralidad. La conductividad eléctrica oscila entre 73.8 y 143.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , por debajo de 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , valor máximo para indicar baja salinidad en el agua y por tanto considerada adecuada para riego (ver Tabla No. 17). La temperatura del agua que se obtuvo en el monitoreo fue la esperada con respecto a la altitud de las estaciones, no encontrándose alteraciones bruscas por contaminación térmica, (promedio mínimo de 17.2°C y máximo de 25.5°C).

El promedio obtenido para los nutrientes nitratos y ortofosfatos en el año 1996 en las estaciones Puente Santander (0.275 y 0.053 mg/L respectivamente) y Puente Balseadero (0.667 y 0.065 mg/L respectivamente) es bajo y refleja una concentración aceptable para los procesos bioquímicos de los organismos acuáticos.

El ión sulfato en el periodo 76 a 98, como se esperaba, es de baja concentración (promedio multinacional de 11.2 mg/L en Pte Santander y 4.5 mg/L en Pte Balseadero) ya que el aporte de sales es bajo y es consecuente con la conductividad.

Los valores promedios de oxígeno disuelto oscilan entre 6.5 y 8.8 mg/L durante el período 1988 a 1998, de manera que cumplen con los criterios de calidad para uso doméstico, pecuario, de flora y

Año	Corriente-Estación	Turbiedad UNT	Temp. °C	pH Unidades	Conductividad μS/cm	N-Nitratos mg/L	Sulfatos mg/L	Ortofosfatos mg/L	OD mg/L	DQO mg/L
76	Magdalena-Pte. Santander			7,4	74,3		76,7			
77	3,5,1			7,2	86,6		10,1			
78				6,9	101,6		9,2			
79				6,9	100,5		7,6			
81				7,0	115,7		7,2			
82				6,5	123,0		7,0			
83				6,8	107,2		7,5			
84				6,9	99,6		6,1			
85				6,7	109		8,7			
88			18,5	6,6	73,8		5,3		8,8	
89			17,7	6,7	99,5		5,5		7,9	
91				6,4	83,4		5,7		7,6	
92			21,4	6,6	97,5		9,7		7,6	
93				6,0	95,9		6,9		5,5	
94			23,7	6,0	127,3		4,2		6,7	15,8
96		82,6	24,0	7,1	140,1	0,2750	4,9	0,1	6,6	10,3
97		15,9	23,6	7,4	143,5		9,1		6,5	
98			25,5	7,3	131,5		10,3		7,7	
<b>Promedio general</b>		<b>49,2</b>	<b>22,0</b>	<b>6,8</b>	<b>107,7</b>	<b>0,28</b>	<b>11,2</b>	<b>0,1</b>	<b>7,2</b>	<b>13,0</b>
80	Magdalena-Pte. Balseadero	61,2	23,4	7,5	141,2		8,4		6,8	10,1
81	3,5,2			6,9	82,4		3,6			
82				6,6	98,2		3,5			
83				6,8	80,3		4,6			
84				6,9	79,5		3,3			
85				6,8	94,4		7,2			
86			17,2	6,7	65,1		7,9			16,1
89			18,0	6,8	76,9		2,2		7,9	
90				6,9	97,1		7,7		8,3	
91				6,5	75,4		2,6		8,0	
92			18,4	6,3	96,4		3,7		7,5	
93				6,2	85		2,5		6,6	
94			21,3	6,0	88,7		0,6		8,0	8,8
96		119,6	21,1	6,8	91,1	0,6670	3,0	0,1	7,6	14,9
97		6,9	20,9	7,3	91,7		6,9		7,5	
98		19,0	22,9	7,5	100		9,9		7,8	
<b>Promedio general</b>		<b>51,8</b>	<b>20,4</b>	<b>6,7</b>	<b>95,9</b>	<b>0,6670</b>	<b>4,5</b>	<b>0,1</b>	<b>7,6</b>	<b>13,8</b>

**Tabla No. 16.** Promedios anuales de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua en ríos del Macizo Colombiano

Año	Corriente-Estación	Turbiedad UNT	Temp. °C	pH Unidades	Conductividad µS/cm	N-Nitratos mg/L	Sulfatos mg/L	Ortofosfatos mg/L	OD mg/L	DQO mg/L
76	Saldaña - Palmalarga		21,0	7,3	94,6		6,6		7,6	
77	3,5,3			6,9	99,9		4,7			
78				6,6	99,5		3,9			
79				6,8	104SF,3		2,9			
80				6,7	103,1		3,9			
81				6,5	136,3		0			
83				6,5	110,8		2,6			
84				6,8	112,4		2,2			
86				6,3	117,3		3,7			
90			22,3	6,5	112,3		2,4		7,1	
91				5,7	99,8		2,2		8,5	
92				5,9	106,0		2,3			
93				6,1	139,0		3,4		8,3	
95				6,3	113,5		4,4			
96			22,0	6,1	122,8		4,6		8,1	20,8
97			21,7	7,7	110,4		6,5		7,7	39,6
98			25,0	7,9	139,4				8,5	
<b>Promedio general</b>			<b>22,4</b>	<b>6,7</b>	<b>111,6</b>		<b>3,5</b>		<b>7,8</b>	<b>30,2</b>
83	Yaguará - Hda. El Jardín	197,9	22,6	6,5	119,5		4,7		8,0	30,2
84	3,5,4			6,8	115,4		4,2			
85				7,2	132,1		7,5			
86			17,2	7,1	120,8		12,3			
87			22,8	7,3	120,9		6,9		7,5	
88			17,3	6,4	128,8		7,4		8,3	
89			17,8	7,0	127,2		6,5		7,8	
90				7,0	147,1		6,7		9,3	
91				6,6	148,4		5,2		7,6	
92			27,1	6,3	170,9		6,8		6,9	
93				6,2	150,7		4,8		6,9	
94			23,7	6,1	154,6		1,0		7,6	
96		95,3	25,0	6,7	160,4		3,0		7,5	9,1
97		24,9	25,0	7,6	182,0		9,3		7,2	
98			28,0	7,2	260,0		19,0		7,0	35,5
<b>Promedio general</b>		<b>106,0</b>	<b>22,6</b>	<b>6,0</b>	<b>149,2</b>		<b>6,4</b>		<b>7,8</b>	<b>21,3</b>

**Continuación tabla No. 16.** Promedios anuales de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua en ríos del Macizo Colombiano

Año	Corriente-Estación	Turbiedad UNT	Temp. °C	pH Unidades	Conductivida- d µS/cm	N-Nitratos mg/L	Sulfatos mg/L	Ortofosfatos mg/L	OD mg/L	DQO mg/L
84	Yaguará - Hda. Venecia	26,2	25,1	7,6	183,3		8,0		7,3	15,8
85	3,5,5			7,1	126,3		8,5			
86			17,0	7,1	122,8		12,6			
87				7,1	120,3		5,8			
88			16,8	6,7	121,2		7,8			
89				6,6	116,1		5,3			
90				7,0	146,5		6,8			
91				6,1	129,5		4,8		6,9	
92			29,2	6,3	164,2		5,1		7,1	
93				6,1	147,7		3,4		7,4	
94			24,2	6,0	152,3		1,2		7,9	
96		98,0	25,7	6,9	156,8	4,0	3,1		7,6	12,2
97		26,4	25,7	7,6	175,9		8,1		7,0	
98		19,0	28,7	7,9	163,5		4,1		7,5	41,1
<b>Promedio general</b>		<b>59,8</b>	<b>22,5</b>	<b>6,9</b>	<b>142,1</b>	<b>4,0</b>	<b>6,4</b>		<b>7,3</b>	<b>16,6</b>
83	Neiva - Pte. Mulas	18,1	25,9	7,5	171,1	4,0	5,5		7,3	16,1
85	3,5,6			7,1	123,3		8,0			
86			17,0	7,1	121,9		13,8			
87			19,3	7,1	120,7		11,4		7,7	
88			18,0	6,5	116,6		10,4		7,9	
89			17,0	6,9	116,2		4,3		7,9	
91				6,8	109,2		5,9		6,9	
92			17,4	6,6	118,6		6,7		7,4	
93				6,0	110,5		3,0		3,3	
94			22,5	6,1	105,0		2,8		7,7	
96		296,5	19,2	6,4	140,0		2,9		8,3	13,4
97		114,3	20,1	7,5	153,7		7,1		8,0	
98			22,1	7,6	152,0		3,4		8,0	3,5
<b>Promedio general</b>		<b>142,9</b>	<b>19,8</b>	<b>6,8</b>	<b>128,7</b>	<b>4,0</b>	<b>6,7</b>		<b>7,7</b>	<b>11,0</b>
84	Suaza - Pte. Garces		19,3	7,4	61,5		4,1		8,0	7,3
85	3,5,7			6,7	67,6		3,7			
86			17,3	6,9	57,4		5,1			
87				6,4	57,2		1,2			
88			17,5	6,6	70,0		4,7			
89				6,7	64,0		1,1			
90				6,8	56,3		1,2			
91				6,5	66,5		1,7		7,8	
92			19,4	6,5	70,3		4,9		7,3	
93				6,0	71,0		0,6		5,9	
94			21,7	5,8	67,4		0,5		8,0	
96		44,7	21,8	7,2	64,7		1,1		7,8	9,4
97		13,1	22,0	7,2	72,2		6,5		7,7	
98			24,0	7,5	75,0		3,0		7,2	
<b>Promedio general</b>		<b>28,8</b>	<b>20,1</b>	<b>6,6</b>	<b>65,8</b>		<b>3,0</b>		<b>7,4</b>	<b>6,4</b>

Continuación tabla No. 16. Promedios anuales de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua en ríos del Macizo Colombiano

Año	Corriente-Estación	Turbiedad UNT	Temp. °C	pH Unidades	Conductividad µS/cm	N-Nitratos mg/L	Sulfatos mg/L	Ortofosfatos mg/L	OD mg/L	DQO mg/L
84	Pedernal - Hidroeléctrica	39,2	22,0	7,3	71,2		5,1		7,7	
85	3,5,8			7,0	115,3		4,9			
86			17,0	7,0	101,3		13,7			
87				7,0	111,9		3,5			
88			14,8	6,4	102,3		4,7			
90				7,0	116,2		3,4			
91				6,5	107,8		2,4		7,6	
92			25,7	6,4	132,7		3,2		7,6	
93				6,0	119,5		2,7		6,9	
96		66,7	24,5	6,7	146,8		2,7		7,6	6,3
97		38,5	24,6	7,8	169,5		6,9		7,4	
98			26,0	7,8	175,0				7,2	
<b>Promedio general</b>		<b>48,3</b>	<b>22,0</b>	<b>6,9</b>	<b>122,3</b>		<b>4,8</b>		<b>7,6</b>	<b>6,3</b>
89	Orteguaza - Venecia			6,1	30,0		0			
92	3,5,9			6,2	41,8		0,9			
93				6,6	33,3		0,1			
94				5,3	78,7		1			
95		23,7		5,7	27,3		4,6			
<b>Promedio general</b>		<b>27,2</b>	<b>24,0</b>	<b>6,0</b>	<b>42,2</b>		<b>1,3</b>		<b>7,2</b>	
87	Caquetá - Angosturas	23,7		6,0	41,7		2,5			
88	3,5,10		14,8	4,9	75,0		2,0		6,2	
89				6,3	75,8		0,8		8,2	
90				5,8	87,4		2,6		8,6	
91				6,4	79,8		4,2		8,6	
93				6,1	83,2		1,7		7,8	
94				5,9	80,0		1,0		8,0	
95		86,3		5,6	62,3		2,9		8,8	
96				6,1	55,7		3,3			
97		5,4		7,5	82,0					
<b>Promedio general</b>		<b>38,4</b>	<b>14,8</b>	<b>5,9</b>	<b>83,0</b>		<b>2,3</b>		<b>8,3</b>	
87	Pasto - Universidad			5,8	65,1		3,2		8,6	
88	3,5,11		15,5	4,7	360,9		0,4		2,4	
90				5,3	285,8		2,1		3,5	
91				5,6	401,1		8,0		2,9	
92				6,5	466,3		8,0		0,8	
93				5,3	390,9		2,4		3,2	
94			12,6	5,1	311,0		5,3		3,7	
95		142,7		5,5	358,3		2,4		0,5	
96		196,2		5,3	330,4		4,5		6,4	54,5
97				5,3	548,0		5,1		4,5	134,2
<b>Promedio general</b>		<b>169,5</b>	<b>14,0</b>	<b>5,3</b>	<b>329,1</b>		<b>3,8</b>		<b>3,7</b>	<b>94,3</b>

Continuación tabla No. 16. Promedios anuales de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua en ríos del Macizo Colombiano

Año	Corriente-Estación	Turbiedad UNT	Temp. °C	pH Unidades	Conductividad µS/cm	N-Nitratos mg/L	Sulfatos mg/L	Ortofosfatos mg/L	OD mg/L	DQO mg/L
84	Pedernal - Hidroeléctrica	39,2	22,0	7,3	71,2		5,1		7,7	
85	3,5,8			7,0	115,3		4,9			
86			17,0	7,0	101,3		13,7			
87				7,0	111,9		3,5			
88			14,8	6,4	102,3		4,7			
90				7,0	116,2		3,4			
91				6,5	107,8		2,4		7,6	
92			25,7	6,4	132,7		3,2		7,6	
93				6,0	119,5		2,7		6,9	
96		66,7	24,5	6,7	146,8		2,7		7,6	6,3
97		38,5	24,6	7,8	169,5		6,9		7,4	
98			26,0	7,8	175,0				7,2	
<b>Promedio general</b>		<b>48,3</b>	<b>22,0</b>	<b>6,9</b>	<b>122,3</b>		<b>4,8</b>		<b>7,6</b>	<b>6,3</b>
89	Orteguaza - Venecia			6,1	30,0		0			
92	3,5,9			6,2	41,8		0,9			
93				6,6	33,3		0,1			
94				5,3	78,7		1			
95		23,7		5,7	27,3		4,6			
<b>Promedio general</b>		<b>27,2</b>	<b>24,0</b>	<b>6,0</b>	<b>42,2</b>		<b>1,3</b>		<b>7,2</b>	
87	Caquetá - Angosturas	23,7		6,0	41,7		2,5			
88	3,5,10		14,8	4,9	75,0		2,0		6,2	
89				6,3	75,8		0,8		8,2	
90				5,8	87,4		2,6		8,6	
91				6,4	79,8		4,2		8,6	
93				6,1	83,2		1,7		7,8	
94				5,9	80,0		1,0		8,0	
95		86,3		5,6	62,3		2,9		8,8	
96				6,1	55,7		3,3			
97		5,4		7,5	82,0					
<b>Promedio general</b>		<b>38,4</b>	<b>14,8</b>	<b>5,9</b>	<b>83,0</b>		<b>2,3</b>		<b>8,3</b>	
87	Pasto - Universidad			5,8	65,1		3,2		8,6	
88	3,5,11		15,5	4,7	360,9		0,4		2,4	
90				5,3	285,8		2,1		3,5	
91				5,6	401,1		8,0		2,9	
92				6,5	466,3		8,0		0,8	
93				5,3	390,9		2,4		3,2	
94			12,6	5,1	311,0		5,3		3,7	
95		142,7		5,5	358,3		2,4		0,5	
96		196,2		5,3	330,4		4,5		6,4	54,5
97				5,3	548,0		5,1		4,5	134,2
<b>Promedio general</b>		<b>169,5</b>	<b>14,0</b>	<b>5,3</b>	<b>329,1</b>		<b>3,8</b>		<b>3,7</b>	<b>94,3</b>

Continuación tabla No. 16. Promedios anuales de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua en ríos del Macizo Colombiano

Año	Corriente-Estación	Turbiedad UNT	Temp. °C	pH Unidades	Conductividad μS/cm	N-Nitratos mg/L	Sulfatos mg/L	Ortofosfatos mg/L	OD mg/L	DQO mg/L
89	Pasto - Bocatoma Centenario			5,3	57,7		4,6		5,5	92,0
90	3,5,12			6,8	60,1		0,7		7,7	
91				6,0	60,6		1,3		8,4	
92				6,6	64,7		0,4		7,3	
93				6,0	78,4		1,1		7,8	
94			12,3	5,9	69,7		0,3		8,2	
95		10,9	16,0	5,8	77,8		1,5		8,7	
96		18,0		5,8	62,0		3,3		7,9	22,2
97		2,3		6,2	65,0		2,3		8,2	20,7
90		9,9		6,0	63,0		3,0		8,0	21,3
<b>Promoción general</b>		<b>10,2</b>	<b>14,3</b>	<b>6,0</b>	<b>70,0</b>		<b>1,8</b>		<b>7,8</b>	<b>39,0</b>
89	Pasto Providencia	12,5	15,3	5,8	72,2		1,9		8,3	24,2
90	3,5,13			6	164,9		10,6		8,9	
91				6,3	164		4,5			
94				5,9	202,8		0,1		8,1	
95		44,3		5,8	172,6		1,6		8,7	
96		12,2		5,2	235,0		1,6			
<b>Promoción general</b>		<b>23,0</b>	<b>15,3</b>	<b>5,9</b>	<b>168,5</b>		<b>4,0</b>		<b>8,5</b>	<b>24,2</b>
90	Cauca - La Salvajina	22,5		6,6	72,3	0,1	19,5	0,2	5,5	9,6
91	3,5,14	20,0		6,8	73,0	0,1		0,1	3,7	15,8
<b>Promoción general</b>		<b>21,2</b>		<b>6,7</b>	<b>72,6</b>	<b>0,2</b>	<b>19,5</b>	<b>0,3</b>	<b>4,5</b>	<b>12,7</b>
95	Putumayo - El Edén	21,2		6,4	115,7	0,1	13,5	0,1	4,2	19,5
97	3,5,15	5,9	13,2	5,7	62,2		3,8		7,7	15,1
98							3,0		7,7	78,7
<b>Promoción general</b>		<b>13,5</b>	<b>13,2</b>	<b>6,1</b>	<b>91,4</b>	<b>0,1</b>	<b>6,8</b>	<b>0,1</b>	<b>6,5</b>	<b>37,5</b>
93	Putumayo - Canal A	16,7	13,2	6,2	66,9	0,1	10,5	0,1	5,4	22,4
97	3,5,16	23,8		6,2	87,3		5,2		7,6	25,4
<b>Promoción general</b>		<b>20,4</b>	<b>13,2</b>	<b>6,2</b>	<b>77,1</b>	<b>0,1</b>	<b>8,3</b>	<b>0,1</b>	<b>5,6</b>	<b>22,8</b>

**Continuación tabla No. 16.** Promedios anuales de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua en ríos del Macizo Colombiano

fauna; pero en el caso de la demanda química de oxígeno, los registros correspondientes a 1994 y 1996 evidencian una condición que supera la concentración límite para consumo humano y por ende también restringe el uso con otros propósitos.

## RÍOS AFLUENTES DEL RÍO MAGDALENA

### Río YAGUARÁ

Observando los resultados obtenidos en los muestreos efectuados, tanto el río Yaguará como en su afluente el río Pedernal (ver gráfica 6), se manifiesta una composición química similar; sin embargo en cuanto a demanda química de oxígeno y turbiedad existen diferencias significativas, pues en el río Pedernal (a la altura de la estación Hidroeléctrica) se reportan demandas químicas de oxígeno del orden de 6 mg/L y

turbiedad cercana a las 48 UNT, en tanto que sobre el río Yaguará, la estación Hacienda Venecia, reporta valores que sobrepasan lo esperado para aguas naturales y para potabilidad (D.Q.O < 10 mg/L y turbiedad < 5 UNT, Tabla No. 17); finalmente en la estación Hacienda El Jardín aumenta significativamente la turbiedad a 106 UNT debido posiblemente al aporte que ha entregado el río Pedernal y a los vertimientos de materia orgánica y materiales en suspensión del municipio de Teruel y caseríos ribereños.

En las anteriores estaciones, el promedio multianual de pH es de 6.9 unidades, correspondiendo a aguas con tendencia a la neutralidad. La conductividad eléctrica presenta valores por debajo de 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , como resultado de la baja salinidad y por ende los sulfatos también se presentan en baja concentración con un promedio multianual de 6.4 mg/L.

Los niveles de oxígeno disuelto, a nivel medio multianual se encuentran entre 7.6 y 7.9, y en términos generales las condiciones de calidad en los ríos Yaguará y Pedernal, evaluadas en los mencionados puntos, indican la posibilidad de aprovechamiento para uso agrícola, de fauna o flora. (Ver Tablas Nos. 17 a 19).

### RÍOS NEIVA, SALDAÑA Y SUAZA

El comportamiento fisicoquímico de estos tres ríos, afluentes del río Magdalena, es muy similar durante los años de estudio 1983 a 1998 (ver gráfica 3.3), se caracteriza por aguas con un pH entre 6.5 y 6.8 unidades y conductividad inferior a 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que las define como de baja salinidad y aptas para riego (ver Tabla No. 18).

La presencia de sulfatos es baja, con concentraciones cercanas a 14 mg/L en el río Neiva (estación Puente Mulas) e inferiores a 6.5 mg/L en el río Suaza (estación Puente Garces).

Las aguas para irrigación pueden clasificarse según su conductividad eléctrica a 25°C

Rango	Clasificación
CE 25°C < 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Aguas no salinas
250 < CE 25°C < 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Aguas con salinidad media
750 < CE 25°C < 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Aguas con salinidad fuerte
2250 < CE 25°C < 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Aguas con salinidad muy fuerte
5000 < CE 25°C < 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Aguas con salinidad excesiva

**Tabla No. 17.** Calidad de las aguas de irrigación

**Fuente:** J. Rodier. Análisis de las Aguas. Barcelona, España.

Personal del Laboratorio de Salinidad de los E.U.A Diagnóstico y Rehabilitación

Parámetro	Expresado en	Ministerio de Salud		O.M.S		
		Valor admisible	Valor deseable	Concentración aceptable	Concentración admisible	Concentración límite
Turbiedad	Unidades Nefelométricas	5	1	5	50	
Sulfatos	Mg/L	250		200	400	
PH	Unidades	6,5 - 9,0	7,0 - 8,5	7,0 - 8,5	6,5 - 9,2	
Nitratos	Mg/L $\text{NO}_3^-$	45				45
D.Q.O	Mg/L $\text{O}_2$					10
O.D	Mg/L $\text{O}_2$					Mínimo 5 (Norma Europea)

**Tabla No. 18.** Normas y criterios de calidad física y química para agua potable

**Fuente:** Decreto No. 2105 del 26 de Julio/83. Ministerio de Salud.

J. Rodier. Análisis de las Aguas. Barcelona, España.

Parámetro	Expresado en	Ministerio de Salud		
		Valor admisible		
		Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina
PH	Unidades	6,5 - 9,0	4,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Nitratos	Mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	100		
O.D	Mg/L O <sub>2</sub>	5,0	4,0	4,0

**Tabla No. 19.** Normas y criterios de calidad admisible para uso pecuario, flora y fauna.

**Fuente:** Decreto No. 1594 del 26 de Junio/83. Ministerio de Salud.

El nitrógeno y el fósforo deberán estar en proporción que no ocasionen eutroficación

La demanda química de oxígeno en los ríos Neiva y Suaza se encuentra en 11.0 y 6.4 mg/L como promedio multianual respectivamente; el río Saldaña en la estación Palmalarga aumenta a 30.2 mg/L seguramente ocasionado por el aporte de materia orgánica de los residuos agrícolas. El oxígeno disuelto se encuentra en los tres ríos afluentes dentro del rango 7.2 a 7.7 mg/L como promedio multianual, indicando que son aguas con buena oxigenación y por ende aptas para múltiples usos (Ver Tabla No. 18 y Tabla No. 19).

## RÍO PASTO

El análisis de calidad de agua en el río Pasto, que surte de agua al acueducto municipal de Pasto, a partir de los tres sitios de medición con que cuenta el IDEAM (ver Tabla No. 16) permite identificar claramente el efecto que sobre el recurso se ejerce como consecuencia del vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas. En particular para el período 1987 a 1998 se observa un aumento significativo de la turbiedad, del orden de 7 veces, entre los sitios bocatoma y universidad (ver gráfica 9).

En cuanto a las condiciones de pH, se nota una disminución hacia aguas abajo en el río y esta tendencia a la acidez puede estar asociada con el vertimiento de residuos agrícolas e industriales.

La conductividad eléctrica en el sitio Bocatoma Centenario presenta valores bajos entre 57.7 y 78.4  $\mu\text{S/cm}$  interpretándose de salinidad baja (<250  $\mu\text{S/cm}$ ) debido a que en este punto aún no hay descargas de vertimientos con contenido alto de sales disueltas; en la estación hidrológica Providencia se incrementa presentando valores que oscilan entre 72.1 y 235  $\mu\text{S/cm}$ , considerándose agua de salinidad media (250 – 750  $\mu\text{S/cm}$ ), y a la altura de la estación Universidad los valores de conductividad cercanos a 450  $\mu\text{S/cm}$  denotan un incremento debido al vertimiento de aguas servidas de los municipios cercanos y especialmente de la ciudad de Pasto.

El oxígeno disuelto muestra igualmente el deterioro del río a través de las tres estaciones. En Bocatoma y Providencia los valores oscilan entre 5.5 y 8.7 mg/L y 8.1 y 8.8 mg/L respectivamente; pero al llegar a la estación Universidad el río se ve afectado notoriamente por la disminución de O.D presentando una mayor tendencia a valores por debajo de 3.5 mg/L, lo que indica condiciones anóxicas para la vida acuática y deterioro del río. En este sitio ha recibido todas las descargas de origen doméstico, industrial y agrícola de la ciudad de Pasto y municipios aledaños, ocasionando que esta fuente no sea útil para consumo humano e igualmente afecta la sobrevivencia de los peces que requieren de una

concentración de O.D > de 4.0 mg/L (ver Tabla No. 19). La demanda química de oxígeno, de igual forma, demuestra la presencia de vertimientos de materia orgánica y la poca capacidad de autodepuración del río, sobretodo en el sitio de la estación Universidad en donde se presentan los valores más altos de D.Q.O con un promedio multianual de 88.6 mg/L.

En lo referente al ión sulfato se presentaron valores bajos (por debajo de 10.6 mg/L), debido a que no hay presencia de sales de sulfatos en esta región. La turbiedad presenta un incremento gradual en las tres estaciones, obteniéndose en la Bocatoma promedio multianual de 10.2 UNT, en Providencia de 19 UNT y en Universidad superior a 160 UNT, indicando aporte de sedimentos y material en suspensión en los vertimientos.

### Río CAQUETÁ

Los valores multianuales observados de pH en los ríos Caquetá (estación Angosturas) y Orteguzza (estación Venecia) son del orden de 6.0 unidades y muestran una tendencia hacia la acidez debido probablemente a la descarga de residuos agrícolas de la zona. La conductividad encontrada en sus aguas es menor de 150  $\mu$ S/cm, correspondiendo a salinidad baja. La concentración del ión sulfato es igualmente baja, con promedio multianual de 1.3 mg/L en el río Orteguzza y 2.3 mg/L en el río Caquetá indicando que no hay influencia de sales provenientes de sulfatos (ver gráfica 10).

Finalmente, las condiciones de oxígeno disuelto para los tramos en los cuales se encuentran las estaciones mencionadas, es alto en estos dos ríos, de 7.2 mg/L en el río Orteguzza y 8.3 mg/L en el río Caquetá, lo cual determina un ambiente acuático apropiado para el desarrollo de fauna y flora.

### Río PUTUMAYO

El comportamiento del pH durante los años 1993 a 1998 en el río Putumayo, evaluado en las estaciones Edén y Canal A, es ligeramente estable alrededor de 6 unidades siendo aguas levemente ácidas, debido en gran parte, por la presión agrícola ejercida en el valle de Sibundoy. La conductividad eléctrica, inferior a 250  $\mu$ S/cm, indica aguas de baja salinidad y en consecuencia las concentraciones de ión sulfato son bajas, con promedios multianuales cercanos a 7 mg/L en El Edén y 8 mg/L en Canal A (ver gráfica 11).

Los nutrientes analizados en el año 1995 en la estación hidrológica El Edén y en 1993 en Canal A, en términos de nitratos y ortofosfatos presentaron una concentración de 0.0696 mg/L que es apropiado para los procesos bioquímicos de los organismos acuáticos.

La turbidez aunque no es muy elevada, sobrepasa los 5 UNT que es lo admisible para agua potable, originado por la presencia de sedimentos que aporta la parte alta de la cuenca del río.

El promedio multianual de O.D es de 6.5 mg/L (ver Tabla No. 16), siendo aceptable para la vida ictiológica del río (ver Tabla No. 3.14). La D.Q.O en Canal A presenta un promedio multianual de 23.9 mg/L y en El Edén aumenta a 37.5 mg/L encontrándose por encima de 10 mg/L que es lo aceptable para un cuerpo de agua superficial, seguramente por que ya en estos sitios han recibido las aguas servidas de los municipios de Sibundoy, San Francisco y lo aportado por el Valle de Sibundoy por materia orgánica.

### Río CAUCA

Con base en los registros de parámetros de calidad del agua en La estación La Salvajina, reportados por la Corporación del Valle del Cauca, para los años 1990 y 1991 se puede afirmar que las condiciones de pH manifiestan una tendencia a la neutralidad, la conductividad eléctrica es baja con

promedio de 73  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los nitratos y fosfatos de igual forma aparecen en valor muy bajo y los sulfatos con una concentración de 19.5 mg/l.

El oxígeno disuelto aunque no es bajo en este sector, registra en promedio multianual de 4.5 mg/L, debiéndose probablemente al vertimiento de aguas residuales de municipios y caseríos ribereños; sin embargo la D.Q.O presenta valores en promedio multianual de 13 mg/L que indican la acción de autodepuración del río y el efecto favorable de la represa sobre las condiciones de recuperación de la calidad del agua.

## COMPORTAMIENTO DE LOS SEDIMENTOS EN EL MACIZO COLOMBIANO

Con base en la caracterización hidrológica, descrita anteriormente, se analizó el comportamiento morfológico de los ríos que comprende el sistema fluvial originado en el gran Macizo Colombiano. En el mapa 13 se puede observar la distribución de las isolíneas de concentración de sedimentos en la parte alta de las cinco cuencas que conforman la estrella fluvial de Colombia.

### RÍO MAGDALENA.

La cuenca alta del río Magdalena se caracteriza por presentar variaciones en las concentraciones de sedimentos, las cuales oscilan de 165 mgrs/litro, río Iquira en Bocatoma, a 2092 mgr/litro en el río Saldaña, estación hidrológica Piedras de Cobre. Se destacan como áreas de mayor producción de sólidos por unidad de solución (sólido + líquido) las cuencas de los ríos Yaguará, Saldaña, como la de mayor concentración, la microcuenca del río Motilón, afluente del río Ceibas y la del río Cabrera.

El río que registra la menor concentración es el Iquira (165 mgrs/l) y le siguen en orden el río Venado, tributario del río Cabrera y Sardinas, afluente del Saldaña. El transporte, la concentración y la producción de los sedimentos por kilómetro cuadrado para el área de influencia del río Magdalena en el Macizo Colombiano se observan en la Tabla No. 19

### RÍO CAUCA

La cuenca del Alto Cauca, cuyo origen se inicia en el páramo de Sotará, vértice de las cordilleras occidental y central, y cuya salida se considera hasta las inmediaciones de la ciudad de Cali, se caracteriza porque sus cuencas aportan al cauce sedimentos de origen laminar y los producidos por la socavación del lecho y la erosión de sus propias orillas, en concentraciones que oscilan entre 155 y 770 mgr/l, resaltando la parte mas alta de la cuenca, 3000 m.s.n.m., donde se encuentra ubicada la estación Pte. Aragón sobre el río Cauca con 768 mgrs/l o ppm. E igualmente a la altura de Popayán la concentración disminuye sustancialmente a 156 mgrs/l, como consecuencia de la atenuación que se experimenta por el cambio de pendiente en este sitio.

En otras cuencas como la del río Palo, en Pto. Tejada, la concentración llega a 550 grs/l, considerándose como media. Para el total de la parte alta de la cuenca del río Cauca los valores característicos del transporte y concentración se pueden observar en la Tabla No. 19

### RÍO PATÍA

Esta zona caracterizada por ser la de mayor producción de sedimentos, dentro del área de influencia del Macizo Colombiano, es debido a su constitución geológica, de zonas escarpadas de alta pendiente y de escasa cobertura vegetal que conforman los cañones de los ríos Guaitara y Juanambú.

Las concentraciones registradas alcanzan valores mayores a 2000 mgrs/litro en promedio multianual a la altura de la estación hidrológica Pte. Guasca en río Patía, como contraste, la zona de menos producción de sedimentos se observa que corresponde a la parte alta de la cuenca del río Patía con 455 mgrs/l., considerándose como un valor bajo dentro de la relación con la concentración media de todo el conjunto de la cuenca. Los datos más significativos que caracterizan la producción y transporte de sedimentos de la región se pueden observar en la Tabla No. 19

#### RÍO PUTUMAYO

La parte alta del río Putumayo se destaca por las bajas concentraciones que presenta, en donde se muestran valores menores a 100 mgrs/litro, especialmente en los ríos Guamuéz y Guineo con concentraciones entre 25 y 58 mgrs/l respectivamente.

En los ríos Sucio y Putumayo, a la altura de El Edén, las concentraciones son del orden de 183 mgrs/litro, que representa un transporte de materiales en suspensión de 490 toneladas por día promedio. Cabe destacar que en la zona de Sibundoy-Colón, parte alta del río Putumayo, existe dentro las fuentes que llegan al distrito de riego un gran aporte de sedimentos que dificultan el manejo adecuado del drenaje de dicho distrito. Tabla No. 19

#### RÍO CAQUETÁ.

El área de influencia del río Caquetá en el Macizo Colombiano, considerado hasta aguas arriba de la confluencia del río Mocoa, se distingue por su baja producción de sedimentos, oscilando la concentración entre 40 y 450 mgrs/l. La cuenca con mayor aporte de sólidos en suspensión es la del río Orteguzza con 435 ppm. y le sigue la del río Mocoa con 413 ppm.

La cuenca de menor producción corresponde a la parte alta del Caquetá, en donde la estación hidrológica Las Papas registra solamente 42 ppm o mgrs/l. Los demás valores que caracterizan esta cuenca se encuentran en la Tabla No. 19

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Conductividad Eléctrica:** Es la propiedad de la conducción de la corriente eléctrica por soluciones que contienen sales solubles, electrolitos; siendo el indicador del contenido de sales disueltas en el agua. Las unidades son  $\mu\text{S/cm}$  (microSiemens por centímetro).

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Representa la capacidad de captar oxígeno que poseen ciertas sustancias reductoras presentes en el agua. Estas necesidades de oxígeno, al margen de todo proceso biológico, se denomina Demanda Química de Oxígeno o DQO.

**Oxígeno Disuelto (OD):** Es la cantidad de oxígeno en disolución que contiene una muestra de agua. Las concentraciones de OD en aguas naturales dependen de las características fisicoquímicas y la actividad bioquímica de los organismos en los cuerpos de agua.

**pH:** Es un valor numérico u operador adimensional que se relaciona con el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno. Su variación proviene de los procesos naturales, pero también son ocasionadas por la interacción de los procesos antrópicos. Un pH elevado indica una baja

concentración de iones  $H^+$ , y por tanto una alcalinización del medio. Por el contrario, un ph bajo indica una acidificación del medio.

**Turbidez:** En el agua se debe a la presencia de materias en suspensión finamente divididas: arcillas, limos, granos de sílice, materia orgánica, etc., disminuyendo la transparencia y penetración de la luz. Se expresa usualmente en UNT (unidades nefelométricas de turbidez).

## CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS Y LAS TIERRAS

### CONSIDERACIONES GENERALES

Los suelos y las tierras son un componente de los sistemas naturales, que ofrecen soporte y sustento a las plantas. Son el resultado de factores físicos, naturales y ambientales, los cuales regulan los procesos geodinámicos, biogeoquímicos y ecológicos responsables de la estabilidad y oferta biológica, ligados en conjunto a la sostenibilidad. Cumplen funciones hidrodinámicas y ecológicas de gran significado en la captación y regulación de las aguas de lluvia y de escorrentía en los sistemas cordilleranos, así como en la conservación de la biodiversidad. La actividad antrópica desordenada puede alterar o degradar el desempeño de las funciones fundamentales de los suelos y las tierras y de sus manifestaciones en los procesos físicos y biológicos. El área de estudio ha estado sometida a dinámicas internas y externas muy activas.

En este capítulo se determinan las características físicas, químicas, biológicas, mineralógicas y dinámicas físicas y geoquímicas de la estructura geopedológica, compuesta por la morfoestructura geológica, formación superficial, suelos y ambiente de biodegradación. Se trata de evaluar los estados ambientales de los suelos, a partir de la obtención de indicadores de productividad, estabilidad y degradación y su relación con componentes ambientales.

Finalmente se presentan recomendaciones para diferentes usos de acuerdo al nivel de fragilidad de los suelos como un aporte a los procesos de planificación y toma de decisiones que sirvan a los entes territoriales.

En el trópico húmedo las condiciones climatológicas extremas como la presencia de altas temperaturas, los índices elevados de humedad y la alternancia humectación y desecación, propician estados naturales de alteración progresiva que se manifiesta en una actividad geoquímica muy agresiva la cual acelera los procesos pedológicos. En Colombia estos fenómenos se atemperan por efectos de una geodinámica que alterna renovación y alteración de formaciones superficiales y suelos, por la orogénesis, morfogénesis y por la depositación sucesiva de cenizas volcánicas en algunas zonas (IDEAM, 1996). En el caso del Macizo Colombiano y el área de influencia el gradiente de altitud, los recubrimientos periódicos de cenizas y los materiales volcánicos, en general, mejoran la oferta geopedológica de algunos suelos. Para contrarrestar los procesos naturales de alteración y truncamiento de los suelos se cuenta, para condiciones extremas, con procesos biogeoquímicos y físicos, relativamente rápidos, que retienen, acumulan y recirculan sustancias básicas para la nutrición vegetal a través de la conformación de complejos órgano-minerales.

La evaluación de la productividad natural de los suelos es básica para establecer el estado actual de las tierras, su oferta ambiental, los patrones de producción sostenible, el grado de fragilidad, y además, para estimar la respuesta que estos sistemas naturales presentan ante la acción de factores antrópicos.

El concepto de oferta natural se refiere a la disposición que poseen los suelos para mantener su producción en forma sostenible de acuerdo con un medio dado, teniendo en cuenta la función dentro del ecosistema. La estabilidad se refiere a la resistencia que opone el suelo a sufrir cambios o desplazamientos en la superficie o en profundidad. Los primeros se denominan escurrimientos superficiales y los segundos movimientos en masa y los hay de varios tipos y diferentes orígenes.

La oferta natural está dada por la disponibilidad de elementos de sustento de la vegetación, incluida la dinámica de los componentes orgánicos y minerales del suelo y su biota asociada que los hace accesibles a los vegetales. Estas condiciones de interrelación de la vegetación con la macro y mesofauna, así como con microorganismos del suelo, responden a estados y regímenes climáticos tales como humedad, temperatura y brillo solar, entre otros, los cuales direccionan la velocidad de la biodegradación.

Para evaluar la estabilidad se tiene en cuenta las características físico-químicas y biológicas así como el mayor o menor grado de consolidación ofrecida por la morfoestructura geológica, la formación superficial, el perfil del suelo y el ambiente de biodegradación, conjunto denominado estructura geopedológica. La magnitud, frecuencia e intensidad de inestabilidad están marcados por las características de las precipitaciones, láminas de escorrentía y su concentración en la red de drenaje de acuerdo con la mayor o menor resistencia que oponga la estructura geopedológica y los niveles de degradación conferidos por los arreglos y estratificaciones de la cobertura vegetal, los cuales cobran importancia en la medida que las pendientes se hacen más fuertes y los medios más inestables. La estabilidad puede ser superficial y subsuperficial o de conjuntos de acuerdo con la afectación de la geoestructura.

## LOS SISTEMAS MORFOGÉNICOS DEL MACIZO COLOMBIANO

El Sistema Morfogénico es aquel espacio natural en el que actúan una serie de procesos morfodinámicos condicionados por la litología, estructura geológica, características bioclimáticas, pendiente, formaciones superficiales y formas de ocupación. Cada uno ocupa un espacio y a su vez por la complejidad de su dinámica es subdividido en varios sistemas o mejor, geosistemas.

La importancia del Sistema Morfogénico radica en la fuerte influencia que ejercen en el desarrollo determinado proceso erosivo, suelo, amenaza natural y por ende, la oferta ambiental. Señala las evidencias y tendencias de los procesos orientados por la morfogénesis en conjunto siendo un indicador primario del estado activo de las grandes unidades y los factores condicionantes de su comportamiento.

Los Sistemas Morfogénicos se agrupan para el Macizo Colombiano en cinco grandes Macrounidades:

- La Montaña alta
- La Montaña media
- La Montaña baja
- Las Depresiones tectónicas
- El Domino amazónico

Estas macrounidades y sus sistemas morfogénicos, con sus procesos actuales y /o potenciales, se muestran en la Tabla No. 20

**Nota:** Explicación de los Procesos erosivos de la Tabla No. 20

- 1 = Escurrimiento superficial difuso leve.
- 2 = Escurrimiento superficial difuso con truncamiento de suelos.
- 3 = Escurrimiento superficial difuso o disección moderada.
- 4 = Escurrimiento superficial concentrado.
- 5 = Remoción en masa fuerte.
- 6 = Remoción en masa moderada.
- 7 = Remoción en masa leve.
- 8 = Inundaciones, desbordes, sedimentación y socavamiento.
- 9 = Gelifracción, tunelización y agrietamiento.

Macrounidad	Geosistema	Proceso actuales y/o potenciales	Proceso erosivo	Área (Ha)
Montaña alta	El modelado glaciar heredado	Dstrucción de suelos y colmatación de lagunas	7	457.438
	El sistema morfogénico periglacial	Producción de sedimentos y colmatación de lagunas	9	45.833
	La montaña alto andina inestable	Derrumbes pequeños	6	342.053
Montaña media	Cañones del sistema Guaitara-Patía	Flujos torrenciales, derrumbes y degradación y pérdida de suelos	4	79.418
	Divisorias cordilleranas onduladas	Deslizamientos y derrumbes	6	102.363
	Escarpes en retroceso	Desplomes y derrumbes	5	20.328
	Interfluvios convexo-concavos de los afluentes del Cauca	Deslizamientos, derrumbes	2	158.963
	Interfluvios convexos-concavos de los afluentes del Cauca	Deslizamientos, derrumbes	2	135.495
	Interfluvios convexos-concavos residuales (Patía)	Degradación y pérdida de suelos	2	71.920
	Lagos y embalses con bordes de sedimentación	Colmatación de embalses y lagos	8	10.552
	Los altiplanos	Pérdida de agua subterránea, carcavamiento	4	99.190
	Los cañones bajo clima húmedo	Flujos torrenciales, derrumbes	5	359.714
	Los cañones en condiciones de tendencia seca	Flujos torrenciales, derrumbes	4	32.821
	Modelado de disección con alteración profunda	Flujos torrenciales, deslizamientos y derrumbes	6	15.641
	Vertientes onduladas de la cordillera Central	Desplomes y derrumbes	5	473.583
	Valles con formaciones aluviales amplias	Inundaciones ocasionales	4	66
	Valles controlados por plegamiento y fallas menores	Inundaciones frecuentes	8	40.768
	Vertientes controladas por plegamiento y fallamiento	Flujos torrenciales, deslizamientos y derrumbes	5	328.601
	Vertientes medias bajo limitantes actuales de humedad	Degradación y pérdida de suelos	3	48.030
	Vertientes medias con cobertura volcánica	Soliflujió, deslizamientos rotacionales, inestabilidad en red vial	5	346.404
	Vertientes medias en rocas graníticas bajo clima húmedo	Derrumbes frecuentes	5	474
Vertientes medias sin cobertura volcánica	Derrumbes frecuentes	3	7.808	
Montaña baja	Los escarpes de retroceso con pendiente cóncava.	Degradación y pérdida de suelos y derrumbes frecuentes	4	100.991
Las depresiones tectónicas	Cerros y mesas en vías de degradación	Degradación y pérdida de suelos	3	58.255
	Colinas y lomerios con alteraciones profundas (bajo clima muy húmedo)	Derrumbes pequeños	2	1.937
	Conos bajos sin disección o en construcción	Flujos torrenciales	1	27.521
	Conos degradados o en vía de degradación	Degradación y pérdida de suelos y flujos torrenciales	4	27.197
	Piedemontes bajos	Flujos torrenciales, desbordes	2	53.253
	Valles aluviales	Inundaciones frecuentes	8	133.061
El dominio amazónico	Llanura aluvial de desborde de los ríos andinos y amazónicos	Aceleración del escurrimiento	8	3.913
	Modelado de disección	Producción de sedimentos y truncamiento de suelos	3	94.531
<b>Total</b>				<b>3'678.121</b>

**Tabla No. 20.** Sistema morfogénicos y los procesos morfodinámicos en el Macizo Colombiano

**Fuente:** Estudio "Sistemas morfogénicos de Colombia" IDEAM - UNAL, 1996

A continuación se describen los diferentes Sistemas Morfogénicos y sus geosistemas según su importancia dentro del Macizo (Ver Mapa No. 14).

## LA MONTAÑA ALTA DEL MACIZO COLOMBIANO

Uno de los espacios que merece especial descripción y análisis es la Montaña Alta debido a sus especiales condiciones ambientales, ecológicas y geodinámicas.

Se han separado estos geosistemas localizados entre los 2800 y más de 4000 m.s.n.m., por el significado que tienen en el clima y la ecología regional, así como por su fragilidad biológica e inestabilidad física. Ellos contienen ecosistemas endémicos y de escasa representación territorial e incluyen el piso alto andino inestable, los páramos y pisos nivales. Además son captadores, almacenadores y reguladores de agua y se manifiestan con evidencias marcadas ante cambios climáticos y acción antrópica.

Se entiende por Montaña Alta del Macizo Colombiano, aquellos espacios que estuvieron ligados a la influencia del hielo durante la Última Glaciación (entre 70.000 y 10.000 años aprox. A.P). Bajo este concepto se entiende como las culminaciones cordilleranas por encima de los 3.000 m.s.n.m aproximadamente, cuyas geoformas fueron labradas por la dinámica del hielo (avances y retrocesos).

Para el Macizo y sus zonas de influencia comprende esos espacios de la cordillera Central localizadas al sur de La Línea (paso entre Cajamarca y Calarcá) hasta el sur de Colombia sobre la llamada cordillera Centro-oriental (nororiente de Nariño y noroccidente de Putumayo).

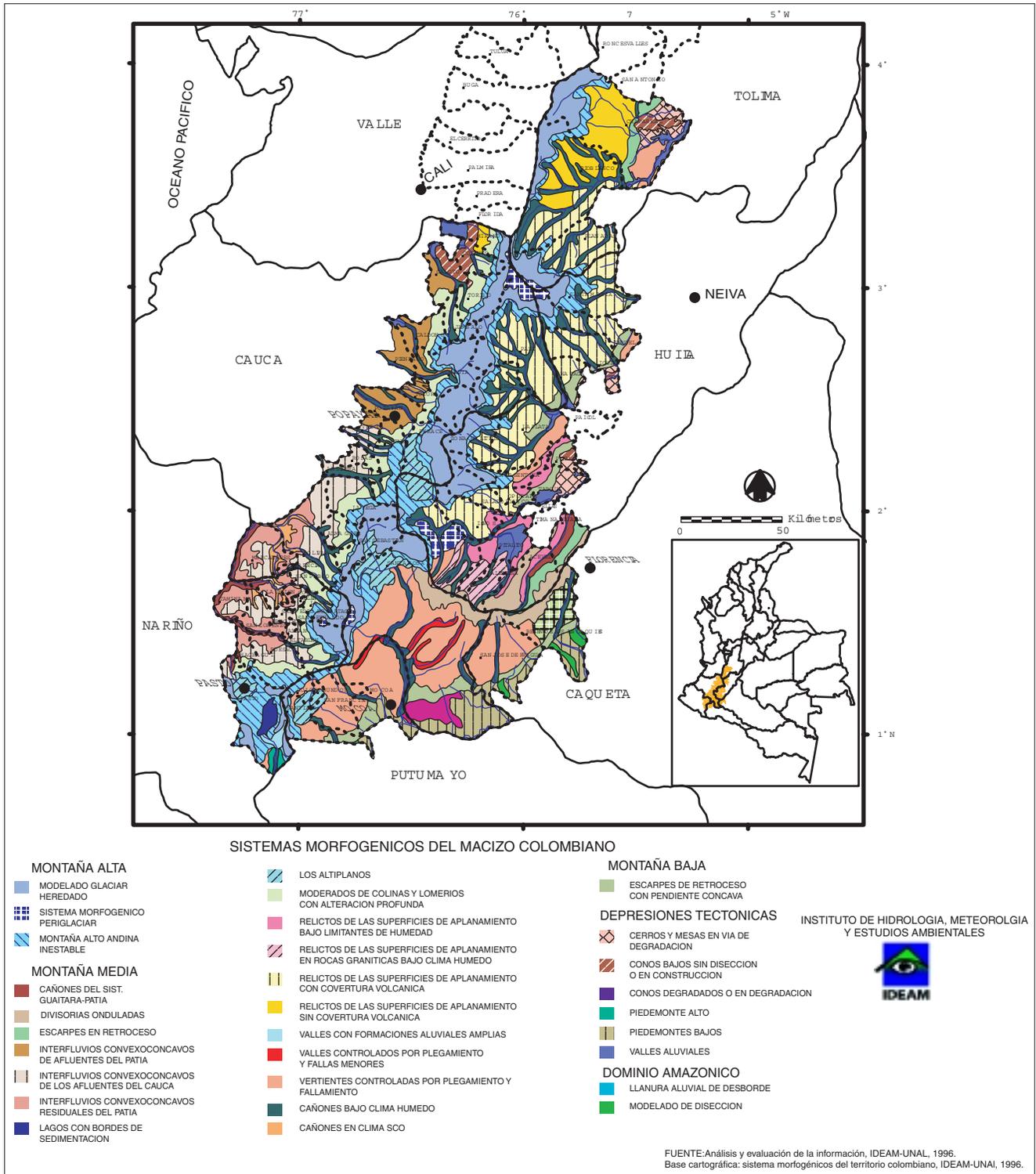
Por el norte el Macizo limita con el también llamado Macizo Ruiz-Tolima, del cual se diferencia por tener un modelado glaciar heredado menos intenso, modelados glaciares holocénicos pequeños y discontinuos y, ausencia de glaciares actuales (exceptuando el Nevado del Huila).

El modelado fue suavizado en el Cuaternario con la acción glaciar. Como resultado el área es tectónicamente activa con una densa red de fallas, que en general presenta una dirección NE y controla intensamente las geoformas y el drenaje; además presenta volcanismo activo, con una cadena de volcanes que ha aportado espesas capas de cenizas y piroclastos, las cuales recubren localmente las formaciones paleozoicas, mesozoicas y terciarias (López et. al., 1988).

Una característica peculiar del área es la presencia de Altiplanos, originados en cuencas de tracción que, durante la deglaciación, formaron amplios lagos, sedimentados luego con aportes fluvio-glaciares y fluviovolcánicos del Holoceno (IDEAM, 1996).

La Montaña Alta del Macizo y su área de influencia se caracteriza por:

- Existencia de numerosas estructuras volcánicas, gran parte de las cuales han tenido actividad holocénica y han contribuido a la existencia de formaciones superficiales alóctonas espesas.
- Existencia de modelados glaciares heredados que descienden en promedio hasta 3.000 metros, pero que en gran parte han sido modificados o reemplazados por modelados volcánicos del Pleistoceno Superior y Holoceno.
- Escasez de formaciones superficiales por encima de 4.000 msnm. de origen mecánico y bioquímico. Las principales formaciones superficiales corresponden a capas espesas de piroclastos, cenizas y materiales fluviovolcánicos que permiten la formación de suelos profundos y con oferta natural adecuada para el sostenimiento de la vegetación natural. Hacia los 3.800 metros la acumulación de materia orgánica es evidente, por la facilidad como los derivados de la alteración de las cenizas volcánicas, fijan compuestos vegetales o animales ligeramente degradados.



**Mapa No. 14.** Sistemas morfogenicos del Macizo colombiano

- Inestabilidad en sus partes bajas reflejada en la ocurrencia de diversos procesos de remoción en masa.
- Lagunas de origen glaciar que sirven de almacenamiento y regulación hídrica.

La macrounidad de la Montaña Alta se puede subdividir en varias unidades de acuerdo con su nivel altitudinal y los procesos que allí actúan (Ver Mapa No. 15 y Tabla No. 21).

Macrounidad	Geosistema	Símbolo	Área (Ha.)
Estructuras volcánicas recientes y subrecientes	Flujos lávicos holocénicos	FL	11.301
	Flujos piroclásticos	FP	13.021
Glaciar (Nevado del Huila)	Glaciar	GL	1.460
Laguna	Laguna La Cocha o Guamuéz	Laguna	3.931
Modelado glaciar heredado de la última glaciación	Modelado glaciar heredado del pleniglacial	MG1	420.938
	Modelado glaciar heredado del tardiglacial	MG2	167.835
Modelado periglaciar heredado de la última glaciación	Altiplanos	AL	29.153
	Bordes actuales de sedimentación	BAS	2.423
	Coberturas proglaaciares	CP	43.973
	Modelado periglaciar heredado con influencia glaciar directa	PGH	297.053
	Modelado periglaciar heredado sin influencia glaciar directa	PGB	5.545
Periglaciar actual		PG	5.787
<b>Total</b>			<b>1'002.419</b>

**Tabla No. 21** Geosistemas existentes en la montaña alta del Macizo Colombiano  
**Fuente:** IDEAM, 1997 Geosistemas de la montaña alta

## GLACIAR

Los glaciares en esta área están limitados a la cobertura existente sobre el volcán nevado del Huila (2° 56' de latitud norte y 76° 02' de longitud oeste) que con 5.516 metros, es la máxima elevación de la cordillera Central. El glaciar se halla sobre una estructura volcánica que ha tenido actividad holocénica, lo que significa que aparte de la fusión por procesos atmosféricos y por la actividad fumarólica, la masa de hielo puede ser fundida por eventuales erupciones volcánicas o por simple calentamiento del edificio volcánico; esta situación implica potenciales amenazas para la población.

Igualmente, el nevado ocupa la cumbre topográfica de la cordillera pero todos los cursos de agua que nacen allí drenan hacia el río Magdalena, caso particular en donde no coinciden la divisoria de aguas con la divisoria topográfica. Esto además de particular, tiene incidencia en los riesgos volcano glaciares que se concentran hacia el flanco oriental de la cordillera (IDEAM,1996).

## MAPA 15

Administrativamente el nevado ocupa las jurisdicciones de los municipios de Teruel (Huila), Planadas (Tolima) y Belalcázar (Cauca).

Evolución reciente (1850-1996). Durante la Pequeña Edad Glacial (siglos XVII y XIX), el Huila cubría 33,7 km<sup>2</sup> y el borde inferior llegaba a 4250 m ( $\pm$  100).

- **Morfología y tendencia actual:** La masa glaciaria sigue la configuración alargada del volcán de sentido norte-sur (6,5 Km). Los 13,3 km<sup>2</sup> de hielo para 1996 (INGEOMINAS, 1996) lo hacen el segundo glaciar más grande del país. Es uno de los nevados más agrietados por todos sus flancos. Cabe anotar que el fuerte sismo del 6 de Junio de 1994 que desató una avalancha sobre la cuenca del río Páez debió aumentar el sistema de grietas del glaciar.

Si bien su área ha disminuido poco en los años observados, parece por su morfología agrietada, que su espesor se ha reducido bastante. Además le sucede como al resto de los glaciares que el receso ha empezado a despejar de hielo las cumbres y ya son apreciables algunos pequeños afloramientos rocosos sobre los flancos y cimas. Las fumarolas en la cima del volcán a través del hielo aumentan evidentemente la fusión local del hielo. El Huila actualmente presenta una tasa de pérdida en su área de 0,7% anual, la menor de los glaciares Colombianos, lo que haría de este nevado el más duradero si continúan las actuales condiciones climáticas, lo que supondría una desaparición teórica para el año 2110 aproximadamente.

Distribución del área glaciaria (Área - %)	Caracterización hidrográfica			Municipios (corregimientos)
	Microcuenca	Subcuenca	Cuenca	
Área occidental 6,32 Km <sup>2</sup> 47,5%	Q. Clara	Páez	Magdalena	Teruel (Huila)
	Q. Flautas			
	Q. la Azufrada			
	Q. Berduo			Planadas (Tolima)
	Q. Bellavista			
	Q. Agua Blanca			
	Q. Dublin			Belalcázar (Cauca)
	Q. Quillo			
	Q. de Ansayo			
Otras				
Área oriental 6,98 Km <sup>2</sup> 52,5%	Q. Sin nombre	Símbola		

**Tabla No. 22.** Distribución del drenaje del glaciar del volcán nevado de Huila  
**Fuente:** IDEAM - U. Nal., 1998 Geosistemas de la Montaña alta Colombiana

- Distribución del drenaje: Como se mencionó arriba, para el glaciar del Huila, la cima no corresponde con la divisoria de aguas de la cordillera Central, así que las aguas procedentes del nevado drenan directamente a quebradas menores que van al río Páez y Símbola, afluentes del Magdalena.

La actual cobertura glaciar drena un 47.5% hacia el occidente (afluentes menores del río Páez) y un 52.5% hacia el oriente (afluentes menores del río Símbola, ver Tabla No. 22).

#### **PERIGLACIAR**

El geosistema Periglacial solo se encuentra en el nevado del Huila y el volcán del Puracé por ser las únicas áreas en las que se alcanzan altitudes superiores a los 4.000 metros.

El límite inferior del Periglacial corresponde aproximadamente a la isohipsa 4.000, altura a partir de la cual los procesos característicos de este piso funcionan, (gelifracción, geliflujión, crioclástia), regulados por las bajas temperaturas, la dinámica de fusión del hielo y nieve y la presencia de cobertura de vegetación baja y dispersa de subpáramo. (Thouret y Pérez 1981; Flórez 1988).

Las formaciones superficiales están representadas por una cobertura espesa de lavas depositadas desde el Mioceno hasta 2.000 años A.P., (Cepeda et. al. cit. por Flórez, 1992). Localmente se encuentran depósitos de origen glaciar como morrenas, formadas durante el Neoglacial o Pequeña Edad Glacial. Los procesos morfogénicos dominantes allí son:

Escurrimiento superficial difuso y concentrado intenso sobre las coberturas de piroclastos y morrenas, con formación de surcos profundos.

Diseción fluvial activa y profunda sobre lavas y depósitos glacio-volcánicos por corrientes orden 1 y 2. Sedimentación fluvio-glaciar y coluvial en el pie de los escarpes.

#### **EL MODELADO GLACIAR HEREDADO DE LA ÚLTIMA GLACIACIÓN**

Para esta área la macrounidad geomorfológica se define en función a la existencia de modelados glaciares heredados representados por circos glaciares, cubetas de sobreexcavación glaciar, valles en U y depósitos morrénicos; estos últimos muy localizados debido a que en gran parte fueron recubiertos por flujos lávicos y de piroclastos durante el Holoceno.

Este modelado es resultado de la acción abrasiva del hielo que durante la Última Glaciación descendió hasta alturas promedio de 3.500 metros (Grosse, 1935).

Hacia el norte del área, en el sur del departamento del Tolima y oriente del Valle, el modelado glaciar heredado es más evidente y la densidad de formas glaciares como cubetas y circos glaciares son más densas. Las formaciones superficiales en general no superan un metro de espesor y en gran parte han sido derivadas de procesos como crioclástia y gelifracción.

Las características del geosistema Glaciar Heredado del Macizo Colombiano son:

- Baja intensidad de los procesos de alteración bioquímica y por tanto limitada existencia de alteritas.
- Formaciones superficiales inferiores a un metro, excepto en áreas con depósitos de cenizas y piroclastos que tienen varios metros de espesor.
- Procesos de degradación por escurrimiento superficial difuso y concentrado moderado a intensos, acelerados por destrucción de la vegetación natural.

- Disección fluvial activa y profunda sobre depósitos glaciovolcánicos.
- Intervención antrópica fuerte, principalmente con ganadería extensiva y cultivos de papa y cebolla. La expansión de la frontera agrícola por desplazamiento de grupos marginados agrava la degradación ambiental en áreas no aptas para sostener una explotación intensiva.
- Existencia de numerosas lagunas que sirven de almacenamiento y regulación hídrica.

Dentro de esta macrounidad se identifican los siguientes geosistemas:

- **Modelado glaciar heredado del Tardiglacial.** Corresponde a las áreas por encima de los  $3.800 \pm 200$  metros, que estuvieron cubiertas por hielo durante un amplio período en la Última Glaciación y por tanto la acción del peso del hielo fue mayor, presentándose un modelado con alta densidad de circos y cubetas de sobreexcavación glaciar.

Este modelado ha sido recubierto parcialmente por capas sucesivas de lavas, cenizas y/o piroclastos de espesor variable.

Las formaciones superficiales son principalmente de origen volcánico y algunos remanentes morrénicos de la Última Glaciación, con presencia de varias capas de suelos enterrados como indicador de períodos de calma.

Es característico de esta área una alta densidad de lagunas, principalmente de retroexcavación glaciar, efectuado sobre rocas metamórficas (Cuarzomonzonita) e ígneas (tobas, ignimbritas).

Los procesos morfogénicos dominantes incluyen el escurrimiento superficial difuso moderado e intenso, asociado con la fusión de nieve (y hielo en el nevado del Huila) y por escorrentía, este proceso es intenso sobre los depósitos volcánicos recientes (eventos volcánicos históricos).

En el borde inferior, sobre el cinturón pluviométrico, se producen derrumbes y deslizamientos, acelerados por la destrucción del bosque altoandino; también se identifican procesos de solifluxión y reptación, incrementados por uso dominante en ganadería extensiva. En la parte alta y taludes abruptos se producen, con relativa frecuencia, desprendimientos de roca que forman depósitos coluviales al pie de las laderas.

Ambientalmente este geosistema es de gran importancia por constituir el máximo altitudinal de la mayor parte del área, (exceptuando solo los relieves mayores de Galeras, Puracé y Huila). Por lo anterior es el área de captación de la humedad transportada por vientos ascendentes; así mismo el dominio de vegetación de bosque altoandino y páramo y la presencia de suelos alofánicos ricos en materia orgánica, con alta capacidad de retención de agua, que la convierten en una fuente hídrica que alimenta los principales tributarios del Cauca, Patía, Caquetá y Magdalena.

El grado de intervención en el área es creciente por el ascenso de los frentes agrícolas y el desarrollo de actividades ilícitas, (cultivos de amapola). Sin embargo las limitantes térmicas y la escasa profundidad efectiva de los suelos restringe la ocupación limitada en el momento de la tala y quema de la vegetación natural y explotación en ganadería extensiva.

- **Modelado glaciar heredado Pleniglacial.** Comprende una faja estrecha, rodeando el modelado glaciar subreciente; se localiza en general entre los 3.800 y los 3.000 metros ( $\pm 200$ ), limitando con el modelado Periglacial de la Última Glaciación.

Este modelado responde al avance del hielo durante el Pleniglacial (máxima extensión del hielo durante la última glaciación), que en su descenso erosionó la superficie, (principalmente tobas, diabasas y

rocas metamórficas como Cuarzomonzonita), formando valles en U y circos glaciares. La diferencia con el glaciar subreciente es la existencia de una capa de hielo más delgada y por menos tiempo, por lo que el modelado glaciar es más suave y no se observa la alta densidad de lagunas de sobreexcavación, circos y otras formas glaciares como sí en la unidad anterior.

Las formaciones superficiales corresponden a materiales volcánicos principalmente cenizas y lapilli, que recubren depósitos volcánicos anteglaciares, las rocas cepilladas dejadas por el glaciar o los depósitos morrénicos. Hacia el borde oriental las secuencias de cenizas superan los cuatro metros sobre explayamientos ignimbríticos del Pleistoceno; hacia la laguna del Buey las capas de cenizas son delgadas y en cambio es representativa una capa de 3.6 metros de depósitos morrénicos del Pleniglacial.

En los Coconucos, por ejemplo, Pulgarín, et. al. (1993), identificó en los bordes del Puracé flujos piroclásticos, cenizas y escoria de hasta 80 metros de espesor y otros más recientes, hacia los ríos Vinagre y Ananbío, con espesor inferior a 12 metros.

En los Coconucos, la frontera agrícola se encuentra por encima de los 3.500 metros. En la parte norte, sin formaciones superficiales volcánicas, la vegetación no ha sido destruida (la intervención es menor), pero por control estructural los modelados de origen fluvial también transforman la herencia glaciar.

Los procesos dominantes en esta unidad son:

- Ecurrimiento superficial difuso y concentrado intenso sobre las áreas con cobertura volcánica (Coconucos, Galeras, Huila y Sotará).
- Disección fluvial profunda sobre las cenizas y piroclastos dando lugar a incipientes cañones que tendrán su mayor desarrollo en el piso inferior, el Periglacial Heredado.
- Desprendimientos de roca en taludes abruptos sin cobertura volcánica espesa, (al norte del área, por encima de los 3.000 metros en el occidente del Tolima y oriente del Valle del Cauca).
- Derrumbes y deslizamientos sobre piroclastos no consolidados, acelerado por la destrucción del bosque altoandino.

#### **PERIGLACIAR HEREDADO DE LA ÚLTIMA GLACIACIÓN**

Esta macrounidad corresponde a espacios situados por debajo de los  $3.000 \pm 300$  metros, en las que el modelado actual es resultado de procesos periglaciares de la Última Glaciación, y/o consecuencia de la deglaciación.

En el geosistema periglacial de la Última Glaciación domina la vegetación de bosque Andino. En el borde superior hay presencia de bosque altoandino caracterizado por alta humedad ambiental y amplia cobertura de gramíneas.

Las formaciones superficiales son espesas en las áreas con influencia volcánica (directa o indirecta) o fluvio-glacial superando en general los 10 metros. Los procesos degradacionales son intensos, acelerados por una intervención antrópica precolombina, la destrucción casi total de la vegetación andina y existencia de unas condiciones climáticas deficitarias, principalmente en el borde occidental.

El periglacial heredado de esta área se diferencia del periglacial de otras áreas montañosas del país por la existencia de cuencas de tracción, en las que se formaron amplios lagos durante el Tardiglacial y luego fueron rellenados por materiales fluvio-glaciares y fluvio-volcánicos, dando lugar a los altiplanos actuales, (Flórez y Eslava, 1994). También se identifica una capa relativamente gruesa de alteritas, de origen mecánico, bioquímico y geoquímico, formada luego de la deglaciación, debajo de los 3.000 mts., debido a la alta humedad ambiental y principalmente en la vertiente oriental.

La ocupación de estos espacios es densa y data de tiempos precolombinos con explotación intensiva, principalmente de los altiplanos y sus bordes, precisamente sobre las áreas más inestables por escasa consolidación de los materiales pero las de mayor oferta en suelos.

Las condiciones de humedad, vegetación, modelado e intervención antrópica señaladas determinan la sucesión de los siguientes procesos morfogénicos:

- **Desprendimientos:** De tierra, en laderas de pendiente mayor al 50% y cobertura de cenizas y piroclastos, de roca en laderas de igual pendiente sin formaciones superficiales.
- **Derrumbes y deslizamientos:** En laderas de pendientes mayores al 25% y condiciones climáticas de altas precipitaciones, son particularmente grandes y frecuentes en los bordes superiores de los altiplanos, fuertemente intervenidos, también en las laderas de los cañones (valles en V), formados por disección profunda del drenaje.
- **Solifluxión:** Dominante en laderas de pendientes superiores al 12% y formaciones superficiales espesas de piroclastos y cenizas con altos contenidos de alofana y montmorillonita. Se localiza además, en la vertiente occidental muy húmeda y en los frentes de condensación de la vertiente occidental hacia los 2.800 m.s.n.m..
- **Reptación:** Dominante en laderas de 12 – 25 – 50% con cobertura de material volcánico y en áreas con alteritas bien desarrolladas, principalmente en la vertiente oriental húmeda.
- **Escurrimiento superficial difuso:** intenso en las áreas húmedas sin cobertura vegetal y pendientes superiores al 7% arrastrando materiales de origen volcánico poco consolidados. En los altiplanos y sus bordes la escasez de cobertura vegetal y la sucesión de lluvias torrenciales, determinan unos procesos de escurrimiento superficial concentrado intenso formando surcos y cárcavas frecuentes.

En esta macrounidad se identifican de manera muy especial el geosistema de **Altiplanos** que se describen a continuación:

#### LOS ALTIPLANOS

Son comunes en el área del Macizo y están estrechamente ligados a la intensa y compleja actividad tectónica pasada del área; su importancia y sensibilidad radica en su posición estratégica frente a los demás arcos pantanosos del Macizo y potencial agrícola, origen de conflictos ambientales y sociales.

El origen de los altiplanos se remonta, entonces a la formación durante el Cretáceo y Terciario inferior, de «cuencas de tracción», depresiones que fueron posteriormente rellenadas inicialmente con sedimentos marinos y luego del levantamiento pliocénico, recibieron aportes glaciolacustres, glacio-volcánicos y volcánicos. La evolución de un Altiplano supone primero la existencia de una depresión que facilite la acumulación de agua, luego su colmatación, para ceder luego a su ocupación por el hombre.

Para el Macizo se identifican los siguientes Altiplanos, que a su vez muestran diferentes fases evolutivas, éstos son:

#### GABRIEL LÓPEZ

Localizado al NW del complejo volcánico de los Coconucos, con influencia volcánica actual indirecta de este sistema.

La estratificación y el espesor de paleosuelos y cenizas volcánicas en áreas de pendiente superior al 15% significa una alta vulnerabilidad a degradación por escurrimiento superficial que rápidamente puede degenerar en amplios surcos y cárcavas, dada la poca consolidación de los materiales y su alta permeabilidad.

La intervención antrópica es intensa, principalmente con cultivos de papa y pastos para ganadería semi-intensiva. La cobertura vegetal ha sido completamente desmontada.

Los procesos de sufosión (tunelización) y cárcavamiento son severos en el borde del altiplano, acelerados por la ausencia de vegetación natural y dominio de pastos. En el centro domina la disección fluvial y encharcamientos periódicos en las depresiones.

#### **PALETARÁ**

Localizado al suroccidente de los Coconucos, fue rellenado por materiales volcánicos provenientes de los volcanes Sotará y Puracé y otras estructuras volcánicas sin toponimia; presenta un buen nivel de evolución sin presencia de cuerpos de agua residuales y suelos gruesos, con espesor mayor a un metro, limitados en profundidad por costras ferralíticas que marcan el límite de un evento volcánico explosivo.

El altiplano de Paletará se encuentra medianamente disectado por el río Cauca y en él se han formado tres niveles de terrazas: en el nivel más inferior se encuentran capas de depósitos fluvioglaciares, el nivel medio de las terrazas incluye una capa más gruesa de formaciones superficiales, en el nivel superior de las terrazas, el perfil vertical incluye depósitos fluviolacustres y/o glaciolacustres a más de 2.5 metros; la formación superficial se compone de capas gruesas de arenas volcánicas, alternando con capas de cenizas volcánicas y paleosuelos enterrados resultado de la pedogenización de arenas y cenizas.

La vegetación natural de bosque enano altoandino ha desaparecido, al igual que en los otros altiplanos y la intervención es intensa con ganadería extensiva y cultivos preferencialmente de papa. Esta situación asociada a condiciones climáticas secas, hacen muy susceptible el área de degradación por aceleramiento de procesos actualmente activos, como escurrimiento superficial difuso y concentrado que forman surcos y cárcavas y truncan los suelos por tunelización (sufosión).

#### **VALLE DE LAS PAPAS**

También conocido como “Páramo de las Papas”, se localiza en el nacimiento del río Caquetá, a una altura media de 3.000 metros; está rodeado por amplias morrenas pleistocénicas (borde oriental) y depósitos fluvioglaciares holocénicos. El altiplano siguió el mismo proceso de formación ya descrito con aportes importantes de los volcanes pleistocénicos de Cutanga y la cadena asociada de dirección SN.

La actividad holocénica no afectó directamente el altiplano y la herencia volcánica son acumulación de cenizas y piroclastos provenientes del volcán Guachicono(?), superpuestas en varias capas gruesas.

En las colinas circundantes al altiplano se identifican depósitos glaciares (morrenas), de gran magnitud.

La intervención es intensa en los bordes del altiplano, sobre formaciones superficiales de cenizas volcánicas. La pendiente media 3-7-12% facilita el escurrimiento superficial formándose surcos y cárcavas y truncamiento de suelos por sufosión. El interior del altiplano aún no se ha sedimentado completamente y parte del área se encharca periódicamente, impidiendo la explotación agropecuaria, por lo cual es sometido a drenajes localizados, que generan un gran impacto, al afectar la capacidad de retención de humedad de complejos organo minerales y materiales derivados de la alteración de cenizas, modificando el régimen hidrológico del alto Caquetá y acelerando procesos de hundimiento y desplome del suelo por alteración del nivel freático.

## LA MAGDALENA

Pequeña depresión al NE del Valle de las Papas, rellena de material volcánico y sedimentos de origen aluvial la cual se mantiene en un ambiente de sedimentación fluviolacustre y un espejo de agua remanente, que es la laguna de la Magdalena. El grado de intervención es muy bajo por lo que el proceso de sedimentación mantiene una tasa moderada.

El geosistema de los Altiplanos es altamente inestable por la baja consolidación de los materiales y unas condiciones climáticas generalmente secas debido a su carácter de depresión, esto implica que son áreas muy susceptibles a procesos degradacionales severos principalmente por escurrimiento superficial y sufusión que conduce a un rápido cárcavamiento y truncamiento de suelos por tunelización.

El proceso es agravado por el desmonte de la vegetación natural y el desecamiento de las áreas encharcables, ello acelera el hundimiento y desplome del suelo por descenso del nivel freático, contracción de material orgánico y pérdida de la capacidad de almacenamiento de agua, fundamental en la regulación hídrica de importantes ríos como el Caquetá, Magdalena, Vinagre, Cauca y Putumayo.

Los Altiplanos también son áreas en las que la población está bajo amenaza por fenómenos naturales, no solo por la disminución de capacidad productiva del suelo, sino que también es susceptible a ser afectado por eventos volcánicos que aún en el Holoceno han transformado el paisaje. Ejemplo de ello es el altiplano de San Rafael incluido por Monsalve y Pulgarín, (1993) bajo un grado de amenaza media y el altiplano de Paletará bajo un grado de amenaza volcánica baja.

### ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS RECIENTES Y SUBRECIENTES.

Una de las características particulares del Macizo y concretamente en la Montaña Alta, es la presencia de numerosos volcanes antiguos y recientes, algunos de ellos con actividad histórica. Esta macrounidad que corresponde a depósitos de origen volcánico, producto de actividad efusiva y explosiva durante el Holoceno interrumpe la secuencia geomorfológica altitudinal heredada de la Última Glaciación. Se ubica en un rango entre los 3.000 y 4.500 metros sobre el nivel del mar.

La cobertura vegetal es mínima, al ser frecuentemente destruida por las explosiones volcánicas y/o emisiones de gases y cenizas. Los suelos son poco desarrollados, superficiales, (espesor menor a 50 cm), limitados en profundidad por lavas y/o arenas, son suelos ácidos de baja fertilidad.

Se destacan las estructuras volcánicas activas de los Coconucos (por lo menos ocho volcanes, entre ellos el Puracé), Sotará, Animas, Doña Juana, Galeras y Guachicono. Para el Macizo resultan una serie de alrededor de 24 volcanes entre recientes y antiguos. (IDEAM, 1997).

A las estructuras volcánicas recientes y subrecientes se les asocian unidades menores como los:

- **Flujos lávicos Holocenos:** Que corresponden a capas gruesas de lavas depositadas alrededor de las estructuras volcánicas.
- **Flujos Piroclásticos Holocenos:** Que se encuentran alrededor de los conos volcánicos de Doña Juana, Coconucos y Sotará. El espesor de los depósitos es superior a 10 metros y son disectados profundamente.

Estos dos geosistemas son altamente vulnerables a emisiones de cenizas y gases volcánicos por lo que el grado de amenaza es alto, no sólo por lluvia de cenizas y piroclastos, sino también por flujos de lavas y de piroclastos.

## EL SISTEMA LAGUNAR

En la Montaña Alta colombiana y particularmente a partir de los 3.000 metros se torna frecuente la presencia de lagos formados en depresiones de origen tectónico, volcánico o por acción glaciaria pasada. La alta densidad de lagos es evidencia de la intensidad de los fenómenos antes mencionados, que indican el funcionamiento de diversos procesos de modelado pasados y actuales.

Las lagunas tienen una posición relevante en el funcionamiento del sistema hídrico, de transferencia y en la regulación de los mismos y constituyen una importante reserva hídrica que en muchas regiones se encuentra en peligro a causa de procesos relacionados con la antropización de los espacios de montaña alta, así como también por el proceso normal de sedimentación que tiende a colmar estos reservorios.

Las lagunas localizadas en la Montaña Alta pueden ser producto de eventos glaciares pleistocénicos y Holocénicos, concentrados en territorios por encima de 2700 m.s.n.m. y con mayor intensidad sobre los 3400 m.s.n.m..

Para el Macizo se han logrado identificar 360 lagunas en la Montaña Alta (Mapa No. 16 y anexo 1). La identificación de estos cuerpos de agua es un resultado particular del estudio «Geosistemas de la Montaña Alta colombiana» (IDEAM-UNAL, 1997), en el cual mediante cartografía escala 1:100.000 y fotografías aéreas se llevó a cabo un conteo de lagunas cuyo tamaño fuera superior a una hectárea. Para cada laguna se tiene registrado el nombre, ubicación (departamento., municipio, coordenadas, altitud), área y cuenca. Logicamente, el inventario necesita una comprobación de esta información a nivel local, especialmente de su existencia ya que uno de los procesos activos que ocurren en las lagunas de Montaña Alta es su paulatina colmatación o bien desecación artificial y posterior desaparición, que podría ser en cuestión de algunos años. Por tal causa, algunas ya podrían haber desaparecido, o incluso, el número puede ser mayor y no estar registradas.

El inventario de lagunas es un valioso aporte por cuanto éstas son consideradas un recurso hídrico insustituible y cada entidad gubernamental local debe conocer de su existencia.

## OBSERVACIONES SOBRE LA MONTAÑA ALTA COMO ESPACIO ESTRATÉGICO Y DE ALTA SENSIBILIDAD

Caracterizada ambientalmente la Montaña Alta se identifican a continuación algunos indicadores ambientales y de uso, útiles para detectar problemáticas asociadas a la dinámica geomorfológica y las formas de ocupación. Estos son (IDEAM, 1997):

Los modelados glaciares, indicadores de herencias paleoclimáticas.

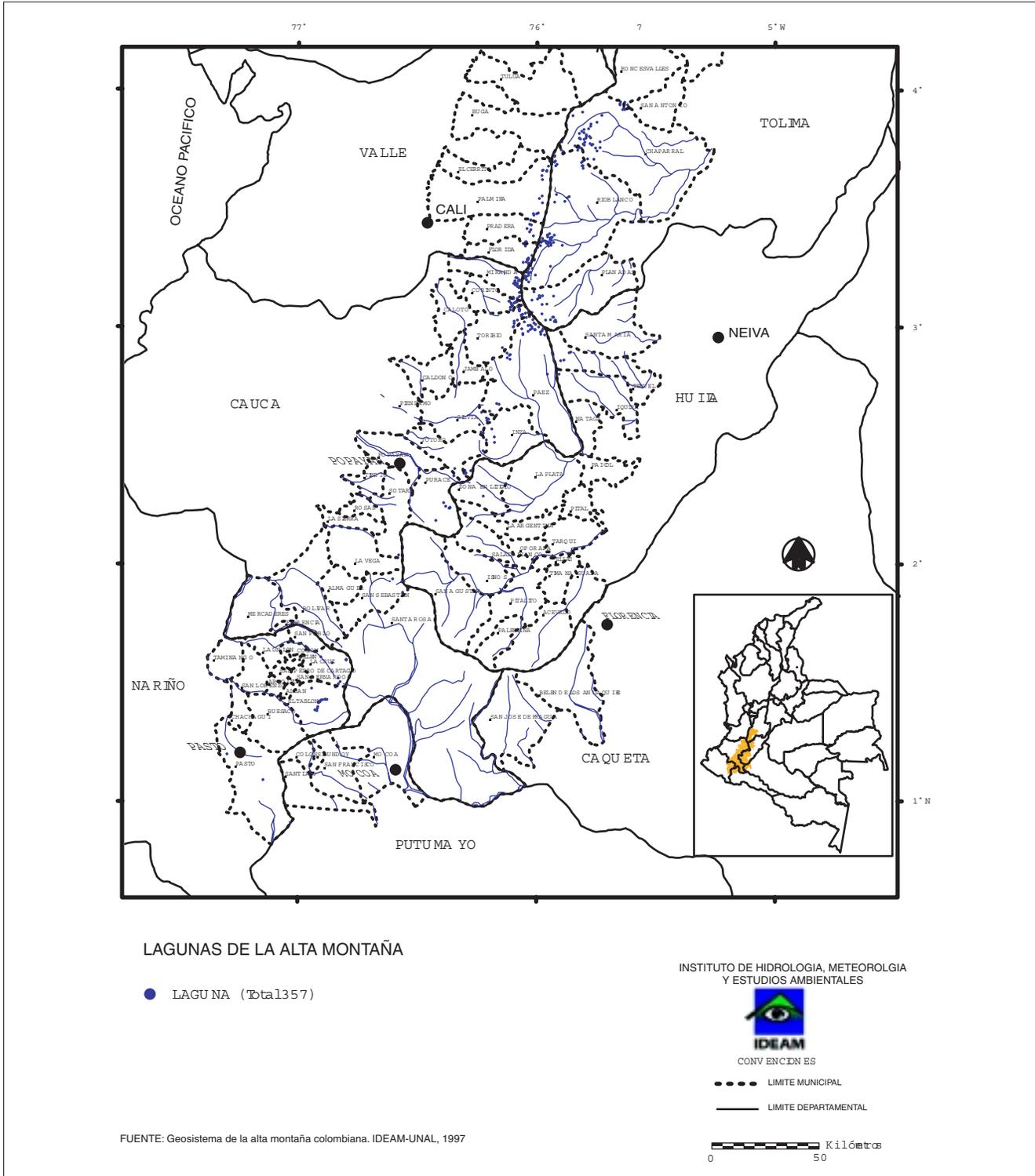
Lagunas colmatadas y turberas que definen la intensidad de los procesos de sedimentación.

La disminución progresiva del espesor de los suelos con la altura como indicador de menor velocidad en la pedogénesis.

Corrientes de **aguas negras** observadas en el Macizo Colombiano. Se trata de quebradas en las altas montañas donde las aguas presentan un color parduzco. Estas indican que las cuencas superiores presentan unas condiciones ambientales óptimas, con alta estabilidad morfogenética y escasa intervención antrópica.

Movimientos en masa frecuentes y de gran tamaño, aun bajo bosque, en el geosistema del Periglacial Heredado que indican la alta inestabilidad del límite inferior de la Montaña Alta, como consecuencia de los ajustes en el retrocesos de las vertientes en áreas de tectorogénesis reciente y/o aún activa.

Áreas degradadas que indican la sensibilidad hacia el desequilibrio de los geosistemas, manifestados por desaparición de la cobertura vegetal, pérdida de suelos y aparición del sustrato. En áreas volcánicas, los eventos volcánicos y glaciovolcánicos catastróficos hacen más vulnerables estos espacios a los procesos de degradación.



**Mapa No. 16.** Lagunas en la Alta Montaña del Macizo Colombiano

La expansión altitudinal de la frontera agrícola como indicador de presiones socio-económicas, pero también como resultado del ascenso térmico generalizado, que permite el desarrollo de nuevas actividades.

El uso agropecuario en áreas de bajo potencial que señalan las características marginales de la población ocupante de la mayor parte de la Montaña Alta, exceptuando los altiplanos.

## LA MONTAÑA MEDIA

Es la macrounidad de mayor extensión en el Macizo y se refiere a los diferentes sistemas morfogénicos sin influencia directa de los eventos glaciares y glaciales (aunque sí indirecta) del pasado o del presente e incluye espacios ubicados altitudinalmente abajo de los 2700±100 msnm.

Cañones del sistema Guaítara-Patía
Divisorias cordilleranas onduladas
Escarpes en retroceso
Interfluvios convexo-cóncavos de los afluentes del Cauca
Interfluvios convexos-cóncavos de los afluentes del Cauca
Interfluvios convexos-cóncavos residuales (Patía)
Lagos y embalses con bordes de sedimentación
Los altiplanos
Los cañones bajo clima húmedo
Los cañones en condiciones de tendencia seca
Modelado de disección con alteración profunda
Modelados de colinas y lomerios con alteración profunda
Valles con formaciones aluviales amplias
Valles controlados por plegamiento y fallas menores
Vertientes controladas por plegamiento y fallamiento
Vertientes medias bajo limitantes actuales de humedad
Vertientes medias con cobertura volcánica
Vertientes medias en rocas graníticas bajo clima húmedo
Vertientes medias sin cobertura volcánica

**Tabla No. 23.** Sistemas morfogénicos de la montaña media del Macizo Colombiano

**Fuente:** IDEAM - UNAL, 1997. Sistemas morfogénicos del territorio colombiano

Dentro de esta macrounidad en la zona del Macizo se señalan los siguientes sistemas morfogénicos (Ver tabla 23):

Esta macrounidad desde el punto de vista morfoestructural se caracteriza por bloques levantados, fallados y con un control estructural notorio del drenaje.

La unidad integra Macizos antiguos, coberturas volcánicas y sedimentarias y complejos metasedimentario-volcánicos. Bioclimáticamente se ubica en los pisos Andino y Subandino,

espacios más atractivos para la concentración de la población. La Montaña Media también se caracteriza por áreas depresionales de origen tectónico, hoy planas y conocidas como Altiplanos. En el Macizo estos geosistemas se encuentran en su mayoría en la Montaña Alta, pero solo el Altiplano de Sibundoy se localiza en la Montaña Media. Los procesos actuales son los mismos descritos arriba.

#### **LA MONTAÑA MEDIA COMO INDICADOR DE LA INESTABILIDAD DEL MACIZO**

Por criterios de orden geomorfológico, la Montaña Media presenta características especiales:

La existencia casi generalizada de alteritas debido a las condiciones bioclimáticas favorables a la alteración del sustrato. Este hecho está prácticamente ausente en la montaña alta donde los glaciares tomaron y transportaron las alteritas.

La ramificación de las cuencas hidrográficas medias forma grandes anfiteatros por disección en la parte alta del piso bioclimático Andino.

Los procesos generales se relacionan con la disección y el aporte de sedimentos hacia los piedemontes y llanuras, torrencialidad de los ríos que ocupan los cañones, la frecuencia de movimientos en masa en las vertientes y pérdida de suelos por escurrimiento superficial.

La disección y los movimientos en masa causan retroceso de las vertientes con formas cóncavas en la búsqueda de un perfil de equilibrio.

Estas condiciones propias de la Montaña Media son la prueba y ejemplo de la dinámica del paisaje andino Colombiano. Allí se refleja la evolución geológica reciente del relieve. Lo que debe llamar la atención no es solo este elemento natural, también lo es la combinación con un fuerte proceso de ocupación del espacio: sobre esta macrounidad se localizan numerosos asentamientos humanos y es donde mayor provecho de las tierras hace el hombre.

#### **LA MONTAÑA BAJA**

La Montaña Baja, al igual que las macrounidades superiores, se incorpora al concepto estructural de cordillera, como los bloques levantados por procesos orogénicos.

Por ubicación altitudinal, la disponibilidad de energía es inferior para desencadenar los procesos ligados a las grandes cuencas hidrográficas, pero sí reciben sus efectos. Así, una de las características es la ausencia de cañones, pero en cambio se encuentran las gargantas de salida de los cañones (formados arriba) hacia los piedemontes.

La característica esencial de las partes bajas de las cordilleras es su correspondencia, en general, con los escarpes tectónicos de las fallas (inversas) fundamentales que separan las cordilleras de las depresiones tectónicas laterales.

Para el Macizo únicamente se encuentra dentro de la Montaña Baja, el geosistema Escarpes de retroceso con pendiente cóncava, y se trata de escarpes tectónicos que responden a la dinámica de retroceso de las vertientes ligadas a los escarpes de las fallas que separan las cordilleras de las depresiones tectónicas laterales.

La dinámica de retroceso es más rápida comparada con la de otros espacios. La remoción de los materiales superficiales es más efectiva y por lo tanto los afloramientos rocosos son dominantes. Estos procesos, más un escurrimiento superficial difuso y reptación conllevan a convertir el escarpe en un área sedimentógena con formación de depósitos coluvio-aluviales sobre el borde de las llanuras.

## LAS DEPRESIONES TECTÓNICAS INTRAMONTANAS

Las depresiones tectónicas intramontanas son macroformas estructurales resultantes del levantamiento diferencial del sistema cordillerano andino. La orogenia levantó las cordilleras a la posición actual, mientras que las depresiones fueron levantadas a una altitud menor.

Los sistemas morfogénicos asociados a las Depresiones Tectónicas en el Macizo Colombiano son las siguientes:

- Cerros y mesas en vías de degradación
- Colinas y lomeríos con alteraciones profundas (bajo clima muy húmedo)
- Conos bajos sin disección o en construcción
- Conos de derrubios sinorogénicos
- Conos degradados o en vía de degradación
- Piedemonte alto de la cuenca Meta-Arauca
- Piedemontes bajos
- Valles aluviales

## EL DOMINIO AMAZÓNICO

Para el Macizo esta macrounidad es la de menor importancia por su mínima presencia. Solo se encuentra hacia el sureste en los municipios de Belén de los Andaquíes, San José de Fragua y Santiago.

Se entiende la acepción de dominio por la relativa homogeneidad de una macrounidad del tamaño de la Amazonia Colombiana y, desde luego, en relación con el tamaño menor de las unidades definidas en los espacios andinos. El espacio del Dominio Amazónico ocupa las partes más bajas del Macizo y su influencia no es de importancia.

A esta macrounidad pertenecen los siguientes sistemas morfogénicos:

- Llanura aluvial de desborde de los ríos andinos y amazónicos
- Modelado de disección

## AMBIENTE DE BIODEGRADACIÓN

El componente orgánico del suelo se considera como un ambiente de biodegradación, porque al interior de él se están sucediendo una serie de transformaciones donde se descomponen, acumulan y reciclan elementos esenciales para los flujos energéticos, todos estos cambios son producto de una interacción entre organismos (Macro, meso y microflora edáfica) los factores del suelo, los factores ambientales, el material parental, los residuos tanto animal como vegetal depositado y los materiales orgánicos producto de la descomposición.

El componente orgánico tiene un gran número de funciones dentro del suelo, por una parte provee a las plantas de nutrientes y éstos a su vez tienen funciones importantes entre las que tenemos: proporcionar a los organismos del suelo material indispensable para la síntesis protoplasmática, abastecer de energía necesaria a los organismos para su crecimiento celular y reacciones biosintéticas, servir como aceptor de elementos liberados en las reacciones que proporcionan energía a los organismos, en los organismos aeróbicos el O<sub>2</sub> desempeña esta última función en los organismos anaerobios estrictos o facultativos algunos productos del metabolismo o algunas sustancias inorgánicas reemplazan

el  $O_2$ , la fuente de energía para los organismos heterótrofos son la celulosa, la hemicelulosa, la lignina, el almidón y los ácidos orgánicos entre otros.

Además de las funciones anteriores el componente orgánico de suelo incrementa el reciclaje de nutrientes y ayuda a la sustentabilidad de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, su importancia en la estabilidad natural radica en que al formar estructuras o agregados provee al suelo de estabilidad por largo tiempo, dichos agregados son producto de muchas fuerzas incluyendo ligamentos mecánicos por raíces e hifas de algunos hongos, al combinarse con minerales de arcillas producen segmentos con las partículas del suelo, formando unidades estructurales llamadas agregados, al formar complejos órgano-minerales con la parte inorgánica del suelo dándole una gran estabilidad a éste evitando que el componente orgánico sea degradado y descompuesto fácilmente por la microflora edáfica.

Entre los procesos que intervienen en la descomposición del componente orgánico tenemos la mineralización y la humificación la velocidad con que estos se realizan dentro del suelo dependen del contenido y tipo de materia orgánica, clase de cultivo o cobertura vegetal, temperatura humedad, pH, profundidad, aireación y factores locales como relieve precipitación y tiempo.

#### VALORES Y DISTRIBUCIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EN LOS SUELOS DEL MACIZO

Los suelos bajo condiciones naturales presentan un rango característico tanto cualitativo como cuantitativo de la materia orgánica, resultado del equilibrio natural entre la acumulación de la materia orgánica y su mineralización. Este equilibrio va a depender del clima, organismos, minerales producto de la descomposición del material parental como Ca, Mg, Fe y Al entre otros, altura y un gran número de factores, este equilibrio se altera por la acción del hombre, que consecuentemente, da lugar a otras modificaciones en la cantidad y contenido de la materia orgánica que se acumula en el suelo. Para el presente estudio consideraremos la materia orgánica en términos de carbón orgánico.

Los factores que se tuvieron en cuenta para determinar los contenidos de materia orgánica en los suelos estudiados, son: la temperatura, el contenido de humedad del suelo, la presencia de cenizas volcánicas (alófanas) la altitud y la presencia o ausencia de cobertura vegetal y algunas características químicas como Bases de cambio, pH y la CICA.

De esta manera, en el Macizo debido a la variabilidad de estos factores se encuentran suelos con muy alto contenido de Carbono orgánico en los climas más fríos y húmedos, principalmente aquellos formados a partir de cenizas volcánicas, las cuales una vez entran en el proceso de alteración facilitan la acumulación de complejos órgano-minerales retardando el proceso de descomposición de las sustancias orgánicas, suelos con contenidos intermedios en climas medios sin alófana y suelos con contenidos bajos a altos en alturas menores de 1000 metros sobre el nivel del mar

Para el estudio de los contenidos de carbón orgánico del Macizo Colombiano se analizaron 70 perfiles de suelo, descritos y caracterizados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, ubicados en algunos municipios de los departamentos de Nariño, Huila, Cauca y Tolima, encontrándose valores entre 0.26 y 23.40% los cuales se estudiaron de acuerdo a las franjas altitudinales.

Analizando los contenidos de Carbono orgánico se observa que en general hay una tendencia a aumentan con la altura, este comportamiento se comprueba cuando se realizó el análisis de correlación entre el porcentaje de Carbono y la altura, dando un valor positivo de 0.30 en las franjas altitudinales entre los 2000 y 3600 m.s.n.m, en estos suelos se encontró un valor mínimo de 1.48, un máximo de 23,4 y un promedio de 6.91 Ver Gráfica Es de anotar que existen perfiles de suelos con valores máximos de 23,4 y de 13,22%.

Los altos contenidos de carbón orgánico en estos perfiles se pueden explicar a través de algunas hipótesis. Primero los climas fríos disminuyen la duración e intensidad de la actividad biológica. Segundo, los estudios Jenny (1968) indican que en los Andosoles el Fósforo aprovechable es un factor que limita la tasa de mineralización de la materia orgánica. Por otra parte Munevar y Wollum (1983), encontraron que los contenidos altos de Carbono, comparados con otros suelos en clima similar, presentan bajas ratas de mineralización, fenómeno asociado con factores químicos, físicos y biológicos entre los cuales las deficiencias de P y N limitan el crecimiento microbiano, además de la elevada capacidad de adsorción enzimática por coloides inorgánicos y la inhibición de ciertas encimas (proteasas), con lo cual se retarda su degradación. Tercero se ha conceptualizado que la materia orgánica ligeramente humificada, por efecto de la adsorción sobre el material alofánico, puede ser protegida contra la degradación microbiológica. Estos factores parecen obrar efectivamente en este sentido aunque con diferente importancia o participación relativa.

Como cuarta hipótesis se tiene que la síntesis de polímeros húmicos de alto peso molecular (macromoléculas) que interactúan con los componente alofánicos, forman complejos altamente resistentes a la biodegradación Zunino, 1983.

Relación carbón orgánico con altura en la Alta Montaña del Macizo Colombiano

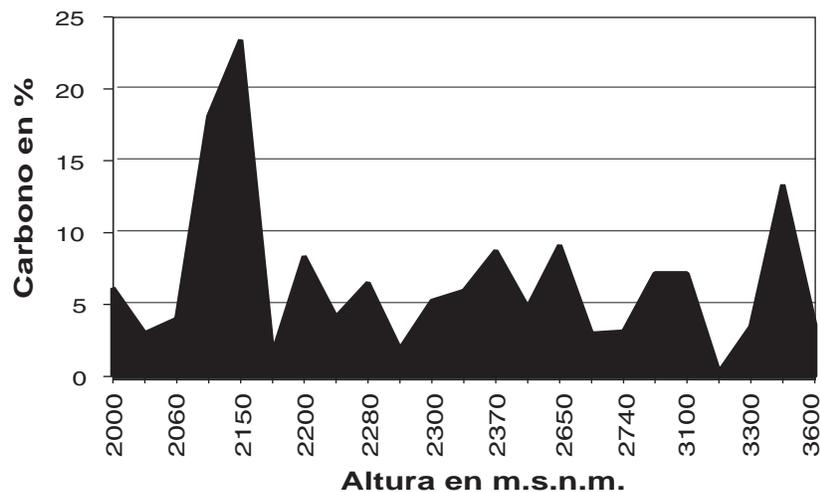


Gráfico 12. Correlación entre el carbón orgánico y la altura en los suelos de la montaña alta

Entre las características de los suelos derivados de cenizas volcánicas es importante resaltar la capacidad de retención de agua que tienen estos, la cual supera el 20%, encontrándose en el valle del Cauca suelos con retención de agua del 53% a 15 bares la cual se debe al alto contenido de materia orgánica y desde luego al porcentaje elevado de material no cristalino (alófanos), o posiblemente a la presencia de complejos alofano-húmicos. Luna C, 1975.

La densidad aparente es otra propiedad muy importante que se tiene encuentra en el estudio de suelos derivados de cenizas volcánicas ya que esta es una medida indirecta de la porosidad la que influye notoriamente en el movimiento del agua y el almacenamiento del aire, ambos factores muy

importantes en el crecimiento normal de las plantas. La densidad aparente se halla relacionada con la disposición de las partículas para formar los agregados, en los cuales el componente orgánico y el componente mineral especialmente la fracción arcilla tienen un papel muy importante, es de anotar que al aumentar la proporción de minerales arcillosos en los suelos se obtenga un efecto estabilizador de la materia orgánica y un incremento en su contenido. Sombroek, 1986.

A pesar de que las condiciones del clima, temperatura, precipitación y vegetación se catalogan como factores importantes que afectan el contenido de materia orgánica en los suelos se ha encontrado que los Andosoles tienen altos valores de materia orgánica independiente del clima en comparación con los suelos no alofánicos.

La distribución de los valores de carbón orgánico en la mayoría de los casos es mayor en el horizonte superficial que en los subsuperficiales, esto se debe a que la materia orgánica se halla formando complejos arcillo-húmicos que son muy resistentes al ataque de los microorganismos del suelo, lo que hace que estos complejos se acumulen, por otra parte las áreas no intervenidas bajo vegetación natural pueden acumular material vegetal en el horizonte A como consecuencia de la caída de la hojarasca.

En el piso altitudinal entre los 1000 y 2000m.s.n.m se encontraron valores mínimos entre 0.64 y un valor máximo de 17.14, con un promedio de 3.58.

Considerando estos valores medios a alto para este piso altitudinal. La variación en los contenidos del Carbono orgánico en estos suelos puede deberse a la variedad o naturaleza de suelos aquí encontrados y ubicados en diferentes condiciones ecológicas, al material parental, además se estima que en cada piso altitudinal hay diferentes formaciones vegetales lo cual unido a las variaciones de los factores de formación de los suelos están influyendo sobre los contenidos de carbón orgánico, la deforestación es otro de los factores que causa esta disminución, los trabajos de Alexander y Pichott (1979) evidencian las pérdidas de materia orgánica cuando el suelo paso de bosque a cultivo siendo estas mayores en suelos de clima medio que en suelos de clima frío. Atribuyéndose este efecto a las mayores temperaturas de la zona que inducen una transformación bioquímica más rápida de los compuestos orgánicos.

Por debajo de los 1000m se encuentran valores mínimos de 0.41 y promedios de 1.71 los cuales se consideran altos para esta franja altitudinal, no obstante al estar estos suelos en clima seco y medio húmedo la precipitación anual (2500 a 3500 mm), la humedad relativa entre media y alta (65 y 75%) y una temperatura moderada o creciente a medida que se baja de las pendientes son factores suficientes para que se dé una producción primaria relativamente alta, acelerando la biodegradación de la materia orgánica favoreciendo poblaciones de macro y mesofauna además de microorganismos que ayudan al proceso de mineralización.

De los perfiles estudiados se puede concluir que el contenido de carbón orgánico disminuye progresivamente en los horizontes inferiores en la mayoría de los perfiles estudiados.

## PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Las características biológicas de los suelos, tales como distribución de las poblaciones de la flora y fauna, la densidad de población, desarrollo, crecimiento y actividad están determinadas y controladas por las propiedades físico-químicas de los suelos, la cobertura vegetal y el uso y manejo de éstos entre otras. Aunque no existen estudios específicos sobre distribución de flora y fauna en estos suelos, los estudios sobre mesofauna realizados por Van der Hammen (1989) nos permiten tener una aproximación sobre esta distribución de estos organismos, dadas que las condiciones de estudio son similares.

En general la vida animal depende de la cantidad de alimento de las condiciones climáticas, (especialmente de temperatura y humedad) y de los sustratos en los cuales o sobre los cuales viven los animales (vegetación, suelos, agua, montaña alta media baja roca y nieve).

Con relación a los nutrientes las montañas altas ofrecen en general y bajo condiciones de humedad comparable menos recursos que las zonas más bajas, y con diferencias apreciables según el cinturón altitudinal como consecuencia de la menor biomasa de las plantas.

También las condiciones climáticas, en general son menos favorables para los organismos de las altas montañas si se comparan con las condiciones de tierras bajas además existen variaciones dependientes de la altitud, la exposición, la inclinación y la latitud geográfica, otro factor que influye considerablemente sobre la distribución densidad y diversidad de los organismos, en la Montaña Alta es la presencia de un clima poco uniforme y bien distribuido. Al hacer un análisis sobre la presencia y distribución de algunos organismos edáficos se tiene:

Dentro de la mesofauna los grupos más comunes son los Acaros, Collembolos, Coleoptera, Myriapoda, Insecta y algunos Artrópodos, parece que la presencia de estos grupos en particular esta relacionada con la temperatura del suelo, y para Acaros y Collembolos la causa de su presencia podría ser la alta acumulación de humus también relacionada con la temperatura.

Según (Valencia 1983) al comparar la actividad biológica especialmente la microbiológica hay mayor actividad a menor altura (2100 y 2700), párese ser que el exceso de humedad y las bajas temperaturas suprimen en parte la actividad biológica.

El conjunto de condiciones antes descritas puede explicar el hecho, por el cual el número de especies tanto de flora y fauna edáfica y también el número de taxas superiores disminuyan con la altitud, además la colonización de las altas montañas por determinados organismos requieren de adaptaciones a las condiciones extremas de estos biotopos.

Este comportamiento de la distribución de los organismos no se puede generalizar si hay suelos de cenizas volcánicas ricos en nutrientes y con una alta capacidad de producción vegetal la cual puede albergar un número mayor de organismos y de taxas, dentro de estos suelos los niveles tróficos existentes se mantienen debido a la incorporación continua de residuos vegetales en el suelo, los cuales con la interacción de la microflora macro, meso y microflora a través de los procesos lentos de pero continuos de humificación y mineralización suministran el material necesario para el mantenimiento de los organismos y del ecosistema propiamente dicho.

Trabajo realizado por Sturm (1995) sobre distribución de mesofauna en pisos altitudinales entre los 2000 y 2700m.s.n.m afirma que en este intervalo altitudinal desaparecen las hormigas (Formicidos) y las termitas (Hisopear) párese ser que esta distribución esta directamente relacionada con la temperatura.

En general en las áreas más bajas donde todavía existe bosque, en su mayor parte natural la fauna es relativamente rica, las adaptaciones no son muy evidentes a causa de la baja altitud y la presencia de diferentes sustratos especialmente el suelo y la vegetación. La presencia de horizontes bien desarrollados con un contenido alto de humus permite la existencia de una fauna muy variada, los artrópodos son los organismos más abundantes, dentro de éstos, el orden Collémbola ocupa después de Coleóptera y Díptera el segundo lugar. Cabe destacar algunos ordenes de la clase Arachnida como los Pseudoescorpiones, opiliones que juegan in papel muy importante como depredadores y detritívoros.

En general las poblaciones edáficas son abundantes especialmente la de los artrópodos los cuales han sido especies cosmopolitas, como consecuencia de su alta capacidad de propagación y adaptación, Muchas de las especies edafofaunísticas pueden ser transitorias ocupan un determinado nicho en una época del año, otras están muy relacionadas con la vegetación o con la clase de cultivo, algunas de estas especies pueden hallarse en grandes zonas y otras están presentes o son endémicas de

áreas pequeñas. En general la importancia de la fauna esta en la capacidad de descomponer la materia orgánica en forma rápida y mezclar el humus entre un horizonte y otro.

Analizando la cobertura vegetal del Macizo Colombiano se observa que un porcentaje muy alto ha sido desmotado por quema y tala siendo remplazados por agro ecosistemas donde predominan los cultivos de papa, yuca, frijol, maíz plátano y café, una extensión considerable del área actualmente se encuentra bajo pastos naturales y mejorados cuyo uso es la ganadería extensiva.

La alteración del medio implica una variación de las poblaciones edáficas, así como las de sus funciones. A pesar de que el impacto de este cambio es difícil cuantificar es probable que exista un descenso en la densidad de las poblaciones edáficas, en la diversidad y las tasas de mineralización, descomposición y humificación presenten una alta reducción consecuencia de la desaparición de algunas poblaciones microbiológicas, las cuales van a incidir sobre la productividad de estos suelos.

En los ambientes naturales no disturbados existen poblaciones edáficas permanentes que permiten la estabilidad y sustentabilidad del ecosistema. El cambio de la cobertura vegetal por cultivos y pastos implica cambios edáficos, los cuales originan condiciones para que solo los organismos más adaptados permanezcan en el medio, con la consecuente pérdida de e funcionalidad dentro del ecosistema.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Para la descripción y análisis de los suelos del Macizo Colombiano se cuenta con perfiles georreferenciados de los departamentos del Tolima, Cauca, Huila y Nariño. Cada perfil de suelos se ubicó dentro de los respectivos sistemas morfogénicos, y las formaciones superficiales correspondientes. Los perfiles de suelos fueron tomados de los estudios de suelos de la zona realizadas por el IGAC.

Como características internas de cada perfil se seleccionaron la profundidad efectiva, textura y las principales limitaciones que estos tienen para el uso y manejo. Igualmente para cada horizonte del perfil se definió la profundidad de cada uno, nomenclatura, información sobre propiedades físico-químicas tales como: CICA (Capacidad Catiónica de Cambio), CICE (Capacidad de Cambio Efectiva), CCV (Capacidad Catiónica Variable), SAL (Saturación de Aluminio), porcentajes de arena, limo y arcilla, bases de cambio, Ca, Mg, K, Na, Al (Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio y Aluminio), SBA (saturación de bases), porcentaje de carbono y contenidos de fósforo en partes por millón (p.p.m).

Con el ánimo de tener una apreciación de la geodinámica entre los componentes del perfil geopedológico, los perfiles de suelos se relacionaron con las macrounidades (geosistemas), la geoestructura, la naturaleza de las formaciones superficiales y los procesos de erosión actuales y/o potenciales.

Se hace una descripción empezando por el ambiente de Biodegradación, propiedades físicas, químicas y mineralógicas.

Para el análisis de la información se procesaron los datos de suelos, mediante análisis estadístico, especialmente se tomó información de valores máximos, mínimos y promedios de las principales características de los suelos en los diferentes pisos térmicos, igualmente se determinó la correlación entre las principales variables del suelo, los resultados se presentan en gráficas que nos permiten entender el comportamiento de las diferentes características en los suelos del Macizo.

Para iniciar la discusión de los suelos del Macizo se comienza con algunas apreciaciones sobre suelos derivados de cenizas volcánicas, los cuales ocupan una gran proporción en el Macizo Colombiano, cerca del 65.5% aproximadamente.

## PEDOGÉNESIS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS

Los suelos con influencias volcánicas alcanzan el 11.6% de los suelos del país dentro de las cuales se incluye el área correspondiente del Macizo y sus zonas de influencia en la alta y media montaña.

Los andosoles tienen una génesis muy compleja. En el caso colombiano se interrumpe con frecuencia en el tiempo por efectos de las erupciones volcánicas provenientes de las cadenas volcánicas de Centroamérica y de Colombia. Además los sistemas montañosos muy húmedos y de fuerte pendiente permiten truncamientos permanentes por efectos de procesos gravitatorios e hidrogravitatorios. Estos entornos tienen características biogeoquímicas muy específicas y de relativa homogeneidad. Cuando la alteración no está lo suficientemente madura se cuenta con suelos un poco diferentes en virtud de su poca evolución.

Las características y propiedades de los suelos derivados de materiales volcánicos (cenizas y basaltos) se acentúan con el tiempo bajo condiciones hidromórficas tropicales a partir de cierta estabilidad de la capa en alteración bajo condiciones de humedad relativa de media a alta y con vegetación poco lignificada fácilmente biodegradable, cuyos compuestos húmicos frescos son estabilizados por el material alofánico. Es de relevar la fuerte actividad biológica que hay en estos suelos representada en la meso y macro fauna en microorganismos como hongos y bacterias. Los hongos y la diversidad de la macro y mesofauna puede ser más importante y abundante en los climas templados con acidez media. Los microorganismos como las bacterias pueden predominar en la montaña fría con acidez baja y con vegetación mayormente lignificada y de hecho acidificante. Los comportamientos de la alteración de cenizas y material volcánico en Colombia varían con la altitud en razón del efecto bioclimático que condiciona los procesos biogeoquímicos.

Como se anotó este tipo de alteración y maduración se sucede en ambiente de montaña con fuerte humedad edáfica y atmosférica bajo ambiente de bosques andino y alto andino. Estos procesos no admiten estaciones secas marcadas e intensas.

Los Suelos alofánicos se caracterizan por la conformación de complejos aluminio-orgánicos en superficie y generación de productos alofánicos en la subsuperficie. Bajo condiciones favorables se forma un horizonte melánico que corresponde a un grado avanzado del proceso de andolización. Los perfiles típicos presentan una morfología de tipo Ao/A/C ó Ao/A/B/C. Suelen estar constituidos por varias capas de cenizas volcánicas cuando su origen es de material piroclástico suelto el cual bajo condiciones de humedad adecuada tiene un proceso de alteración rápida con un grado de diferenciación menor. Cuando el proceso se da sobre lavas basálticas el proceso de alteración es más lento, el material tiene mayor consolidación y la diferenciación de horizontes se hace más nítida.

Generalmente los suelos derivados de ceniza volcánica en ambiente húmedo y subhúmedo son resistentes a la acción hídrica superficial, los suelos suelen ser susceptibles a los movimientos en masa, en presencia de pendientes fuertes.

Como características químicas especiales se reportan una alta capacidad de cambio dependiente del pH. Por el contrario la saturación de bases tiende a ser baja. También se caracteriza por una alta capacidad buffer y alta retención de fosfatos, en razón de tener abundantes contenidos de aluminio y hierro activos.

La dinámica bioquímica da lugar a complejos órgano-minerales resistentes a la mineralización biológica pero de una manera que no afecta la liberación del nitrógeno necesario para el sustento vegetal. Las propiedades físicas están determinadas por un horizonte Ao muy importante sobre el cual subyace un horizonte A de espesor apreciable. La densidad aparente es baja y la capacidad de retención es alta. Se resaltan las propiedades tixotrópicas en el horizonte anterior.

Para los andosoles un contenido de carbón orgánico mayor al 6% se considera muy alto; entre 2.5 – 6% alto, entre 1.5 y 2.5% mediano. La densidad aparente fluctúa entre 0.5 y 0.8. Si bien la capacidad de retención de humedad es muy elevada el punto de marchitamiento también lo es. La permeabilidad es elevada y de consistencia tixotrópica, es decir suelos pegajosos al tacto y pulverulentos en seco. Las arenas suelen ser fragmentos de vidrio.

La capacidad de retener agua puede pasar el 100% y puede alcanzar hasta el 200% en andosoles tropicales hidromorfos. La desecación prolongada o permanente afecta la capacidad de retención de agua.

La capacidad de intercambio catiónico suele contener valores excepcionales que fluctúan entre 50 a 100 meq/100 g. de suelo, constituida por cargas dependientes del pH el cual generalmente es ácido. Los compuestos húmicos y alofánicos son responsables de este tipo de capacidad de intercambio ya que las arcillas tienen un papel menor en las cargas permanentes. La alófana o bien silicato de alumina amorfo, es responsable de las cargas variables y predominan sobre las cargas permanentes.

La alumina provoca la precipitación poco reversible de algunos fosfatos. Aunque la mineralización en este tipo de medios es lenta, el suministro del nitrógeno está asegurado.

A continuación se presenta un pequeño esbozo, de los procesos formadores que intervienen en los andosoles o con características cercanas, la importancia de la materia orgánica en la formación de andosoles, y síntesis de sus principales propiedades, antes de entrar a analizar lo relacionado con los suelos derivados de cenizas en el Macizo Colombiano.

#### **IMPORTANCIA DE LA GENERACIÓN DE PRODUCTOS ALOFÁNICOS Y DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL DESARROLLO DE LOS ANDOSOLES**

El proceso que ocurre en la formación de andosoles se conoce como Andolización, y posee dos subprocesos específicos relacionados fundamentalmente con la formación de complejos Al-Humus, (de preferencia en el horizonte superficial) y la generación de productos alofánicos (alófanos, imogolita, etc) en los horizontes superficial y subsuperficial, los horizontes pueden estar diferenciados de acuerdo con el grado de evolución asociados al mismo.

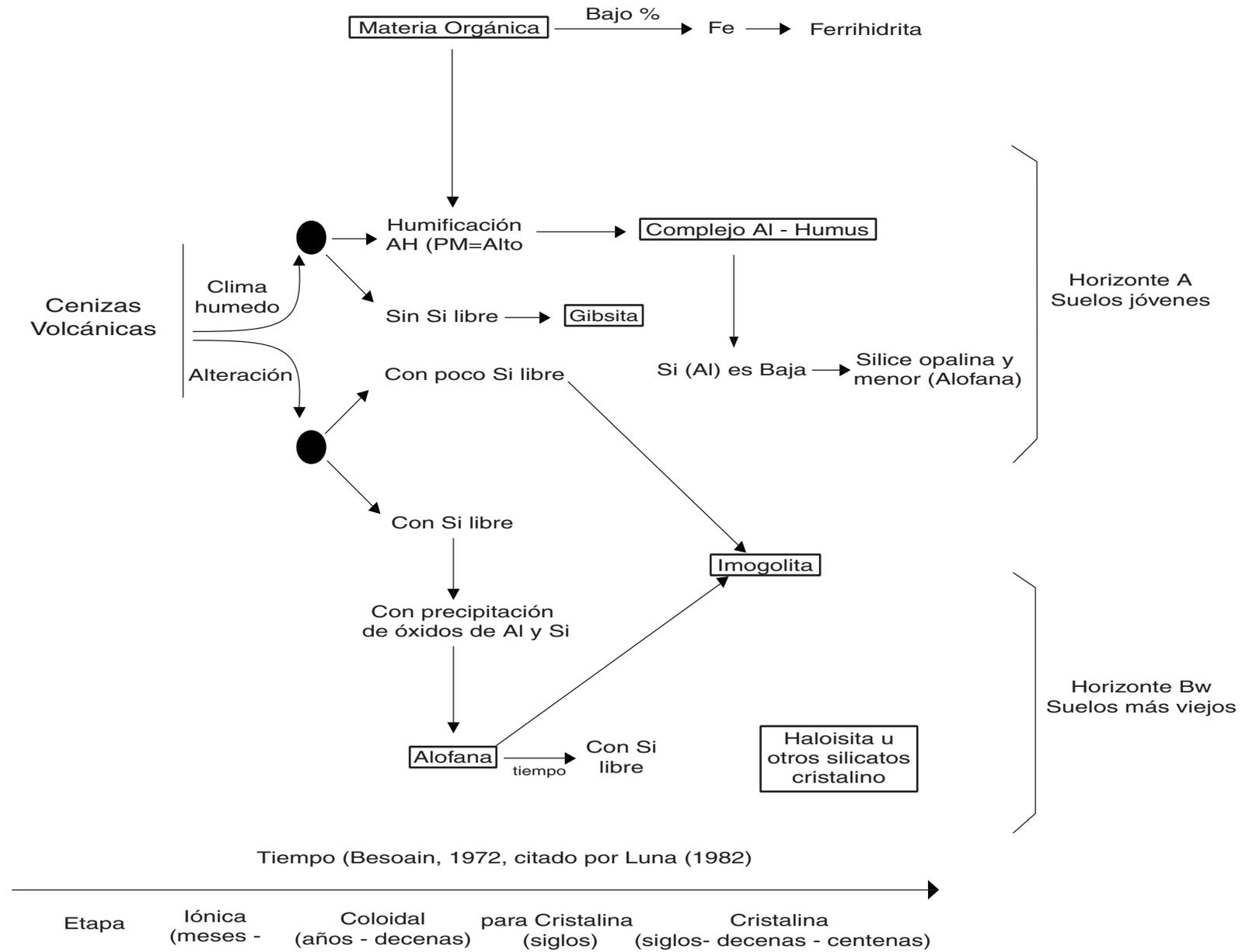
Los suelos ándicos se definen con base en un proceso general dominante, es decir en su transformación mineral y alteración no extrema con o sin dominancia de acumulación de minerales orgánicos, complejados con el aluminio.

La alteración genera fracciones coloidales con bajo grado de ordenamiento cristalino (alófana, imogolita, ferrihidrita), mientras que el complejo Al-Humus ayuda a estabilizar los compuestos húmicos en el horizonte superficial. Los procesos de eluviación e iluviación son mínimos (ICOMAND, 1988).

En la Gráfica No. 13 se presenta el modelo de evolución de la ceniza volcánica en medios húmedos, a manera de ejemplo de la forma como se altera la ceniza en estos medios y en él se señala muy claramente la importancia de la materia orgánica y los materiales alofánicos, que influyen en la formación de andosoles o bien de características cercanas.

#### **PAPEL DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA EVOLUCIÓN DE LOS ANDOSOLES**

En los andosoles la materia orgánica desempeña, con respecto a la edafogénesis, un papel de motor esencial, los complejos Humus-Aluminio y también Hierro-Humus, formados en condiciones masivas



**Gráfico 13.** Evolución de las cenizas volcánicas.

**Fuente:** Investigaciones sobre andosoles en Colombia, 1991.

evolucionan in situ, sin sufrir migraciones, debido a una policondensación moderada de los amorfos, tanto orgánicos como minerales.

Los compuestos minerales amorfos estabilizan la materia orgánica y la protegen contra la acción microbiana, razón por la cual encontramos en los perfiles del Macizo Colombiano, altos contenidos de materia orgánica.

Esta formación masiva de complejos órgano-minerales amorfos, es independiente de la vegetación y esta regida exclusivamente por el factor clima y por el factor material mineral (que en el Macizo es de naturaleza volcánica, diabasas, andesitas, lavas volcánicas, etc.)

En la Gráfica No.14 se presenta la secuencia de la transformación de sustancias orgánicas, en suelos alofánicos.

#### **FACTORES PEDOGENÉTICOS EN LA EVOLUCIÓN DE LOS SUELOS DE CENIZA VOLCÁNICA DEL MACIZO COLOMBIANO**

Los anteriores criterios ponen de manifiesto que la evolución de los suelos de ceniza se halla ligada no solamente a la composición del material de origen sino también a otros factores pedogenéticos. Para el caso específico de los suelos andicos del Macizo Colombiano ubicados en la Montaña Alta, y parte de la Montaña Media, los factores que influyen en la evolución de la ceniza son los siguientes:

- La temperatura y humedad del suelo

La temperatura y el grado de humedad presentes en la Montaña Alta del Macizo Colombiano, son importantes para el desarrollo del suelo, en la zona alta donde la temperatura es menor de 8° Centígrados y el contenido de humedad bajo, hay una alteración lenta de la ceniza, con una formación escasa de material no cristalino (alófanos).

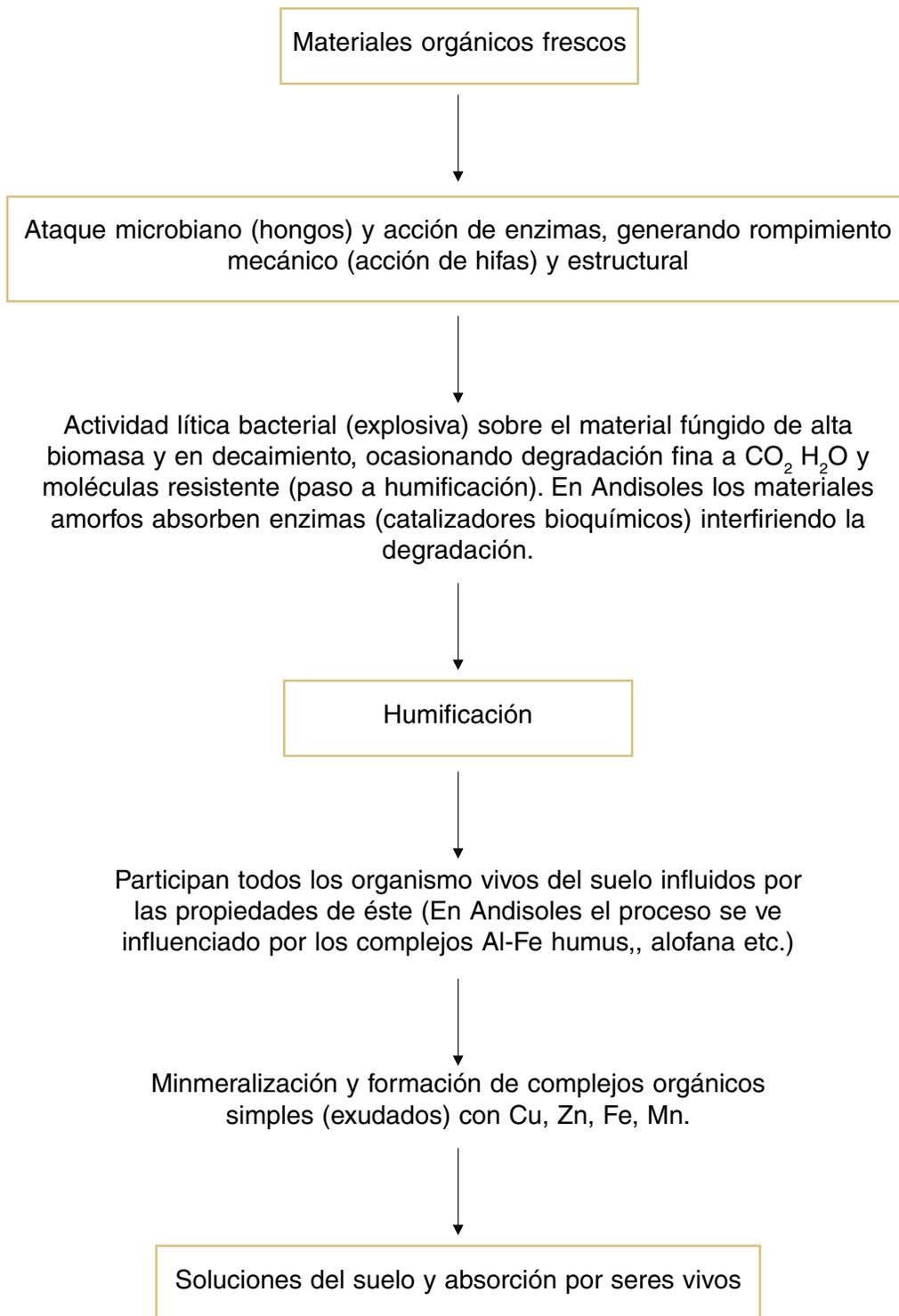
Igualmente en sectores donde la temperatura es baja, pero el grado de humedad es mayor, existe una mayor alteración de la ceniza y en consecuencia aumentará el contenido de las alófanos, igualmente la relación AH/AF, es alta.

- Composición de las cenizas

La composición de las cenizas influye también en algunas de las propiedades físico químicas de los suelos, para la zona del Macizo Colombiano, las cenizas presentan composición cuarzo andesítica, transformadas principalmente a alófanos, con una presencia baja de haloisita y metahaloisita (IGAC, 1995), que al alterarse origina suelos ácidos con bajas saturaciones de bases.

- Condiciones de depositación y topografía

Las condiciones de depositación de la ceniza sea esta en forma aérea, o por arrastre mediante la acción del agua, influyen notoriamente en las características morfológicas que presentan estos suelos, para el caso específico del Macizo la depositación fue en forma aérea, lo cual ocasionó de acuerdo a la inclinación del terreno, suelos profundos hasta superficiales en sitios donde la pendiente se cataloga como fuertemente escarpada, no obstante se encuentran sectores principalmente en los Altiplanos, donde la depositación ha sido por medio hidrogravitatorio.



**Gráfico 14.** Secuencia de transformaciones de sustancias orgánicas en suelos Alofánicos.  
**Fuente:** Zumino, 1983.

- Edad de la ceniza

La edad de la ceniza es un factor importante en el grado de evolución de los suelos de la Montaña Alta, en el Macizo Colombiano ha habido depositaciones continuas de ceniza volcánica, motivo por el cual al analizar los resultados de los análisis mineralógicos se observa que la presencia de minerales cristalinos aumenta con la profundidad del perfil, lo cual se explica hasta cierto punto por una sucesión de capas de ceniza de diferente edad.

- Acción antrópica

La vegetación natural influye de manera diferente a como lo hacen la pradera y los de cultivos anuales. Por ejemplo en la región de Gabriel López, a 3100 m de altitud, de acuerdo con Luna (1975), en suelos bajo pradera se pudo observar cierta tendencia hacia la podsolización (acumulación de Hierro y Aluminio en el horizonte B).

- Evolución de los minerales primarios

En la mayor parte de los suelos del Macizo, los feldespatos (plagioclasa) se encuentran en mayor porcentaje, le siguen en su orden los anfíboles (hornblenda), los piroxenos (hiperstena-augita), el vidrio volcánico, el cuarzo y otros minerales.

Acompañados de estos, se encuentran otros elementos conocidos como material vítreo, aglomerados y productos de alteración, estos materiales son subproductos de la ceniza volcánica y posiblemente algunos de ellos han conseguido la transformación suficiente para incluirlos dentro de algunas de las especies de minerales secundarios.

En general, investigaciones realizadas en suelos de ceniza volcánica, los suelos de clima frío húmedo como los del Macizo, los minerales se encuentran más frescos que en climas con temperaturas superiores. En la Gráfica No. 15 se presentan los productos de alteración de minerales primarios formadores de rocas.

- Evolución de los minerales secundarios

Como consecuencia de la alteración de minerales primarios se han formado una serie de minerales secundarios tales como: alófanas, haloisita y metahaloisita, minerales interestratificados, vermiculitas y micas en diferentes grados de hidratación (gibbsite y goetita). La alófana en condiciones de buen drenaje posee la siguiente etapa de alteración.

Alófana → Haloisita → Metahaloisita → Caolinita.

En algunos suelos del Cauca no se encontró Haloisita, lo cual se explica por deshidratación del mineral. En el departamento de Nariño, se ha determinado la ocurrencia de vermiculita por la transformación de la estructura interna de la biotita, por pérdida de potasio interlaminar.

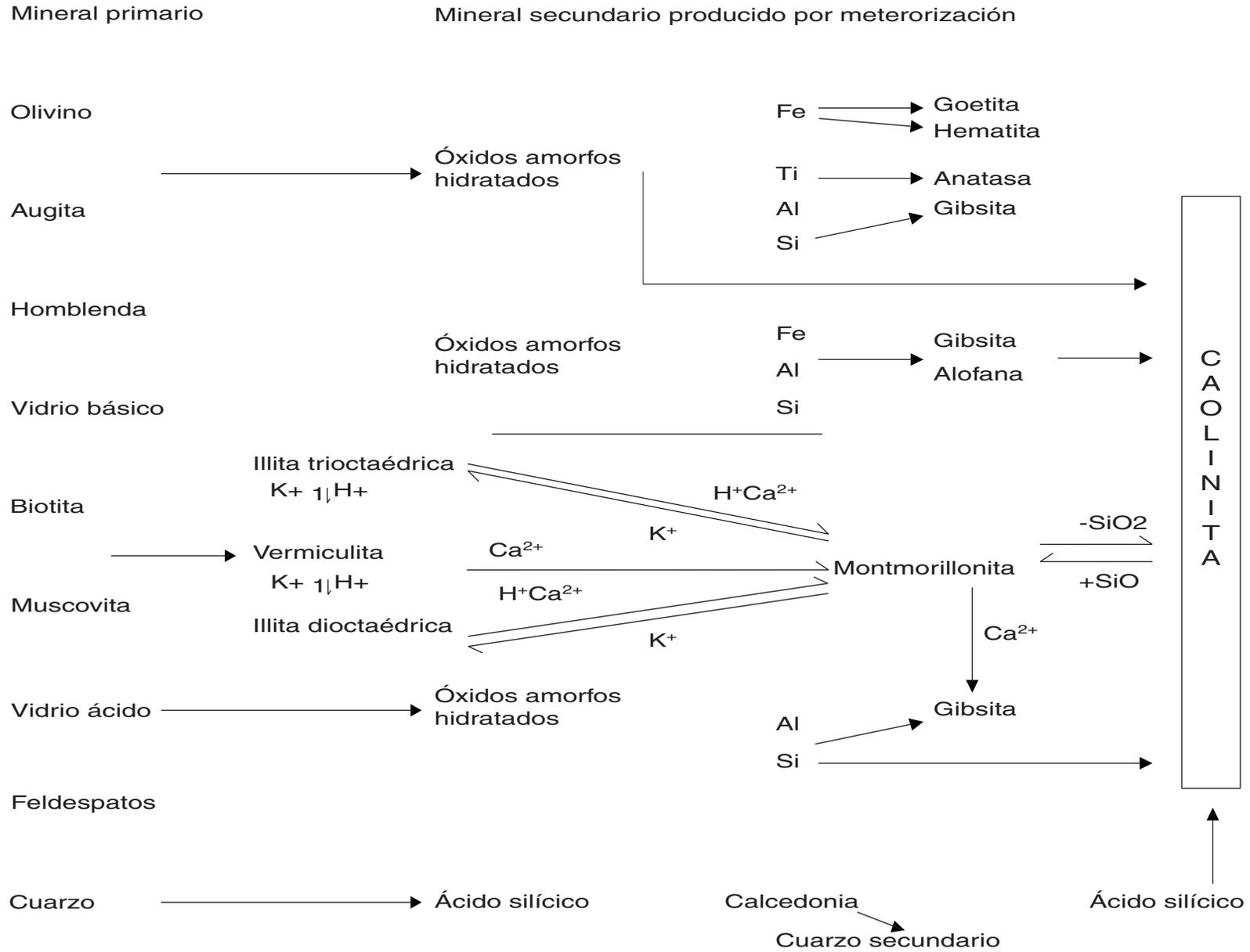
#### **PROPIEDADES GENERALES DE LOS SUELOS ÁNDICOS**

En la Tabla No. 24 se presenta en forma resumida las propiedades de los suelos andicos, de manera que sirvan como punto de partida en la comparación con los suelos derivados de ceniza volcánica en el Macizo Colombiano.

Propiedad	Característica de los suelos
Densidad	Baja densidad aparente menor de 0.85 g/cc.
Presencia de alófana	Complejo de cambio dominado por material amorfo Alófana.
Material piroclástico	Presencia de 60% o más (por peso) de materiales piroclásticos vítreos, en los primeros 35 cm, o más, de profundidad.
Complejos	Presencia de complejos Al-Humus.
Morfología del perfil	Perfiles de tipo AC o ABC
Color	Color del horizonte superficial oscuro, color del horizonte subsuperficial pardo amarillento con evidencias de translocaciones orgánicas de tonos grises.
Porosidad	Alta porosidad
Consistencia	Consistencia en húmedo friable (sensación untuosa cerosa o grasosa al tacto) Consistencia en mojado no pegajosas, ni plásticos
Tixotropía	Alta
Estructura	Granular y blocosa, agregados estables mayores de 2mm.
Superficie específica arcilla	Alta
Textura	Franco arenosa en campo, difícil de dispersar en el laboratorio.
PH	Ligeramente ácido a ácido 5.0-5.5
Materia orgánica	Altos contenidos de materia orgánica, pero con contenidos menores de 25%
Compuestos	Dominancia de compuestos con bajo grado de polimerización y abundantes húminas
Saturación de bases	Menor de 10%
Capacidad de cambio	Alta tanto catiónica como aniónica, catiónica generalmente superior a 30 meq/100g
Capacidad buffer	Alta
Fósforo	Alta retención de fosfatos, mayor del 85%.
Aluminio	Aluminio activo abundante, mayor del 2%
Relaciones AH/AF	Variable, dependiendo con el grado y tipo de evolución, generando complejos organo-minerales resistentes a la mineralización biológica.
Naturaleza de la arcilla	Alófana, Imogolita, Ferrihídrita, Haloisita, Metahaloisita
Naturaleza de la arena	Vidrio volcánico, feldespatos, anfíboles, piroxenos

**Tabla No. 24.** Resumen de las propiedades de los suelos ándicos.

**Fuente:** Investigaciones sobre Andoseles, IGAC 1991. Douchafour, 1982.



**Gráfico 15.** Productos de alteración de minerales silicatados formadores de rocas.  
*Traducido de:* F.C. Beavis, 1982

- Características generales de los suelos andicos presentes en el Macizo Colombiano

A continuación se mencionan de manera muy general las características de los suelos ándicos presentes en el Macizo, dada la importancia que estos ocupan tanto en extensión como por poseer características muy especiales para el uso y manejo. En el transcurso del documento se analizan mas detalladamente los aspectos concernientes a los suelos del Macizo.

De acuerdo a los análisis físicos y la descripción de los perfiles de suelos tomados de diferentes estudios de suelos (Cauca, Nariño y Huila) reportados en la bibliografía, se han determinado las diferentes características, que se explican a continuación.

- Suelos derivados de ceniza volcánica en el Cauca y Nariño

En suelos derivados de cenizas volcánicas con material subyacente de diferente composición tales como andesitas, esquistos, lavas volcánicas, etc; Aproximadamente el 70% de los suelos pertenecen a la clase textural FA (franco-arenosa), el 15% a la clase textural FAr (francoarcillosa) y F (franca) y porcentajes menores distribuidos entre las texturas franco-limosa (FL), franco arcillo arenosa (FarA) y franco arcillo limosa (FArL).

La fracción limo es superior en la mayoría de los suelos, la relación limo/arcilla es mayor de 1.

El alto contenido de limo se interpreta como un índice de mediana evolución del suelo, fracción comprendida entre 2 y 20 micras.

La arena se encuentra en cantidades inferiores al 30%, en los primeros horizontes de la mayoría de los suelos, con tendencia a aumentar en la profundidad. Los porcentajes de arena se hallan distribuidos en los tamaños comprendidos entre 50 y 250 micras.

Los altos contenidos de arena posiblemente se deben principalmente a los complejos arcillo húmicos y en este caso los compuestos alófono-húmicos, son responsables en gran parte de mantener aglutinadas las partículas del suelo impidiendo su dispersión.

En general, los horizontes inferiores tienen texturas más finas en los horizontes superiores que en los inferiores, por lo tanto el contenido de arcilla disminuye con la profundidad del perfil, la explicación de este fenómeno en los horizontes subyacentes podría ser la formación de agregados (pseudo-arenas y pseudo-limos), en estos suelos parece acentuarse en los suelos de mediano grado de desarrollo y posiblemente disminuye, cuando la naturaleza de la arcilla (alófanas) evoluciona del estado no cristalino al cristalino.

En la mayoría de los suelos la retención de humedad es alta (mayor del 20%), lo cual se debe muy posiblemente a los altos contenidos de materia orgánica y a la presencia de alófana.

La densidad aparente en la mayoría de los suelos es inferior a 0.85 g/cc, llegando en algunos a valores de 0.30 g/cc. Los suelos mas evolucionados que tienen mezcla de ceniza reciente con otros materiales tienen una densidad aparente algo más alta, pero no sobrepasan los valores de 1.13 g/cc, generalmente los horizontes inferiores poseen valores más altos de densidad aparente, los valores más altos de densidad aparente en los horizontes inferiores se atribuyen a disminución en los contenidos de materia orgánica, y a la menor presencia de alófanas.

Estudios realizados por Luna (1978), en secciones delgadas de suelos del Cauca, señalan que en la microestructura se aprecia un gran número de espacios vacíos (poros), típico en los suelos con baja densidad aparente.

Bajo el punto de vista de suministro de agua y aire para las plantas, los perfiles estudiados poseen una capacidad satisfactoria. En caso de ser utilizados en reforestación o construcción de vías pueden

presentarse problemas, sobre todo cuando la capa de cenizas es muy delgada y reposa sobre estratos de roca tipo diabasa, granitos.

Otro aspecto importante para resaltar es que los suelos en general son estables, cuando están en pendientes planas, no obstante cuando poseen pendientes fuertes y reposan sobre rocas metamórficas especialmente del tipo esquistos, rocas volcánicas como las andesitas y lavas volcánicas, comunes en la Montaña Alta, se convierte en un medio muy inestable, causando frecuentes fenómenos de remoción en masa.

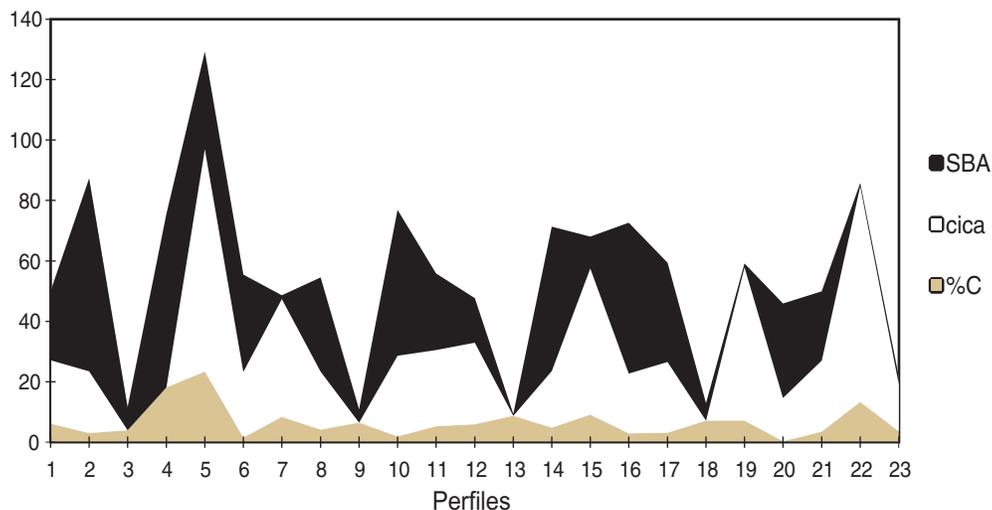
Los suelos del Macizo Colombiano, son relativamente jóvenes, formados en condiciones de buen drenaje, los valores de pH, son inferiores a 5.5, la capacidad de cambio es alta, el contenido de bases es bajo, el aluminio de cambio es alto, el fósforo aprovechable para las plantas es bajo y los suelos tienen un alto poder de fijación de este elemento.

Los valores altos de capacidad catiónica de cambio están asociados a los altos valores de materia orgánica y a la presencia de alófana, contradicción especial lo hacen las bases que se encuentran en bajas cantidades, la suma de bases oscilan entre 0.5 y 7.9, en el primer horizonte y contenidos mucho mas bajos con la profundidad. Véase Gráfica No. 16

Los valores de saturación de bases son menores del 100% lo cual implica la presencia de otros agentes generadores de cargas negativas que suele ser la materia orgánica debido entre otros a la presencia de radicales del tipo  $RCOO^-$  y  $RO^-$

Los cationes intercambiables Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio son en general bajos, particularmente en los horizontes inferiores. Los valores relativamente altos que se encuentran en los horizontes superficiales, se deben al ciclo biológico de la cobertura vegetal.

Relación CICA - C% - SBA en la Alta Montaña



**Gráfico 16.** Relación entre la CICA en meq/100g, SBA y C en %, en suelos andicos de la Alta Montaña.

**Fuente:** Pérofiles de suelo IGAC - Procesamiento de la información IDEAM.

Además se observa que la disminución en el contenido de bases es gradual, a menos que se trate de depósitos de diferente composición, o de rocas diabásicas, como se observan en algunos perfiles de suelos, reportados por el IGAC 1979.

En la parte del Cauca, especialmente en los suelos de los municipios de Corinto, Caloto, los suelos de estas zonas poseen un aumento en el contenido de cationes intercambiables, esto coincide con zonas de acumulación de Hierro (placas), a través de los cuales se dificulta la movilización normal de elementos dando como resultado una concentración de bases.

En muy pocos perfiles existe dominancia del Magnesio sobre el Calcio, no obstante existe un dominio del Magnesio sobre el Calcio en (Toribio), esto podría atribuirse a la abundancia de minerales ferromagnesianos, que al alterarse dejan en libertad el Magnesio.

De otra parte el predominio de feldespatos ácidos plagioclasa, sobre otros feldespatos de este grupo, hace que los contenidos de calcio sean bajos.

Los contenidos de potasio son en la mayoría de los suelos iguales o menores de 0.2 meq/100g, en todos los horizontes estos niveles se consideran bajos.

En relación con lo contenidos de materia orgánica, debido a la variabilidad de estos factores, se encuentran suelos con muy alto contenido de materia orgánica en los climas más fríos y húmedos.

Los contenidos de carbón orgánico en general aumentan con la altura, existen perfiles de suelos con valores de 23,4 y de 13,22 como valores máximos encontrados en las franjas altitudinales de 2000 a 3000 metros sobre el nivel del mar y superiores.

Los altos contenidos de carbón orgánico en estos perfiles se debe a la acumulación de material vegetal que se encuentra parcialmente descompuesto.

Los valores de carbón orgánico son en la mayoría de los casos superiores en el horizonte superficial que en los subsuperficiales, esto se debe a varias razones, entre las que se destacan los complejos que forman las cenizas volcánicas con los materiales orgánicos, a las bajas temperaturas que favorecen la acumulación mas que la mineralización y la materia orgánica se halla formando complejos arcillo-húmicos que son muy resistentes al ataque de los microorganismos del suelo, lo que hace que estos complejos se acumulen.

Los contenidos de fósforo en estos suelos son muy bajos, En suelos volcánicos del departamento de Nariño, se encontró que la mayor parte del fósforo estaba unido a la materia orgánica, siguiendo en su orden el fósforo unido al hierro, al hierro ocluído, al aluminio y una pequeña porción al calcio. IGAC (1979).

En los suelos volcánicos de Nariño y Cauca, se encontró que en la fracción arena en el grupo de los minerales livianos predomina el cuarzo, fitólitos, vidrio volcánico, feldespatos, material vítreo.

Los cuarzos los hay incoloros y de aspecto lechoso y son de contornos subredondeados y subangulares, los fitólitos por lo general no manifiestan signos de alteración.

El vidrio volcánico es incoloro lo que corresponde a un material de carácter ácido, pero es posible suponer que en la ceniza original hubiera existido vidrio volcánico alcalino (riolítico), que por ser menos resistente fue meteorizado. Esta suposición se hace en consideración a que los materiales volcánicos son de naturaleza andesítica.

Los feldespatos se presentan en varios estados de alteración, desde granos de apariencia fresca, hasta aquellos muy alterados, de carácter isotópico, la mayoría de estos feldespatos pertenece al tipo intermedio plagioclasa (andesina).

Igualmente otro grupo con buena presencia en los suelos volcánicos del Cauca y Nariño, es el de los piroxenos, principalmente (Augita e Hiperstena).

En la fracción arcilla, en los suelos predomina la alófana especialmente del tipo "Alófana B", en el cual el sílice y la alúmina se hallan sueltas

El material de alteración más importante en la Montaña Alta es de naturaleza no cristalina, primordialmente constituido por alófana. En los horizontes inferiores se encuentra un incremento notable de gibsita. En suelos cuyo material parental son cuarzodioritas predomina la cristobalita, en algunos

perfiles del Cauca no existe este mineral, tal vez podría atribuirse a la diferente composición de materiales volcánicos o al diferente grado de intensidad en la meteorización de los mismos.

La metahaloisita se encuentra en buenas cantidades en los horizontes subyacentes de los perfiles de suelo y aumenta a profundidad. La presencia de este mineral se debe a que las cenizas volcánicas evolucionan progresivamente, dando lugar a la formación de alófanos y luego a minerales cristalinos, uno de los cuales según las condiciones de formación puede ser la metahaloisita.

La composición mineralógica de la fracción arcilla es la responsable de algunas características físico-químicas de los suelos, es así como el material amorfo alófano contribuye a favorecer propiedades como la capacidad catiónica de cambio, la porosidad, la retención de humedad y la estructura, pero así mismo algunas propiedades se ven desfavorecidas, ya que la alófano tiene alto poder de fijación de fósforo, alto poder buffer y baja tasa de mineralización de Nitrógeno.

- Suelos derivados de ceniza volcánica en el Huila

El color de los suelos en los suelos volcánicos del Huila, generalmente está ligado al contenido de materia orgánica y a su grado de evolución, por lo general los suelos que se encuentran en altitudes superiores a 2500 m, en climas húmedos son más oscuros (sobre todo en el horizonte superficial), que aquellos que se encuentran a menor altitud.

Los suelos poseen alto grado de cohesión y adhesión, propiedad característica de los suelos volcánicos, poco evolucionados, en general las demás características físicas son muy similares a los suelos del Cauca y Nariño.

Los suelos derivados de ceniza volcánica del Huila ubicados en los municipios de La Plata, La Argentina, tienen valores de pH en agua de 5.3 y aún menores. El pH aumenta hacia la profundidad del perfil. El intervalo de pH en los suelos del Huila oscila entre 4.5 y 5.0, considerado como muy ácido, también se inicia la formación de horizontes placicos, en el cual para la formación de estos horizontes tiene relación con los ciclos de humedad y fenómenos de oxidación-reducción. IGAC 1985.

Los suelos del Huila derivados de cenizas volcánicas, presentan bases de cambio menores a 2 m.e/100g, (por suma de bases), cerca de la Argentina algunos suelos presentan valores entre 17 y 24 meq/100g, lo que se explica por la influencia de materiales distintos de las cenizas, o bien por acumulación de sustancias solubles de la misma ceniza, de estratos que se encuentran a mayor altitud donde está localizado el perfil donde se tomó la información.

En general en los suelos ácidos del Huila, la saturación de bases es baja, y la saturación de aluminio en los horizontes superficiales es mayor de 60%, lo cual resulta tóxico para las plantas de escaso desarrollo radicular.

Los valores de CICA son altos, lo cual se halla relacionado con los contenidos relativos de cargas variables causada principalmente por la presencia de alófanos y materiales orgánicos.

El carbón orgánico en los suelos ácidos del Huila, presenta valores que oscilan entre 15 a 2%, los valores más altos se encuentran relacionados con los altos contenidos de humedad. El contenido de carbón orgánico disminuye hacia la profundidad en el perfil y es relativamente gradual. Estos suelos se caracterizan por tener altos contenidos de carbón orgánico, el cual por lo general forma complejos con la parte mineral (alofánico-húmicos); el complejo es relativamente estable.

La relación C/N se halla por encima de 13, lo cual indica que existe un grado medio de descomposición de la materia orgánica, además es una causa importante en la acumulación de la materia orgánica.

Los contenidos de fósforo son muy bajos, valores generalmente inferiores a 4 p.p.m, el fósforo disponible es bajo; ello se puede atribuir a la pobreza congénita de los materiales de origen o también a la fijación de este elemento por el complejo órgano-mineral.

El promedio de hierro libre en el primer horizonte varían entre 1.2 y 2.4%, y los valores de hierro libre aumentan con la profundidad, lo cual es atribuible al movimiento del hierro en sentido vertical. IGAC 1985.

En el departamento del Huila, la mayoría de los suelos que se han formado de cenizas volcánicas, descansan o recubren otros materiales (rocas ígneas, metamórficas y posiblemente sedimentarias), los mantos de cenizas son espesos y el clima húmedo no permite una transformación rápida de las alófanas a minerales cristalinos. Las arenas de los suelos tienen altos contenidos de feldespatos, productos de alteración, anfíboles y vidrio volcánico. Hay menores cantidades de cuarzo, piroxenos y micas. Los granos de hornblenda tienen aspecto fresco.

La alófana predomina en la fracción arcilla.

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DEL MACIZO

Antes de comenzar con la descripción de los suelos del Macizo se presenta el Mapa de suelos del Macizo Colombiano, en el se destacan las unidades presentes en la Tabla No. 25 y se representan gráficamente en el Mapa No. 17

Tipo de suelos	Area (ha)	%
Suelos aluviales	75.728	2,1
Suelos de las altillanuras	27.280	0,7
Suelos de los altiplanos	67.075	1,8
Suelos de piedemonte	106.053	2,9
Suelos de cordillera sin influencia de ceniza	993.386	27
Suelos de Cordillera con influencia de ceniza en relieve ondulado a quebrado(páramo)	646.524	17,6
Suelos de Cordillera con influencia de ceniza en relieve fuertemente ondulado,clima medio	518.257	14,1
Suelos de Cordillera con influencia de ceniza en relieve ondulado, clima frío	1'243.802	33,8
Total	3'678.121	100

**Tabla No. 25.** Area de los suelos en el Macizo Colombiano.

**Fuente:** Mapa de suelos del IGAC 1983, análisis de la información IDEAM 1999.

Del anterior análisis se puede deducir que cerca del 65% de los suelos del Macizo Colombiano, poseen influencia de ceniza volcánica, de los cuales el 17.6% se encuentran en el la zona de páramo, 33.8 en clima frío y 14.1 en clima medio. Los suelos de los Altiplanos ocupan el 1.8% poseen sectores con influencia de ceniza volcánica.

A continuación se describen las diferentes características de los suelos.

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS DEL MACIZO

- Color

En los suelos de clima frío (altura superior a los 2000m), los colores son negros y pardo grisáceo oscuro, generalmente los horizontes superiores son de color negro debido a la influencia de la materia

## MAPA 17

orgánica. Estos colores se tornan más claros y rojizos a medida que se profundiza dentro del perfil de suelo, dependiendo de la naturaleza de los materiales litológicos.

- Textura

Esta propiedad se relaciona con la proporción porcentual con que se presentan las fracciones arena, limo y arcilla. En general los suelos son francos y francoarenosos, lo cual hace que los suelos sean permeables por lo tanto la aireación y el drenaje natural son mejores.

En algunos sectores se encuentran suelos cuyos perfiles poseen fragmentos gruesos (cascajo, gravilla y arena gruesa), especialmente áreas con influencia coluvial, cuando los porcentajes de cascajo o gravilla son altos se convierte en un impedimento para la penetración de raíces.

Aproximadamente el 70% de los suelos del Macizo pertenecen a la clase textural Francoarenosa (FA), le siguen las texturas francoarcilloarenosa (FArA) y Francoarcillosa (FAr), en general los suelos con influencia ándica presentan texturas más gruesas (laboratorio), aumentando el porcentaje de arcilla a profundidad.

En estos suelos ándicos existe la tendencia de formar agregados pseudo arenas o pseudo limos, dando texturas más gruesas que lo que realmente son.

- Profundidad Efectiva

Existe una gran gama de profundidades de suelo, es así como en la Montaña Alta, los suelos varían desde muy superficiales hasta profundos, existen áreas con grandes depósitos de ceniza, lo cual hace que los suelos tengan una mayor profundidad efectiva. Algunos suelos son muy superficiales y superficiales, limitados por material rocoso. En las depresiones tectónicas los suelos son moderadamente profundos a profundos, probablemente por el aporte de materiales de las vertientes laterales que incrementan la profundidad del perfil.

- Retención de humedad

La retención de agua en el suelo es una propiedad importante para fines de agricultura, de ingeniería y de uso y manejo de los mismos.

Los suelos de la Montaña Alta con características andicas poseen una retención de humedad muy alta, esto ayudado por una buena cantidad de materiales orgánicos presentes en estos suelos. La retención de humedad disminuye a profundidad, esta dado por que disminuye la cantidad de materia orgánica y por la alteración de la alóftana a materiales cristalinos.

- Estructura, densidades y porosidad.

Generalmente los suelos son bien estructurados en el Macizo Colombiano, esto debido a la naturaleza de la arcilla, los contenidos de materia orgánica, los complejos órgano minerales y otros elementos tales como la presencia de raíces en suelos que aún conservan la cobertura vegetal original. En áreas sometidas al uso de pastos, existe un acelerado daño en la estructura de los suelos, conllevando al aceleramiento de procesos erosivos.

La densidad aparente es una medida indirecta de la porosidad. En los suelos de la Montaña Alta derivados de ceniza volcánica, presentan una densidad aparente baja, menor de 0.85 g/cc, lo cual demuestra que los suelos son bien aireados, actúan como esponjas cuando se trata de almacenar agua.

En suelos de la Montaña Media, las depresiones tectónicas y los valles aluviales, que presentan un uso más intenso, que no poseen influencia de ceniza volcánica, presentan valores de densidad aparente mayor.

Generalmente los suelos son ligeramente pegajosos y ligeramente plásticos, en las áreas donde poseen un buen contenido de arcilla, especialmente del tipo caolinita. Los suelos ándicos son ligeramente pegajosos y no plásticos en áreas donde existe un notable incremento de arenas volcánicas.

#### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS DEL MACIZO

- Reacción del suelo

Los suelos que se encuentran a mayor altitud, poseen valores de pH menores a 5 en tanto que los demás, pasan de esta cifra. En la gran mayoría de perfiles se observa un aumento de pH con la profundidad. El pH generalmente es menor en el primer horizonte que en los horizontes subsuperficiales, lo que permite suponer que gran parte la origina la materia orgánica y el complejo arcillo-húmico.

La acidez intercambiable se refiere a la acidez del suelo, atribuida principalmente al aluminio y también al hidrógeno, En el área del Macizo esta acidez aumenta a medida que se gana altitud.

La acidez intercambiable es mayor en el horizonte superior que en el horizonte inferior, lo que sugiere cierta dependencia con la materia orgánica, al observar los datos obtenidos se puede aseverar que en gran medida los suelos que poseen mayor contenido de carbón orgánico, presentan las mayores saturaciones de aluminio. Se observa también cierta dependencia con el material alofánico, el cual posee una carga iónica alta dependiente del pH. En efecto los suelos con mayor porcentaje de material no cristalino (alófanos) especialmente en la montaña alta, presentan los mayores valores de saturación de aluminio.

- Capacidad catiónica de cambio

Esta característica mide la capacidad que tiene el suelo para intercambiar cationes, almacenándolos contra las pérdidas por lixiviación, pero cediéndolos a las plantas para su nutrición. Para realizar este análisis se consideraron la capacidad de cambio efectiva y la CICA como total, determinada por medio de acetato de amonio.

La capacidad catiónica de cambio efectiva se calculó con los resultados de las bases totales, incluyendo los valores de aluminio y del hidrógeno intercambiable.

La capacidad catiónica efectiva se considera como una medida real de la carga permanente o neta de la arcilla (sustituciones isomórficas). Los valores de CICA, son mas altos que los de CICE, por que, además de las cargas permanentes y variable (parcial), se opera una fijación de cationes monovalentes (en este caso  $\text{NH}_4^+$ ) que contribuyen a aumentar estos valores.

Las capacidades en la mayoría de los casos no superan los valores de 50 meq/100g, encontrándose los valores más altos en los suelos de mayor altitud, que son los suelos con características ándicas más acentuadas.

Los suelos a menores alturas poseen valores más bajos de CICA, debido principalmente a la ausencia de cenizas volcánicas y a la presencia de alófana y el menor porcentaje de materia orgánica comparado con los suelos de la Montaña Alta, datos que concuerdan con el análisis estadístico realizado, el cual señala una alta correlación (0.85 de coeficiente de correlación), entre los contenidos de carbón orgánico y la capacidad catiónica de cambio, al igual que entre la altura y los contenidos de carbón orgánico.

La capacidad catiónica en general disminuye con la profundidad en estos suelos, donde se presentan menores valores de carbono, no obstante en pocos perfiles analizados se observan valores más altos, esto debido principalmente a que se encuentran horizontes enterrados (paleosuelos) donde los valores de carbón orgánico son más altos.

Es importante resaltar el hecho que en los suelos de la Montaña Alta se encuentran altas capacidades de cambio, con muy bajas saturaciones de bases y pH ácidos.

- Bases intercambiables

Los elementos metálicos Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio, reciben la denominación de bases intercambiables del suelo. Los tres primeros son nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas.

En la parte del Cauca, especialmente en los suelos de los municipios de Corinto, Caloto, presentan un aumento en el contenido de cationes intercambiables, esto coincide con zonas de acumulación de hierro (placas), a través de los cuales se dificulta la movilización normal de elementos dando como resultado una concentración de bases.

En muy pocos perfiles existe dominancia del Magnesio sobre el Calcio, (Toribío), esto podría atribuirse a la abundancia de minerales ferromagnesianos, que al alterarse dejan en libertad el Magnesio. Los perfiles (C-10, PS-12, P-46 de Silvia, La plata y Totoró), los contenidos de Calcio son muy bajos, se debe principalmente al predominio de feldespatos ácidos, sobre los feldespatos básicos.

La saturación de bases es mayor en los suelos con menor altitud, esto se debe por un lado a que en estas áreas la precipitación es menor y por otro el aporte de elementos provenientes de las vertientes que se acumulan en las partes bajas.

- Fósforo

Los contenidos de fósforo en general son bajos, especialmente en la Montaña Alta, esto se debe a que en suelos derivados de ceniza volcánica, la mayor parte se halla fijado a diferentes cationes y a la materia orgánica, siguiendo en su orden el fósforo unido al hierro, al hierro ocluido, al aluminio y una pequeña porción al calcio.

No obstante sorprendentemente se encontraron perfiles en la Montaña Alta con valores muy altos, en la Plata (Huila) y en Pasto (Nariño), lo cual se debe muy probablemente a depósitos antrópicos en asentamientos humanos en el pasado.

- Materia orgánica

En capítulo aparte se estudiará detenidamente los componentes orgánicos de los suelos del Macizo, junto con la meso, macrofauna y los aspectos de microbiología, que en conjunto se denominan ambiente de biodegradación, de gran significado en la sostenibilidad natural de la oferta natural de la oferta y productividad natural.

#### **CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LOS SUELOS DEL MACIZO**

- Fracción arena.

Al analizar la información sobre el mapa de arenas de Colombia IGAC (1987) y los diferentes estudios regionales del Macizo, se puede concluir que la naturaleza de la fracción arena de los suelos del Macizo se encuentra representada por cuarzo, fitolitos, vidrio volcánico, feldespatos y material vítreo.

En las zonas con presencia de ceniza volcánica, el vidrio volcánico aumenta en los horizontes inferiores en consideración a que estos han tenido un tiempo mayor de alteración.

El contenido de feldespatos es alto en los horizontes superiores y disminuyen a profundidad, que podría interpretarse en función del mayor tiempo de intemperismo que han tenido las capas inferiores del perfil.

Los minerales opacos aumentan hacia la profundidad en casi todos los suelos como consecuencia del tiempo mayor de meteorización a que han sido sujeto los materiales volcánicos, especialmente los ferromagnesianos.

Dentro del grupo de los anfíboles la hornablenda es el más abundante.

La augita se presenta en granos de color verdoso claro, en estado mediano de alteración.

Las anteriores apreciaciones sobre estos suelos con influencia de ceniza, indican que existe una apreciable reserva de nutrientes y un nivel relativamente alto de productividad.

En suelos de clima medio y los que se encuentran a alturas inferiores a los 1000 metros de altitud, domina el cuarzo y los feldespatos, también se encuentran cantidades ínfimas de anfíboles, piroxenos y circón.

- Fracción arcilla

El material más importante en la Montaña Alta es de naturaleza no cristalina, primordialmente constituido por alófana, en los horizontes inferiores se encuentra un incremento notable de gibsita, en suelos cuyo material parental son cuarzodioritas predomina la cristobalita, en algunos perfiles del Cauca no existe este mineral, tal vez podría atribuirse a la diferente composición de materiales volcánicos o a la diferente intensidad en la meteorización de los mismos.

La metahaloisita se encuentra en buenas cantidades en los horizontes subyacentes de los perfiles de suelo y aumenta a profundidad. La presencia de este mineral se debe a que las cenizas volcánicas evolucionan progresivamente, dando lugar a la formación de alófanas y luego a minerales cristalinos, uno de los cuales según las condiciones de formación puede ser la metahaloisita.

La composición mineralógica de la fracción arcilla es la responsable de algunas características físico-químicas de los suelos, es así como el material amorfo alófana contribuye a favorecer propiedades como la capacidad catiónica de cambio, la porosidad, la retención de humedad y la estructura, pero así mismo algunas propiedades se ven desfavorecidas, ya que la alófana y los complejos orgánicos, tiene alto poder de fijación de Fósforo, alto poder buffer y baja rata de mineralización de Nitrógeno.

En las zonas más bajas del Macizo sin influencia de ceniza volcánica, predomina la caolinita, y en algunos casos de formaciones aluviales se encuentra montmorillonita.

La caolinita imprime a los suelos características tales como una baja capacidad catiónica de cambio, baja retención de elementos y regular estructuración.

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ALGUNAS VARIABLES EN LOS SUELOS DEL MACIZO Y RESUMEN DE PROPIEDADES POR PISO ALTITUDINAL.

En la Tabla No 26, se presentan los valores de capacidad catiónica de cambio, pH, carbón orgánico, porcentajes de arcilla y saturación de bases. Posteriormente se realizará el análisis de las correlaciones entre las principales variables.

#### RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS POR FRANJA ALTITUDINAL

- Suelos de la faja altitudinal de 3000 a 3600 metros

Los perfiles seleccionados para este análisis son P-46, PS-12, PS-7, C-27, C-10 y PS-13. Tomados de los estudios de suelos realizados por el IGAC, relacionados en la bibliografía. Se encuentran ubicados en los departamentos del Cauca y del Huila, pertenecientes a los Municipios de Totoró, La Plata, San José de

Isnos, Caldon y Silvia, ocupan los geosistemas de modelado glacial heredado y la montaña alta Andina Inestable. Los materiales que dan origen a esto suelos son cenizas volcánicas, rocas ígneas (cuarzodioríticas), ignimbritas y esquistos. Las formaciones superficiales están constituidas por morrenas de fondo laterales con material heterométrico, turberas, pantanos y material piroclástico. La naturaleza de la fracción arcilla está dominada por alófanos, y en sectores por montmorillonita, en la fracción arena se encuentra vidrio volcánico, opacos y minerales fácilmente intemperizables como anfíboles y piróxeos, también se encuentran algunos cuarzos. La vegetación natural se encuentra en su mayor parte destruida. En la Tabla No. 27 se resumen las principales características de los suelos de esta franja altitudinal.

Altura	Propiedad	Promedio	Vr. mínimo	Vr. máximo
0-1.000	CICA	17,16	10,9	23,10
	PH	6,04	4,9	7,5
	Carbón	1,71	0,41	2,9
	Arcilla	26,5	16	40
	SBA	48,6	4,6	100
1.000-2.000	CICA	21,53	0,4	6,6
	PH	5,38	4,5	7,3
	Carbón	3,58	0,68	17,14
	Arcilla	24,58	10	42,10
	SBA	48,6	4,6	100
2.000-3.000	CICA	30,31	19,3	73,6
	PH	5,68	5,3	7,5
	Carbón	6,91	1,48	23,4
	Arcilla	14,6	3	32,8
	SBA	28,51	0,6	63,8
3.000-3.600	CICA	35,18	14,4	71,4
	PH	4,8	4,2	5,2
	Carbón	5,55	0,26	13,22
	Arcilla	20,83	4	36
	SBA	10,75	1	31,2

**Tabla No. 26.** Estadística de las principales características de los suelos del Macizo Colombiano.

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM

En la Gráfica No. 17, se presentan los resultados de los análisis físico-químicos cuyo interpretación se discute a continuación.

La capacidad catiónica de cambio posee valores promedios de 35.18, encontrándose un valor máximo de 71.4, catalogándose como muy altos y un valor mínimo de 14.4, considerándose como medio.

Los valores de pH tienen un valor promedio de 4,8 (muy ácido), un valor máximo de 5.2 (ácido), y un valor mínimo de 4.2 (muy ácido). El porcentaje de arcilla promedio de los suelos de esta franja altitudinal es de 20.83, valores máximos de 36 y valores mínimos de 4%.

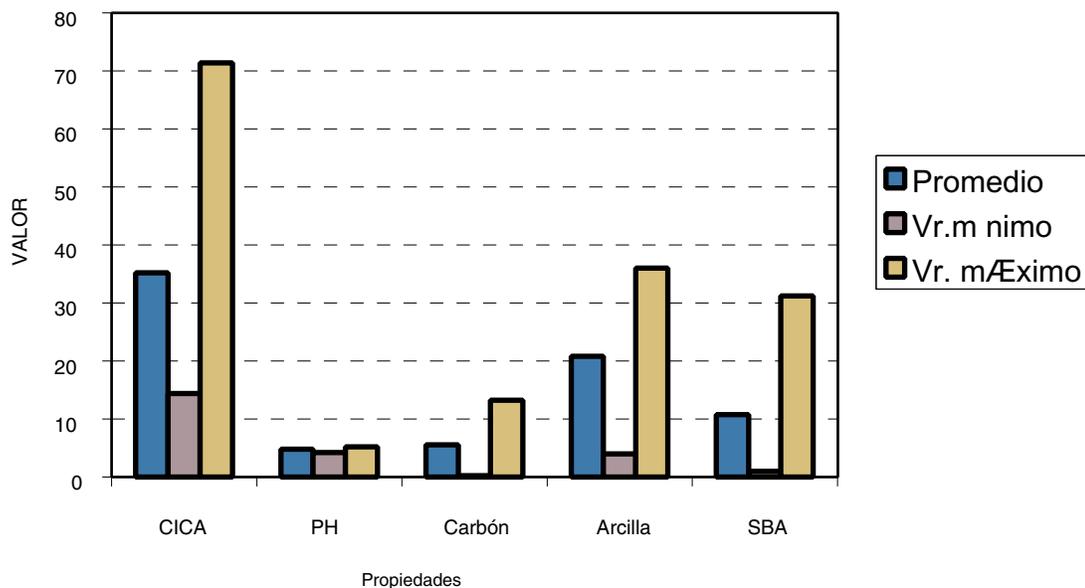
La Saturación de bases posee valores promedio de 10.75(muy baja), valores máximos de 31.2 (baja) y mínimo de 1 (muy baja). Los contenidos de carbón están en un promedio de 5.55 (muy alto), con un valor máximo de 13.22 (muy alto) y un mínimo de 0.22 (Muy bajo).

Altura	Departamento	Municipio	Perfil	Material	Vegetación	Geosistema
3.040	Cauca	Totoro	P-46	Cenizas	Destruida	Mode glaciár
3.100	Huila	La plata	PS-12	Cuarzodioritas	Natural	Mode glaciár
3.150	Huila	Isnos	PS-7	Ignimbritas	Natural	Mode glaciár
3.3.00	Cauca	Caldono	C-27	Esquistos	Destruida	Alto andina
3.450	Cauca	Silvia	C-10	Cenizas	Destruida	Mode glaciár
3.600	Huila	La plata	PS-13	Roca volcánicas	Natural	Mode glaciár

**Tabla No. 27.** Ubicación de perfiles de suelos entre los 3000 - 3600 m.s.n.m.

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM

#### Suelos del Macizo 3000 -3600



**Gráfico No. 17.** Propiedades químicas de los suelos entre 3000 - 3600 m.

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM

CICA: meq/100g, carbón, arcilla y SBA en porcentajes

- Suelos de la faja altitudinal de 2000 a 3000 metros de altura

Los perfiles seleccionados para este análisis son NA-137, PH 17, P-85,P-105,PH-12,NA-44,P-33,P-66,P-49,P-38,NA-84,NA-96,P-3,NA-159,C-4,NA166,NA-6.

Tomados de los estudios de suelos realizados por el IGAC, relacionados en la bibliografía.

Se encuentran ubicados en los departamentos del Cauca, Nariño y del Huila, pertenecientes a los Municipios de El Tambo, La plata, Totoró, Páez, La Argentina, Buesaco, Puracé, Sotará, San Lorenzo, Toribio, La Cruz, Silvia y Pasto.

Ocupan los geosistemas morfogénico periglaciario, Vertientes consolidadas por plegamientos y fallas, escarpes en retroceso, montaña alto andina inestable, modelado glaciario heredado, interfluvios cóncavos convexos afluentes del Cauca.

Los materiales que dan origen a esto suelos son tobas, arcillas, diabasas y cenizas volcánicas.

Las formaciones superficiales están dadas por morrenas, material piroclástico y depósitos de gelifractos, alteritas de pocos centímetros, depósitos de vertientes heterométricos, morrenas de fondo laterales con material heterométrico, turberas, pantanos y material piroclástico, depósitos volcano detríticos, alteritas limo arcillosas con cenizas volcánicas.

La naturaleza de la fracción arcilla está dominada por alófanos, y en sectores montmorillonita y vermiculita, en la fracción arena se encuentra vidrio volcánico, opacos y minerales fácilmente intemperizables como anfíboles, micas y piróxenos, también se encuentran algunos cuarzos. La vegetación natural se encuentra en su mayor parte destruida.

En la Tabla No. 28 se resumen las principales características de cada perfil de suelo en esta franja altitudinal. En la Gráfica No. 18, se presentan los resultados de los análisis físico-químicos cuyo interpretación se discute a continuación.

Altura	Depto.	Municipio	Perfil	Material	Vegetación	Morfogénico
2.000	Nariño	El Tablón	NA-137	Tobas	Destruída	Periglaciario
2.050	Huila	La Plata	PH-17	Arcillas	Destruída	Vert controladas por pliegues y fallas
2.060	Cauca	Totoro	P-85	Diabasas	Destruída	Escarpes en retroceso
2.070	Cauca	Paez	P-105	Cenizas	Destruída	Montaña alto andina inestable
2.150	Huila	La Argentina	PH-12	Cenizas	Natural	Modelado glaciario heredado
2.160	Nariño	Buesaco	NA-44	Arcillas rojas	Destruída	Interfluvios cóncavos convexos del Cauca
2.200	Cauca	Jambalo	P-33	Cenizas	Destruída	Montaña alto andina inestable
2.260	Cauca	Purace	P-66	Cenizas	Destruída	Montaña alto andina inestable
2.280	Cauca	Totoro	P-49	Cenizas	Destruída	Montaña alto andina inestable
2.300	Cauca	Sotara	P-38	Diabasas	Destruída	Montaña alto andina inestable
2.300	Nariño	San Lorenzo	NA-84	Cenizas	Natural	Interfluvios cóncavos convexos del Cauca
2.300	Nariño	San Lorenzo	NA-96	Cenizas	Destruída	Interfluvios cóncavos convexos del Cauca
2.370	Cauca	Toribio	P-3	Cenizas	Destruída	Modelado glaciario heredado
2.480	Nariño	La Cruz	NA-159	Tobas	Destruída	Montaña alto andina inestable
2.650	Cauca	Silvia	C-4	Cenizas	Destruída	Modelado glaciario heredado
2.720	Nariño	Pasto	NA-166	Andesitas	Destruída	Montaña alto andina inestable
2.740	Nariño	Pasto	NA-6	Cenizas	Destruída	Lagos y embalses con bordes de sedimentación

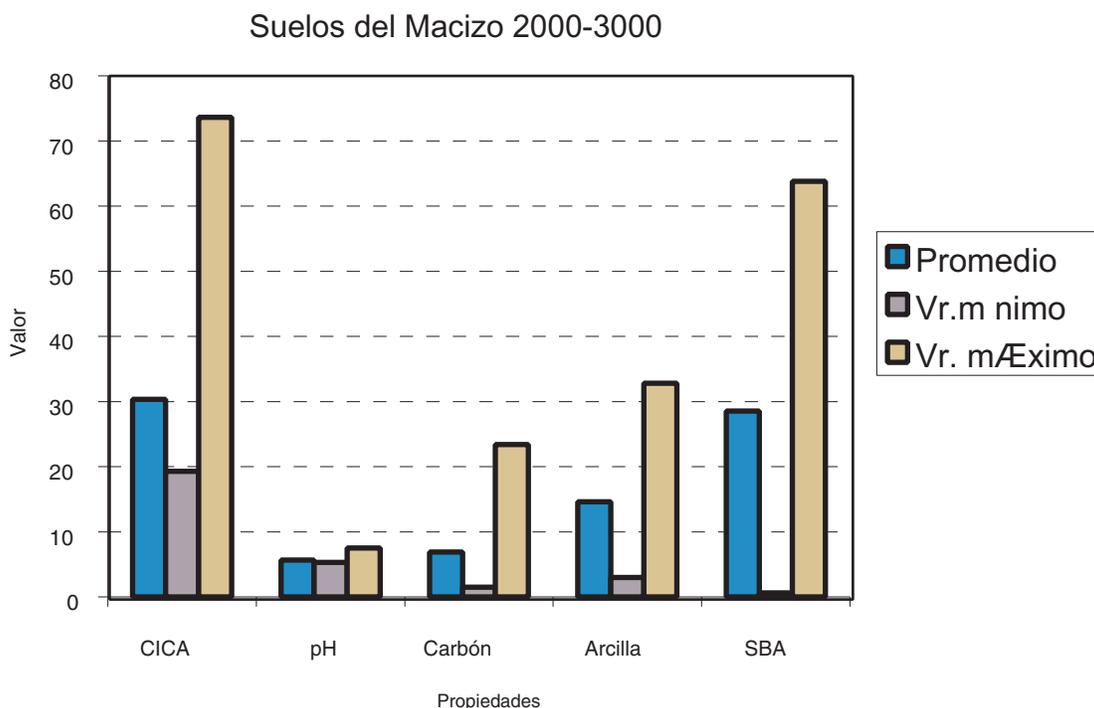
**Tabla No. 28.** Ubicación de perfiles de suelos entre los 2.000 - 3.000 metros de altura.

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM

La capacidad catiónica de cambio posee valores promedios de 30.31, encontrándose un valor máximo de 73.6, catalogándose como muy altos y un valor mínimo de 19.3, considerándose como medio.

Los valores de pH tienen un valor promedio de 5.68 (Ligeramente ácido), un valor máximo de 7.5 (casi neutro), y un valor mínimo de 5.3 (ácido). El porcentaje de arcilla promedio de los suelos de esta franja altitudinal es de 14.6, valores máximos de 35.8 y valores mínimos de 3%. La Saturación de bases posee valores promedio de 28.51 (baja), valores máximos de 63.8 (media alta) y mínimo de 0.6 (muy baja).

Los contenidos de carbón están en un promedio de 6.91 (muy alto), con un valor máximo de 13.22 (muy alto) y un mínimo de 0.22 (Muy bajo).



**Gráfico 18.** Propiedades químicas de los suelos entre 2000 - 3000 metros

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM. CICA: meq/100g carbón, arcilla y SBA en porcentaje

- Suelos de la faja altitudinal de 1000 a 2000 metros de altura

Los perfiles seleccionados para este análisis son: P-25, PZ-119, NA-34, P-13, P-9, PP-30, PL-7A, PL-10A, PC-115, TS-42, PL-5A, PL-9A, P-15, CHC-107, P-10, PC-124, PS-262, CHC-104, NA-125, NA-152, NA-162, NA-128, NA-10, NA-8, P-25, P-37, P-107, P-87, CHC-119, PP-182, NA-90, RC-85, NA-83, NA-164, HUL-09. Tomados de los estudios de suelos realizados por el IGAC, relacionados en la bibliografía.

Se encuentran ubicados en los departamentos del Tolima, Cauca, Nariño y Huila, pertenecientes a los Municipios de Chaparral, La Plata, Chachaguí, Corinto, Pitalito, Inzá, Caloto, Páez, Saladoblanco, Buesaco, San Pablo, El Tablón, Pasto, Toribio, Popayán, Timbío, La Argentina, Unión, La Cruz, San Agustín.

Ocupan los geosistemas valles aluviales, escarpes de retroceso con pendientes cóncavas, estructuras cóncavas de los afluentes del Cauca, conos bajos sin disección, vertientes sin cobertura volcánica, cañones bajo clima húmedo, vertientes medias con cobertura volcánica, cañones del sistema Guitará-Patía, divisorias onduladas, interfluvios cóncavo convexos de los afluentes del Cauca, escarpes en retroceso, altiplanos, piedemonte bajo, divisorias onduladas.

Los materiales que dan origen a estos suelos son areniscas, andesitas, material coluvial, diabasas, aluviones, cenizas y flujos volcánicos, cuarzdiorita, arcillas, conglomerados volcánicos, esquistos, tobas y granitos.

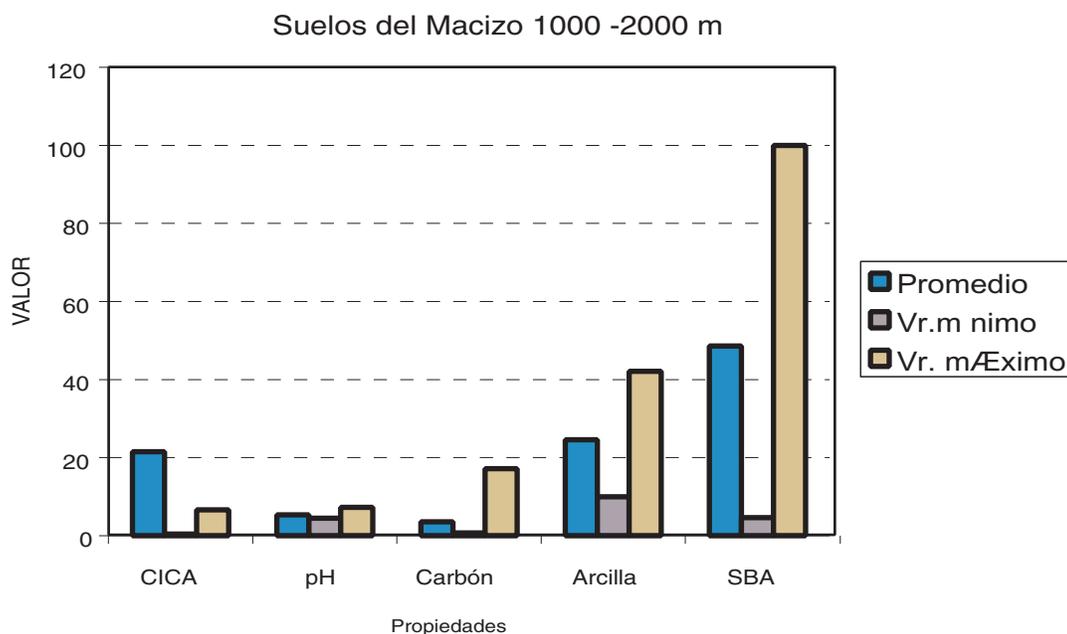
La naturaleza de la fracción arcilla está dominada por alófanos, y en sectores montmorillonita, caolinita y vermiculita, en la fracción arena se encuentra vidrio volcánico, opacos y minerales fácilmente intemperizables como anfíboles, micas y piroxenos, también se encuentran algunos cuarzos. La vegetación natural se encuentra en su mayor parte destruida.

En la Gráfica No. 19, se presentan los resultados de los análisis físico-químicos cuyo interpretación se discute a continuación.

La capacidad catiónica de cambio posee valores promedios de 21.53, (alto) encontrándose un valor máximo de 66, catalogándose como muy alto y un valor mínimo de 0.4, considerándose como muy bajo.

Los valores de pH tienen un valor promedio de 5.38 (ácido), un valor máximo de 7.3 (casi neutro), y un valor mínimo de 4.5 (muy ácido). El porcentaje de arcilla promedio de los suelos de esta franja altitudinal es de 24.58, valores máximos de 42.10 y valores mínimos de 10%.

La saturación de bases posee valores promedio de 40.4 (media), valores máximos de 90.6 (alta) y mínimo de 1.1 (muy baja). Los contenidos de carbón están en un promedio de 3.5 (alto), con un valor máximo de 17.1 (muy alto) y un mínimo de 0.6 (bajo).



**Gráfico 19.** Propiedades químicas de los suelos entre 1000 - 2000 metros

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM.

CICA: meq/100g carbón, arcilla y SBA en porcentaje

- Suelos de la faja altitudinal menor de 1000 metros de altura

Los perfiles seleccionados para este análisis son: TS-44, TS-45, TS-52, PH-37, NA-144, PH-56, TS-51 y PH-08. Se encuentran ubicados en los departamentos del Tolima, Nariño y del Huila, pertenecientes a los Municipios de Chaparral, Teruel, Taminango, Palermo y Tarquí.

Ocupan los geosistemas denominados cerros y mesas en vías de degradación, valles aluviales, cañones bajo clima húmedo, interfluvios convexo-cóncavos de los afluentes del Cauca, conos bajos sin disección, Los materiales que dan origen a esto suelos son sedimentos aluviales, esquistos, lutitas y arcillolitas calcáreas.

La naturaleza de la fracción arcilla está dominada por montmorillonita, vermiculitas, caolinitas, la fracción arena esta dominada por cuarzo, micas y opacos.

En la Tabla No. 29 se resumen las principales características de cada perfil de suelo en esta franja altitudinal.

Altura	Depto.	Municipio	Material	Vegetación	Morfogénico
480	Tolima	Chaparral	Aluviones	Natural	Cerros y mesas en vías de degradación
520	Tolima	Chaparral	Aluvial	Natural	Valle aluvial
610	Tolima	Chaparral	Cuarzodiorita	Natural	Cerros y mesas en vías de degradación
650	Huila	Teruel	Aluviones finos	Destruída	Cañones bajo clima húmedo
810	Nariño	Taminango	Esquistos	Destruída	Interfluvios convexo-concavos de los afluentes del Cauca
850	Huila	Palermo	Lutitas	Natural	
990	Tolima	Chaparral	arcillas y arcillolitas	Natural	Conos bajos sin disección
1.000	Huila	Tarqui	Arcillolitas calcáreas	Natural	Cerros y mesas en vías de degradación

**Tabla No. 29.** Ubicación de perfiles de suelos entre 0 - 1.000 m de altitud

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM

En la Gráfica No. 20, se presentan los resultados de los análisis fisico-químicos cuyo interpretación se discute a continuación.

La capacidad catiónica de cambio posee valores promedios de 17.1 (medio) encontrándose un valor máximo de 23.1, catalogados como alto y un valor mínimo de 10.9, considerándose como medio.

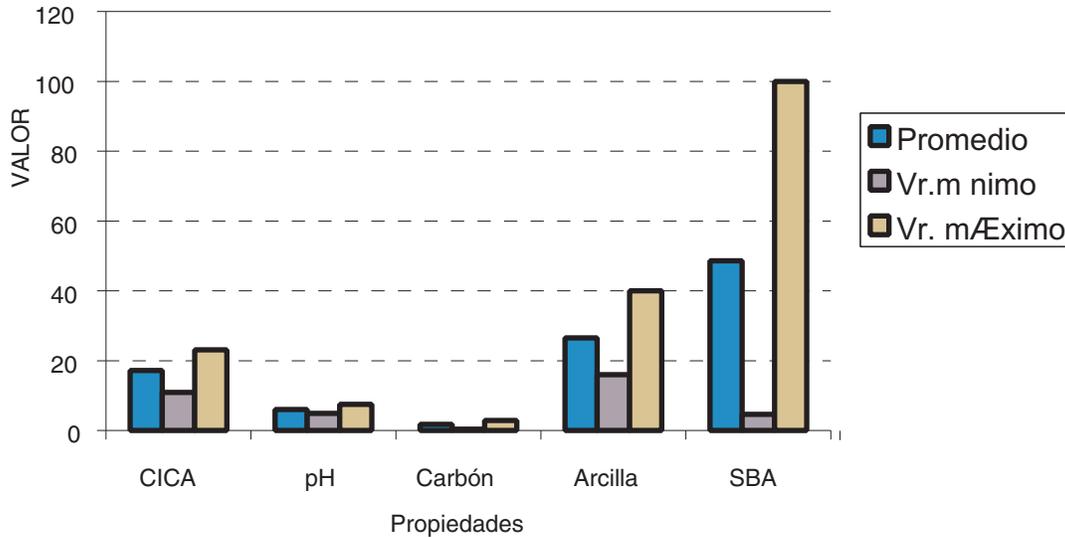
Los valores de pH tienen un valor promedio de 6.04 (Ligeramente ácido), un valor máximo de 7.5 (casi neutro), y un valor mínimo de 4.9 (muy ácido).

El porcentaje de arcilla promedio de los suelos de esta franja altitudinal es de 26,5 valores máximos de 40 y valores mínimos de 16.

La saturación de bases posee valores promedio de 48.6 (media), valores máximos de 100 (muy alta) y mínimo de 4.6 (muy baja).

Los contenidos de carbón están en un promedio de 1.7 (alto), con un valor máximo de 2.9 1 (alto) y un mínimo de 0.4 (bajo).

### Suelos del Macizo 0-1000 m



**Gráfico 20.** Propiedades químicas de los suelos entre 0-1000 metros

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM. CICA: meq/100g carbón, arcilla y SBA en porcentaje

- Correlaciones entre las principales variables en suelos del Macizo Colombiano

En la Tabla No. 30 se muestran las diferentes correlaciones de las propiedades en los suelos del Macizo, lo cual nos indica que la CICA depende de gran manera de los contenidos de materia orgánica, a mayores altitudes existe mayor cantidad de Carbono orgánico, la capacidad catiónica de cambio esta también relacionada con la altura.

Los análisis estadísticos igualmente señalan que no existe ningún tipo de correlación entre las siguientes propiedades en los suelos de la zona del Macizo:

- Contenidos de Carbono y contenidos de arcilla.
- Capacidad catiónica de cambio y saturación de bases
- Capacidad catiónica de cambio y porcentajes de arcilla
- Capacidad catiónica de cambio y pH
- Contenidos de carbón orgánico y saturación de bases
- Contenidos de carbón orgánico y pH
- Saturación de Aluminio y pH

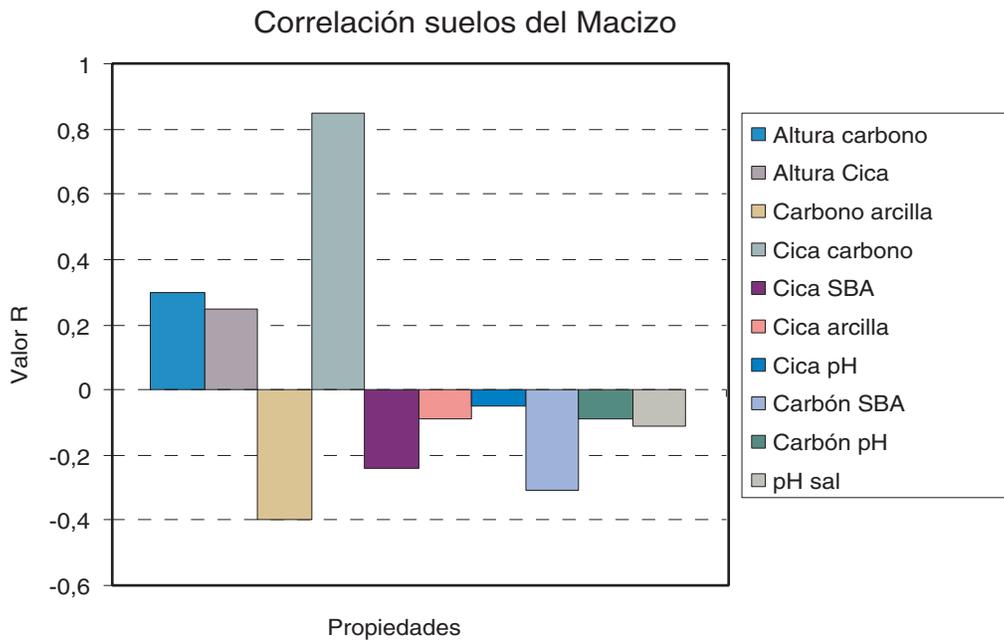
#### ALGUNAS APRECIACIONES SOBRE LA RELACIÓN SISTEMAS MORFOGÉNICOS CON LOS SUELOS DEL MACIZO

El modelado superficial del territorio ha tenido algún grado de continuidad y constancia por efectos morfoclimáticos, hidrogravitatorios y gravitatorios, entre otros. El suelo como capa cimera no puede escapar, por lo general, a los procesos generados en la geofoma y a la morfogénesis propia de ese entorno y los entornos de influencia. Se suceden varias dinámicas, una de la estructura externa de la geofoma y otras

Variable 1	Variable 2	Coefficiente de correlación	No. Perfiles
Altura	Carbono	0,30	69
Altura	CICA	0,25	70
Carbono	Arcilla	-0,40	68
CICA	Carbono	0,85	69
CICA	SBA	-0,24	65
CICA	Arcilla	-0,09	69
CICA	PH	-0,05	68
Carbono	SBA	-0,31	64
Carbono	PH	-0,09	64
PH	Sal	-0,11	65

**Tabla No. 30.** Correlación entre las diferentes propiedades de los suelos del macizo

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM



**Gráfico 21.** Correlación entre las propiedades químicas de los suelos del Macizo Colombiano

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM.  
CICA: meq/100g carbón, arcilla y SBA en porcentaje

ligadas al mayor o menor grado de estabilidad de las subestructuras profundas como la geológica y la formación superficial. A estos condicionantes físicos está sometida la dinámica del suelo en primer lugar, fuera de la dinámica propia del mismo suelo. Son muchos los factores que intervienen en la velocidad como se suceden los fenómenos geodinámicos, siendo muy importantes la pendiente, la permeabilidad de las capas superficiales y subsuperficiales, la plasticidad y los volúmenes y agresividad como ocurren los eventos hidrometeorológicos. Es la razón por la cual se tiene en cuenta la relación física del sistema morfogénico con el suelo, muy estrecha cuando se trata de suelos poco desarrollados y ligeramente diferenciados.

En la Montaña Alta predominan zonas con influencia volcánica, los suelos en general superan los 1.5 metros de espesor, se caracterizan por tener altos contenidos de materia orgánica y material alofánico que les imprime unas características físicas de alta capacidad de retención de humedad y buena permeabilidad. Las texturas son francas y gruesas, de color negro, pardo oscuro y pardo grisáceo oscuro; químicamente son suelos ácidos, con alta a media capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases y bajos contenidos en fósforo.

Los suelos se encuentran limitados en profundidad por capas de materiales gruesos piroclásticos (gravilla y cascajo). En laderas de pendiente mayores al 50%, a pesar de la cobertura de cenizas, los suelos son inferiores a 0.5 metros de espesor y poco desarrollados aunque con las características descritas anteriormente (Geosistemas de la Montaña Alta Colombiana 1998).

En las zonas con influencia glacial los suelos desarrollados a partir de depósitos volcánicos presentan profundidad efectiva superior a 1.5 metros, son bien drenados, de texturas gruesas, químicamente son ácidos, de mediana a baja capacidad de cambio y baja saturación de bases. En laderas muy empinadas con pendientes superiores al 50% los suelos poseen limitaciones de profundidad efectiva debido a la presencia de roca a poca profundidad, caracterizados por drenaje excesivo y profundidad efectiva muy superficial, con afloramientos localizados de tobas y lavas; químicamente son muy ácidos, con alta capacidad de cambio y pobres en fósforo.

En el área de modelado periglacial de la última glaciación, los suelos son variados en sus propiedades físicas y químicas dependiendo del material de origen, constituido principalmente por cenizas y piroclastos alrededor de los macizos volcánicos; material fluviolacustre en los altiplanos y rocas ígneas y metamórficas en el norte. En general los suelos son profundos, bien desarrollados, ácidos y de textura media a gruesa con altos contenidos de materia orgánica.

Las zonas sin influencia volcánica poseen suelos que varían desde muy superficiales hasta profundos, generalmente en las zonas húmedas poseen pH ácido y desaturados, aunque con contenidos de Fósforo mayor que el de las zonas con influencia de ceniza, en zonas con fuertes pendientes los suelos poseen limitaciones debido a la presencia de roca a poca profundidad, y en sectores la presencia de fragmentos de roca dentro del perfil.

En la Montaña Media se observan grandes extensiones cubiertas por cenizas volcánicas, conglomerados volcánicos, tobas, granitos y cuarzodioritas y materiales metamórficos tales como los esquistos, por lo tanto con buenas características físicas con limitaciones por pendiente en general, desaturados y en sectores con drenaje excesivo.

En el Dominio Amazónico, los suelos son muy evolucionados, con altos contenidos de arcilla del tipo caolinita, ácidos, con bajos contenidos de bases y presencia de hierro dentro del perfil, el mejor uso que se le debe dar a estos suelos es la de mantener la cobertura vegetal original, o establecer sistemas del tipo multiestrata.

Las zonas aluviales de los ríos Caquetá, Magdalena, Cauca en el comienzo de su recorrido están encajonados, pero en algunos sectores forma valles, con suelos aluviales generalmente bien drenados, no obstante existen pequeños sectores mal drenados con suelos inundables periódicamente.

Es importante aclarar que estas vegas poseen alta aptitud agropecuaria y su uso es intensivo.

## COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DEL MACIZO COLOMBIANO, POR VERTIENTES.

### REGIÓN SUR DEL MACIZO

- pH

En ambas vertientes predominan los suelos de reacción ácida a ligeramente ácida con valores entre 5 y 6; Se resalta la presencia de pH alcalinos con valores de 7.5 y 7.8 sobre la vertiente occidental en clima frío a 2.160 m.s.n.m. sobre arcillas rojas y en la vertiente oriental sobre aluviones en depresiones tectónicas en clima medio y húmedo a 1.315 m.s.n.m. Con valores entre 6.8 y 7.8

Estos valores de pH alcalinos, correlacionan bien para los dos sitios, con los valores más altos de porcentajes de arcillas, carbón orgánico, CICA, y en SBA para la vertiente oriental más no para la occidental.

De acuerdo con lo anterior este perfil ubicado en la hacienda la primavera, en la Vereda el Mortiñal, Municipio de Pitalito es el de alta oferta natural; en la vertiente oriental baja, en donde confluyen aportes nutricionales tanto de origen bioquímico como geoquímico.

En la parte alta de la vertiente occidental un bajo % de materia orgánica, un CICA alto, un porcentaje en arcilla alto y una baja SBA demuestran la pobreza bioquímica a pesar de la altitud, riqueza geoquímica con alta capacidad para intercambiar nutrientes.

- La Materia orgánica

Las cantidades de materia orgánica, con base en el porcentaje de carbón orgánico, desciende con la altitud, como es lógico por la mayor mineralización a mayor temperatura, sin embargo, al considerar los rangos de acuerdo al clima, en ambas vertientes predominan valores de muy alto en la parte de montaña alta y altos en la baja montaña y depresiones tectónicas, especialmente los suelos sobre cenizas volcánicas en la vertiente oriental con valores de 9 y 10 a 1.600 m.s.n.m. y sobre tobas con valores más bajos entre 6 y 6,5 a 2.000 m.s.n.m, en la vertiente occidental.

Es de observar que los valores más bajos de carbón orgánico en toda la vertiente se encuentran en la montaña alta andina inestable en ambas vertientes incluso sobre cenizas y diabasas con 1.5 % a 2.160 m.s.n.m. en la vertiente occidental y 0.3 % en la oriental a 3.150 lo que presume la agresividad de procesos geomorfológicos y climáticos para la producción de una biomasa de buena calidad y cantidad.

- Arcillas

Las cantidades de arcilla varían entre 20 y 35 % para ambas vertientes presentándose valores más altos sobre arcillas rojas 30 %, en la vertiente occidental a 2.160 m.s.n.m. y sobre ignimbritas y aluviones a 3.150 y 1.315 m.s.n.m, respectivamente con 32 %.

Igualmente en ambas vertientes se observa un mayor porcentaje de arcilla en el segundo horizonte en algunos perfiles, manifestándose mejor en la vertiente oriental sobre esquistos, diabasas y aluviones, en Mercaderes, se presume una lixiviación o ganancia de arcillas por lavado. Para el caso de Mercaderes se supone un clima más húmedo en el pasado y alternancia de humectación y desecación.

## REGIÓN NORTE

- pH

A diferencia de la región sur no se manifiesta suelos alcalinos para ninguna de las vertientes, los promedios están alrededor de 5.2, sin embargo, es de observar un pH muy ácido con valor de 4.50 en la Vereda Segovia, La Plata Huila a 1.520 m.s.n.m sobre arcillas. En general dominan las reacciones hacia las ácidas como en el sector sur.

- Materia orgánica

Los porcentajes de carbón orgánico, llegan hasta 8,9 en la vertiente occidental y hasta 13.4 % en la oriental manifestando mayor materia orgánica en la occidental. En ambas se presenta una relación directa con la altura, sin embargo, en la occidental predominan los valores altos, excepto en la Montaña Media a 1.730 m.s.n.m. sobre arcillas en depresiones tectónicas

En la vertiente oriental igualmente en la parte Montaña Media húmeda sobre arcillas y granitos y arcillas y cenizas presentan valores medios entre los 1.800 y 1.370 m.s.n.m..

- Arcillas

Los contenidos de arcilla se presentan con rangos de amplitud diferentes en ambas vertientes; entre 5 y 65 % en la occidental y 18 a 48 en la oriental. Los mayores valores se presentan sobre diabasas a 1.150 m.s.n.m, en la montaña baja en la occidental y sobre arcillas y arcillas con cenizas volcánicas en cañones bajos, húmedos en la vertiente oriental entre los 1.730 y 1.130 m.s.n.m.

Se aprecia segundos horizontes con valores mayores de arcilla en la vertiente occidental sobre cenizas volcánicas y diabasas y en la oriental sobre cenizas y arcillas

## OFERTA NATURAL DE LOS SUELOS DEL MACIZO

La calificación de la oferta natural se señala en el Mapa No. 18. Para tal fin, se han señalado algunas variables consideradas esenciales para determinar la oferta natural en cuanto a accesibilidad del sustento mineral para el desarrollo de la vegetación.

Esta primera aproximación parte de variables que tienen que ver con procesos y mecanismos de tipo bioquímico y geoquímico y los enlaces entre compartimentos biológicos, orgánicos y minerales y cuya importancia radica en que se pueden tener unos indicadores de sostenibilidad de esa oferta natural y de las limitaciones que puede sufrir cuando la intervención antrópica desmejora esos enlaces y condiciones básicas para el desarrollo de la vegetación.

De esta manera se puede apreciar un nivel de degradación así como las necesidades de subsidios cuando se han roto o desmejorado estas dinámicas y cuando se vinculan estos medios a sistemas de producción inadecuados. Para este caso se ha tomado el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la saturación de bases, el porcentaje de carbón orgánico, la profundidad efectiva y la pendiente. En la Tabla No. 31, se detallan el área de suelos de acuerdo a su oferta natural y se expresan en la Gráfica No. 22.

Categoría	Area (Ha.)	Porcentaje
Alta	105.859	2,9
Media-alta	1'489.804	40,5
Media	1'236.549	33,6
Media-baja	237.140	6,4
Baja	590.966	16,1
Muy Baja	17.803	0,5
Total	3'678.121	100,0

**Tabla No. 31.** Oferta natural de los suelos del Macizo.

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC.  
Procesamiento de la información IDEAM

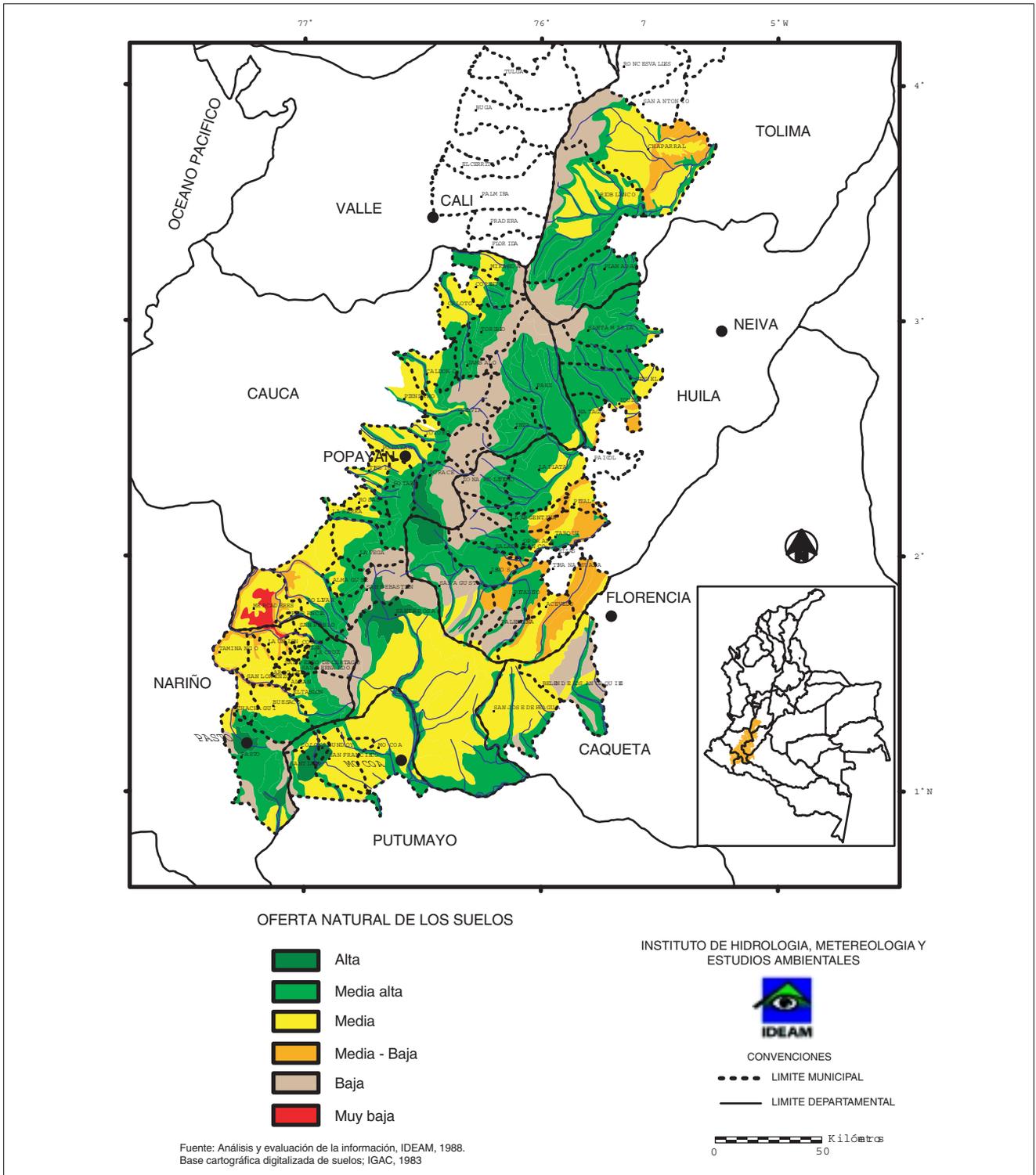
Del análisis se puede deducir que del 75% del área posee oferta natural media a media alta, un 16% posee oferta baja y solamente un 2%, posee oferta alta.

A continuación se discuten los parámetros para evaluar la oferta.

- **pH:** Se ha tomado el pH porque su valor indica la mayor o menor solubilidad de buena parte de los minerales y el esfuerzo que debe aplicar la biota del suelo en los rangos medios y bajos de la reacción ácida, a través de microorganismos en especial hongos y bacterias para liberar ciertos nutrientes y mantenerlos disponibles para la absorción vegetal. La biota del suelo actúa en el trabajo de trituración, descomposición, acumulación y mineralización de nutrientes esenciales.
- **Capacidad de intercambio catiónico:** Se identificó esta propiedad porque tiene que ver con la capacidad potencial de acumulaciones de algunos cationes como el Calcio, el Magnesio, el Sodio, Potasio y el Amonio. Estos son atraídos a través de las cargas negativas de los complejos minerales, orgánicos y órgano-minerales capaces de ejercer esta función. Esta variable puede dar indicaciones sobre las fracciones texturales y sobre los tipos de complejos presentes en el suelo.

**Saturación de bases:** Se denomina así el porcentaje de bases netas disponibles en el stock potencial (capacidad de intercambio catiónico). Propiamente revela la disponibilidad real de los elementos en los complejos de adsorción.

**Porcentaje de Carbono Orgánico:** Es una forma directa de evaluar los contenidos de materia orgánica semihumificada y humificada, tan importante en la estructura y en los complejos de adsorción de nutrientes esenciales. No obstante cabe anotar que no se considera la biomasa asociada incluidas las formas vivas como macro fauna, mesofauna, microorganismos, estructuras reproductivas y deyecciones, así como también algunos compuestos bioquímicos no fácilmente oxidables en el proceso convencional de determinación analítica (ligninas, celulosa) También hay que anotar que



**Mapa No. 18.** Oferta natural de los suelos del Macizo Colombiano

en ausencia de complejos minerales son los complejos orgánicos y la biota asociada los que determinan la sostenibilidad del sustento vegetal y que algunos excesos de compuestos orgánicos en ambientes húmedos dificultan la biodegradación formando turberas con temperaturas y reacciones ácidas que dificultan el desarrollo de muchas especies vegetales.

**Pendiente o grado inclinación:** Se tomó la pendiente porque ante el supuesto de que puede indicar una propensión a ciertos procesos erosivos. Una inclinación importante permite un lavado y transporte lateral y subsuperficial de nutrientes y de coloides, los cuales se acumulan parcialmente al pie de la vertiente o en las depresiones de su influencia. Por consiguiente las partes de menor pendiente y en depresión pueden tener la posibilidad de contener mayor disponibilidad de nutrientes.

**Profundidad efectiva.** Se toma la profundidad efectiva por la señal que suministra sobre la capacidad potencial de enraizamiento y reserva disponible frente al eventual adelgazamiento de horizontes por un uso determinado.

La evaluación de la oferta natural es básica para establecer el estado actual de las tierras, su oferta ambiental, los patrones de producción sostenible, el grado de fragilidad y además, para estimar la respuesta que las tierras presentan ante la acción de factores antrópicos y biofísicos.

Para evaluar la oferta de las tierras es necesario disponer de datos suficientes y confiables y contar con perfiles georreferenciados y métodos adecuados que permitan desarrollar y aplicar en forma operacional los conceptos de oferta natural en las diferentes regiones del país.

Cada geosistema o escenario natural se comporta diferente, por lo tanto como ejemplo tomamos la Montaña Alta del Macizo, con el ánimo de realizar una primera evaluación cuantitativa de los perfiles de suelos, mediante el establecimiento de un algoritmo.

Como algoritmo se entiende un procedimiento de cálculos con símbolos, de acuerdo a reglas determinadas, con un número finito de pasos que conllevan a la solución de un problema. La oferta natural de la montaña alta, con base en los cinco parámetros utilizados en el algoritmo es de Media a Alta, no obstante en el Mapa No 18. se castiga un poco más por que son zonas de clima muy frío con afloramientos rocosos, alta nubosidad, lo cual hace que tenga restricciones para su uso.

De igual manera existen zonas como la de Mercaderes, la cual posee una oferta alta, pero debido a las condiciones actuales de erosión se cataloga como una oferta actual muy baja.

Las zonas de cenizas se consideran que poseen una mejor oferta natural que áreas sin ceniza, de igual manera es importante resaltar la alta oferta natural que poseen los altiplanos y los valles aluviales amplios.

#### **DESCRIPCIÓN DE LA OFERTA NATURAL DE LA MONTAÑA ALTA EN EL MACIZO COLOMBIANO.**

La oferta natural de la montaña alta, con base en los cinco parámetros presentados a continuación es de Media a Alta, no obstante en el Mapa No. 18 se castiga un poco más por que son zonas de clima muy frío con afloramientos rocosos, alta nubosidad, lo cual hace que tenga restricciones para su uso. De igual manera existen zonas como la de Mercaderes, la cual posee una oferta alta, pero debido a las condiciones actuales de erosión se cataloga como una oferta actual muy baja.

Altura	No.	Depto.	Municipio	Código	P. Efectiva	pH	CICA	SBA	%C	Pendiente	Valor	Apreciación
2.000	48	Nariño	El Tablón	NA-137	Superficial(2)	5,7(3)	21(4)	22,9(4)	6,13(5)	5,0-25 (4)	21	Media-alta
2.050	49	Huila	La Plata	PH-17	Moderada(3)	5,3(2)	20,5(4)	63,8(5)	2,98(3)	50-75(2)	19	Media-alta
2.060	50	Cauca	Totoro	P-85	Superficial(2)	5,0(2)	26,4(4)	7,6(2)	3,97(3)	5,0-25 (4)	17	Media
2.070	51	Cauca	Paez	P-105	Muy Superf(1)	5,8(3)	46,9(5)	57,4(5)	18,08(5)	50-75(2)	21	Media-alta
2.150	52	Huila	La Argentina	PH-12	Profunda(4)	5,7(3)	73,6(5)	32,2(4)	23,4(5)	25-50(3)	24	Media-alta
2.160	53	Nariño	Buesaco	NA-44	Superficial(2)	7,5(4)	21,8(4)	100(5)	1,48(2)	50-75(2)	19	Media-alta
2.200	54	Cauca	Jambalo	P-33	Moderada(3)	5,0(2)	39(4)	1,3(1)	8,35(5)	0-5(5)	20	Media-alta
2.260	55	Cauca	Puracé	P-66	Profunda(4)	5,8(3)	19,3(3)	31,1(4)	4,09(3)	0-5(5)	22	Media-alta
2.280	56	Cauca	Totoro	P-49	Profunda(4)	5,3(2)	40(4)	4,3(1)	6,49(5)	50-75(2)	18	Media
2.300	57	Cauca	Sotara	P-38	Moderada(3)	5,7(3)	26,7(4)	48,3(5)	1,88(2)	0-5(5)	22	Media-alta
2.300	58	Nariño	San Lorenzo	NA-84	Superficial(2)	5,7(3)	25,3(4)	25,3(4)	5,23(4)	50-75(2)	19	Media-alta
2.300	59	Nariño	San Lorenzo	NA-96	Muy Profundo(5)	5,4(2)	27(4)	14,8(3)	5,91(5)	50-75(2)	21	Media-Alta
2.370	60	Cauca	Toribio	P-3	Profunda(4)	5,3(2)	59,0(5)	0,6(1)	8,72(5)	50-75(2)	19	Media-Alta
2.480	61	Nariño	La Cruz	NA-159	Moderada(3)	5,4(2)	18,8(3)	47,8(5)	4,76(4)	5,0-25 (4)	21	Media-Alta
2.650	62	Cauca	Silvia	C-4	Muy Profundo(5)	5,4(2)	48,4(5)	10,5(3)	9,12(5)	50-75(2)	22	Media-Alta
2.72.0	63	Nariño	Pasto	NA-166	Superficial(2)	5,5(2)	19,8(3)	49,9(5)	2,94(3)	50-75(2)	17	Media
2.740	64	Nariño	Pasto	NA-6	Profunda(4)	5,8(3)	23,5(4)	32,8(4)	3,09(3)	0-5(5)	23	Media-alta
3.040	65	Cauca	Totoro	P-46	Profunda(4)	4,8(1)	28,2(4)	5,7(2)	7,14(5)	5,0-25 (4)	20	Media-alta
3.100	66	Huila	La Plata (Litigio)	PS-12	Superficial(2)	4,2(1)	50,8(5)	1,2(1)	7,14(5)	50-75(2)	16	Media
3.150	67	Huila	San José de Isnos	PS-7	Moderada(3)	4,1(1)	14,4(3)	31,2(4)	0,26(1)	50-75(2)	14	Media
3.3.00	68	Cauca	Caldono	C-27	Moderada(3)	5,2(2)	23,6(4)	22,9(4)	3,44(3)	50-75(2)	17	Media
3.450	69	Cauca	Silvia	C-10	Superficial(2)	5,0(2)	71,4(5)	1(1)	13,32(5)	50-75(2)	17	Media
3.600	70	Huila	La Plata (Litigio)	PS-13	Superficial(2)	4,5(1)	15,7(3)	2,5(1)	3,6(3)	50-75(2)	12	Baja

**Tabla No. 32.** Matriz síntesis oferta natural para la montaña alta.

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM.

Altura	No.	Depto.	Codigo	Profundidad	pH	CICA	SBA	%C	Pendiente	Valor	Apreciación
650	4	Huila	PH - 37	Muy Superficial (1)	5,7(2)	12,1(3)	43(4)	1,48(2)	4	15	Media
810	5	Nariño	NA-144	Moderada(3)	7,5(4)	21,8(4)	100(5)	1,48(2)	1	18	Media
1.120	11	Nariño	NA-34	Superficial(2)	6,4(3)	14,9(3)	100(5)	2(3)	1	16	Media
1.150	13	Cauca	P-9	Moderada(3)	4,7(1)	24,1(4)	25,7(3)	4,06(4)	1	16	Media
1.370	17	Cauca	PC-115	Superficial(2)	5,3(1)	17,3(4)	53,2(5)	2,49(3)	5	20	Media - alta
1.370	18	Tolima	TS-42	Moderada(3)	5(1)	19,2(4)	9,9(1)	2,92(3)	1	13	Media
1.440	22	Cauca	CHC-107	Superficial(2)	5,2(1)	28,1(4)	57,6(5)	2,13(3)	3	18	Media
1.500	26	Cauca	PC-124	Superficial(2)	5,8(2)	24,7(4)	70,4(5)	2,96(3)	1	17	Media
1.500	27	Huila	PS-262	Profunda(4)	5,6(2)	76,2(5)	7(1)	12,8(2)	4	18	Media
1.520	29	Cauca	CHC104	Moderada(3)	4,5(1)	17,3(4)	20,8(3)	1,49(2)	3	14	Media
1.600	30	Nariño	NA-125	Profunda(4)	6,2(3)	20,8(4)	62,6(5)	3,37(4)	1	21	Media - alta
1.600	31	Nariño	NA-152	Superficial(2)	5,9(2)	13,3(3)	62,4(5)	1,62(2)	1	15	Media
1.600	32	Nariño	NA-162	Superficial(2)	6,4(3)	5,6(2)	8,4(1)	0,68(2)	1	11	Baja
1.600	33	Nariño	NA-128	Muy Superficial(1)	5(2)	24(4)	85(5)	4,1(4)	1	17	Media
1.700	34	Nariño	NA-10	Muy Superficial(1)	5,4(2)	12,4(3)	96,8(5)	2,89(3)	5	19	Media - alta
1.720	35	Nariño	NA-8	Muy Superficial(1)	5,6(2)	15,5(4)	65,8(5)	1,97(3)	5	20	Media - alta
1.800	40	Cauca	CHC-119	Muy Superficial(1)	5,4(2)	27,4(4)	36,1(3)	2,42(3)	1	14	Media
1.800	41	Huila	PP-182	Profunda(4)	4,9(1)	23,3(4)	15,5(2)	1,4(2)	4	17	Media
1.800	43	Nariño	NA-90	Profunda(4)	5,7(3)	10,2(3)	73,5(5)	1,02(2)	1	18	Media
1.900	45	Nariño	NA-83	Profunda(4)	5,6(2)	15,9(4)	42,1(4)	1,84(3)	1	18	Media
1.920	46	Nariño	NA-164	Profunda(4)	5,1(1)	24(4)	12,3(2)	5,63(4)	5	20	Media - alta
1.970	47	Huila	HUL-09	Moderada Pro(3)	6(3)	57,9(5)	15,5(2)	9,8(2)	2	17	Media

### Evaluación de la oferta natural en la montaña baja

1.100	10	Huila	PZ-119	Moderada profunda(3)	30,4(4)	7,3(4)	77,9(5)	1,4(3)	1	20	Media-alta
1.150	14	Huila	PP-30	Profunda(4)	32(4)	6(3)	90,6(5))	2,2(3)	1	20	Media-alta

**Tabla No. 33.** Matriz síntesis oferta natural para la montaña media y baja.

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM.

Altura	No.	Depto.	Codigo	Prof. Efectiva	pH	CICA	SBA	%C	Pendiente	Valor	Apreciación
480	1	Tolima	TS-44	Profunda(4)	17,8(2)	5,1(1)	23,6(2)	2,02(4)	5	18	Media
520	2	Tolima	TS-45	Superficial(2)	18,1(2)	5,9(2)	95(5)	0,41(2)	5	18	Media
610	3	Tolima	TS-52	Superficial(2)	20(2)	6(2)	58,5(4)	1,56(3)	1	14	Media
990	7	Tolima	TS-51	Profunda(4)	19,4(2)	4,9(1)	15,5(2)	2,06(4)	1	14	Media
1.000	8	Huila	PH-08	Moderada Profunda(3)	23,1(3)	6,3(3)	100(5)	2,9(4)	1	19	Media -Alta
1.050	9	Tolima	P-25	Moderada Profunda(3)	18(2)	5,7(2)	28,3(2)	2,8(4)	5	18	Media
1.130	12	Cauca	P-13	Muy Superficial(1)	30,1(3)	5,2(1)	74,1(5)	4,47(5)	5	20	Media -Alta
1.315	15	Huila	PL-7A	Muy Superficial(1)	20(2)	6,1(3)	59,5(4)	3,8(5)	5	20	Media -Alta
1.340	16	Huila	PL-10A	Moderada Profunda(3)	25,5(3)	5,3(1)	37(3)	3,8(5)	5	20	Media -Alta
1.400	19	Huila	PL-5A	Muy Superficial(1)	29,3(3)	6,2(3)	81,2(5)	2,6(4)	5	21	Media -Alta
1.410	20	Huila	PL-9A	Superficial(2)	14,9(2)	6,2(3)	58,4(4)	1,7(3)	5	19	Media -Alta
1.420	21	Cauca	P-15	Superficial(2)	49,3(4)	5,3(1)	74,4(5)	3,26(5)	1	18	Media
1.470	24	Cauca	P-10	Muy Superficial(1)	22,4(3)	5(1)	75,9(5)	4,4(5)	1	16	Media
1.730	36	Cauca	P-25	Muy Profundo(5)	23,1(3)	5,1(1)	27,3(2)	2,89(4)	1	16	Media
1.730	37	Cauca	P-37	Muy Profundo(5)	65,1(5)	5,0(1)	1,1(1)	17,14(5)	4	21	Media -Alta
1.780	38	Cauca	P-107	Superficial(2)	30,1(4)	5,3(1)	6,14(1)	6,14(5)	5	18	Media
1.790	39	Cauca	p-87	Superficial(2)	14,3(2)	5,3(1)	21,7(3)	3,6(5)	5	18	Media
1.850	44	Cauca	RC-85	Profunda(4)	29,1(4)	5,2(1)	2,1(1)	5(5)	4	19	Media -Alta

**Tabla No. 34.** Matriz síntesis oferta natural para las depresiones tectónicas.

**Fuente:** Información básica perfiles de suelos IGAC. Procesamiento de la información IDEAM.

- pH

Matemáticamente es el logaritmo decimal negativo de la concentración de iones hidrógeno. En la práctica mide el efecto de la adición de iones  $\text{OH}^-$  y  $\text{H}^+$  que altera el equilibrio de estos en el agua. Evalúa la llamada reacción del suelo y es quizá la más importante propiedad en aquellos destinados a la producción agrícola pues determina y direcciona, entre otras cosas, la solubilidad de las sales, la actividad microbiológica y por lo tanto la evolución y disponibilidad de nutrientes.

Dentro de la franja altitudinal (Montaña Alta), el pH regula en alto grado la mineralización de la materia orgánica al influir sobre la especie, número y actividad de los microorganismos responsables de este proceso.

Los suelos que se encuentran a mayor altitud, poseen valores de pH menores a 5. En tanto que los demás, los valores pasan de esta cifra. En la gran mayoría de perfiles se observa un aumento de pH con la profundidad.

El pH ácido a ligeramente ácido, se halla ligado a factores geológicos, ambientales y químicos. Entre los primeros se encuentra la mineralogía peculiar de estos suelos en relación con su origen, entre los segundos son importantes los altos contenidos de Aluminio y la acidez orgánica intercambiables.

El pH generalmente es menor en el primer horizonte que en los horizontes subsuperficiales, lo que permite suponer que gran parte la origina la materia orgánica y el complejo arcillo-húmico.

La acidez intercambiable se refiere a la acidez del suelo, atribuida principalmente al Aluminio y también al hidrógeno, en el área del Macizo esta acidez aumenta a medida que se aumenta en altura.

La acidez intercambiable es mayor en el horizonte superior que en el horizonte inferior, lo que sugiere cierta dependencia con la materia orgánica.

Al observar los datos obtenidos se puede aseverar que en gran medida los suelos que poseen mayor contenido de carbón orgánico, presentan las mayores saturaciones de Aluminio.

Se observa también cierta dependencia con el material no cristalino, el cual posee una carga iónica alta dependiente del pH, en efecto los suelos con mayor porcentaje de material no cristalino (alófanos) especialmente en la montaña alta, presentan los mayores valores de saturación de aluminio.

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio de cationes (CIC) puede ser definida como la medida de la cantidad de cargas negativas del suelo, existen las fases intercambiable y la soluble, entre estas se lleva a cabo las reacciones del suelo y una de las más importantes de la Naturaleza, el intercambio iónico, de la cual es de especial interés la de intercambio catiónico.

La fracción coloidal del suelo, constituida por arcillas y materia orgánica, presenta cargas negativas capaces de atraer y absorber cationes que están rodeados por moléculas de agua, lo cual constituye la solución micelar o solución interna, que estará en equilibrio con una solución intermicelar constituida por electrolitos del suelo, también llamada solución externa o fase soluble.

Su determinación y evaluación está estrechamente ligada a las bases por ser éstas, Ca, Mg, Na y K, los cationes más representativos del complejo intercambiable.

Esta característica mide la capacidad que tiene el suelo para intercambiar cationes, almacenándolos contra las pérdidas por lixiviación, pero cediéndolos a las plantas para su nutrición.

Para realizar este análisis se consideraron la capacidad de cambio efectiva y la CICA como total, determinada por medio de acetato de amonio.

La capacidad catiónica de cambio efectiva se calculó con los resultados de las bases totales, incluyendo los valores de Aluminio y del hidrógeno intercambiables.

La capacidad catiónica efectiva se considera como una medida real de la carga permanente o neta de la arcilla (sustituciones isomórficas).

Los valores de CICA, son más altos que los de CICE, por que, por cuanto a más de las de las cargas permanentes y variable (parcial), se opera una fijación de cationes monovalentes (en este caso  $\text{NH}_4^+$ ) que contribuyen a aumentar estos valores.

Los suelos a menores alturas poseen valores más bajos de CICA, debido principalmente a la ausencia de cenizas volcánicas y a la presencia de material cristalino presente en la arcilla y el menor porcentaje de materia orgánica comparado con los suelos de la Montaña Alta, datos que concuerdan con el análisis estadístico realizado, el cual señala una alta correlación (0.90 de coeficiente de correlación).

La capacidad catiónica en general disminuye con la profundidad en estos suelos, donde se presentan menores valores de Carbono, no obstante en pocos perfiles analizados se observan valores más altos, esto debido principalmente a que se encuentran horizontes enterrados donde los valores de carbón orgánico son más altos.

Es importante resaltar el hecho que en los suelos de la Montaña Alta se encuentran altas capacidades de cambio, con muy bajas saturaciones de bases y pH ácidos, debido principalmente a dos factores, el primero los mayores contenidos de materia orgánica y el segundo a la naturaleza de la ceniza volcánica, que esta constituida por elementos no tan ácidos.

- Saturación de bases

Se define como la relación existente entre la suma de las bases cambiables en me/100g de suelo ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$  y  $K^+$ ) y la CIC.

Los tres primeros son nutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas, mientras que el Sodio se considera en gran mayoría de los casos como elemento perjudicial.

De todas maneras ésta relación permite evaluar con mayor certeza la participación de las bases intercambiables en el valor de la CIC la cual si se debiese exclusivamente a ellas sería del 100%. Generalmente, excepto para los suelos salinos y sódicos, su valor es menor del 100% lo cual implica la presencia de otros agentes generadores de cargas negativas que suele ser la materia orgánica debido entre otros a la presencia de radicales del tipo  $RCOO^-$  o  $RO^-$ .

Los cationes intercambiables Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio son en general bajos, particularmente en los horizontes inferiores. Los valores relativamente altos que se encuentran en los horizontes superficiales, se deben al ciclo biológico de la cobertura vegetal. Además se observa que la disminución en el contenido de bases es gradual, a menos que se trate de depósitos de diferente composición, o de rocas diabásicas, como se observan en algunos perfiles de suelos.

En la parte del Cauca, especialmente en los suelos de los municipios de Corinto, Caloto, los suelos de estas zonas poseen un aumento en el contenido de cationes intercambiables, esto coincide con zonas de acumulación de hierro (placas), a través de los cuales se dificulta la movilización normal de elementos dando como resultado una concentración de bases.

En muy pocos perfiles existe dominancia del Magnesio sobre el Calcio, no obstante existe un dominio del Magnesio sobre el Calcio en (Toribio), esto podría atribuirse a la abundancia de minerales ferromagnesianos, que al alterarse dejan en libertad el Magnesio.

- Materia orgánica.

Fundamentalmente el origen de la materia orgánica del suelo reside en los restos orgánicos de todo tipo, pero en especial de la acumulación de residuos vegetales.

Los agentes biológicos son los encargados de destruir, descomponer y sintetizar (mineralizar y humificar respectivamente) dichos materiales, dando diferentes tipos de compuestos, es así como bajo condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas, la presencia de la materia orgánica en el suelo implica una buena probabilidad de disponibilidad de nutrientes por mineralización de aquella.

Una de las formas más eficientes en términos de aproximación y facilidad para estimar la materia orgánica en el suelo es mediante la determinación del carbono orgánico total, para lo cual se utilizan métodos que permiten transformarlo de su forma orgánica a una inorgánica como  $CO_2$  mediante procedimientos de combustión o reacciones de oxidación reducción utilizando un agente oxidante fuerte como dicromato de potasio.

El carbono se encuentra en el suelo formando parte de cuatro tipos de materiales orgánicos y minerales:

- Carbonatos minerales, principalmente de calcio y magnesio.
- Formas muy condensadas de composiciones próximas al carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón de hulla).
- Residuos de plantas, animales y microorganismos, alterados y bastante resistentes denominados a veces “humus” y “humatos”, que no constituyen un compuesto único.
- Residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos vivos y muertos que sufren descomposiciones bastante rápidas en los suelos.

El Carbono total del suelo incluye estas cuatro formas. El Carbono orgánico total incluye las tres últimas.

Las relaciones con la fertilidad se establecen a partir de la estabilidad que le generan al humus los productos de alteración de las cenizas volcánicas, posiblemente por la inaccesibilidad de enzimas bacterianas absorbidas por la alófana o por la toxicidad del Aluminio, con lo cual se estabiliza el complejo, se limita su mineralización y como consecuencia, el aporte de elementos que como el Nitrógeno, Fósforo y Azufre, están directamente vinculados con la materia orgánica en cuanto a la fertilidad del suelo.

La materia orgánica o humus es importante no solo por constituir fuente de nutrientes como Nitrógeno, Azufre y Fósforo. Si no porque de su interacción con la fracción mineral resulta la formación de agregados, mejorando el equilibrio entre macro y microporos y por lo tanto la relación aire-agua en el suelo, a su vez aumenta la resistencia del suelo a la erosión y se mejora el drenaje.

De esta manera en el Macizo debido a la variabilidad de estos factores se encuentran suelos con muy alto contenido de materia orgánica en los climas más fríos y húmedos principalmente aquellos formados a partir de cenizas volcánicas, suelos con contenidos intermedios en climas medios sin alófana y suelos con contenidos bajos en alturas menores de 1000 metros sobre el nivel del mar.

Los contenidos de carbón orgánico en general aumentan con la altura, existen perfiles de suelos con valores de 23,4 y de 13,22 como valores máximos encontrados en las franjas altitudinales de 2000 a 3000 metros sobre el nivel del mar y superiores.

Los altos contenidos de carbón orgánico en estos perfiles se debe a la acumulación de material vegetal que se encuentra parcialmente descompuesto.

Los valores de carbón orgánico son en la mayoría de los casos superiores en el horizonte superficial que en los subsuperficiales, esto se debe a que la materia orgánica se halla formando complejos arcillo-húmicos que son muy resistentes al ataque de los microorganismos del suelo, lo que hace que estos complejos se acumulen.

**Pendiente:** La pendiente se puede estimar de varias maneras:

- **Forma de la pendiente:** Hace referencia al aspecto externo de configuración de la pendiente.
- **Longitud de la pendiente:** Hace referencia a la extensión de la pendiente en el terreno.
- **Grado de disección de pendiente:** Hace referencia a la apreciación de inclinación de la pendiente en porcentaje.

Su importancia radica en que las practicas de uso y manejo están directamente relacionadas con la inclinación del terreno, igualmente existe una estrecha relación entre esta y la profundidad del suelo, por eso se toma como una variable importante en la elaboración de este algoritmo.

## PROFUNDIDAD EFECTIVA

Se refiere al espacio real o profundidad de que disponen las raíces para su crecimiento y desarrollo normal, sin obstáculos físicos o químicos.

Su importancia radica en que existen cultivos y vegetación natural, que poseen diferente necesidad de penetración para la toma de nutrientes y anclaje.

En la Montaña Alta del Macizo Colombiano, las principales limitantes de la profundidad efectiva son: rocas duras y continuas, fragmentos gruesos (mayores del 60% de volumen), cambios abruptos de textura entre dos horizontes (diferencias de arcilla mayor de 25% en la fracción fina)

En la Montaña Alta, los suelos varían desde muy superficiales, menos de 25 cm de profundidad, hasta profundos (superiores a un metro de profundidad), existen áreas con grandes depósitos de ceniza, lo cual hace que los suelos tengan una mayor profundidad.

Correlación entre las diferentes variables utilizadas para la elaboración del algoritmo. En esta parte únicamente se relacionan las gráficas de las diferentes variables, en cuanto a correlación se refiere.

Las explicaciones están previstas en la parte inicial del documento. Al analizar las gráficas, se puede observar que existe una alta correlación entre el carbón orgánico y la CICA igualmente existe una correlación baja entre la altura y la capacidad catiónica de cambio.

No se encontró correlación entre la CICA, la Saturación de bases, y el pH con la CICA y los porcentajes de Carbono.

## INTERPRETACIONES PARA EL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS DEL MACIZO COLOMBIANO

Con estos criterios se puede deducir que los pH se encuentran en los límites hacia la acidez por lo tanto la oferta natural está limitada por la dinámica de la biota asociada a la biomasa en especial hongos y bacterias. Si adicionamos a las condiciones anteriores una alta precipitación como en el caso del dominio amazónico la acidez se aumenta por el lavado de bases y más vulnerables son cuando además de cumplir con las condiciones anteriores, tengamos sustratos de poca oferta nutricional como son los granitos, y granodioritas presentes en las regiones de Teruel, Iquirá, Palermo y en el piedemonte caqueteño.

Los suelos localizados en la parte de la Montaña Alta inestable de las dos vertientes es muy susceptible a escurrirse bajo diversos procesos, debido a la misma dinámica morfogénica, por sus niveles de acidez y baja materia orgánica, por lo tanto requiere mantenerse para la conservación del agua, los suelos, la fauna, el paisaje y que cumpla sus principales funciones de regulador del ciclo hidrológico y climático; vale la pena recordar los procesos fluvio-glaciares del Páez.

Se debe evitar igualmente las actividades que aceleren demasiado los procesos de mineralización y erosión como pueden ser la tala y quema, el aporte excesivo de fertilizantes nitrogenados, la pérdida de la humedad relativa y coberturas vegetales protectoras de la vegetación, para garantizar su estabilidad.

Son altamente vulnerables los suelos en pendientes fuertes, sobre granitos, sin cenizas y altas precipitaciones, en donde la prevención debe ser máxima, y la presión sobre el recurso como es el caso en Teruel, Iquirá, Chaparral y afloramientos en el Macizo de Garzón.

En condiciones de bajas precipitaciones, con suelos con horizontes argílicos con tendencia a compactarse como se aprecian en la región de Mercaderes, la vulnerabilidad a la degradación por escurrimiento difuso intenso es alta, en casos, de recuperación difícil por costos y tiempo, a veces es mejor dejarlos para su propia recuperación con los efectos sociales y económicos que esto conlleva.

Las condiciones físicas del área son en general buenas para el normal crecimiento de las plantas. Las texturas varían desde francas hasta francoarenosas, siendo más comunes estas últimas, son suelos bien estructurados con buena porosidad, que garantizan una aceptable aireación de la zona radicular. En las partes altas la retención de agua es favorecida por la presencia de alófanos y por la apreciable cantidad de materia orgánica, esta última se encuentra en mayor cantidad en la parte superior del perfil.

La oferta natural de los suelos en cuanto nutrientes es relativamente alta, si se tiene en cuenta el alto porcentaje de feldespatos plagioclasas y de minerales ferromagnesianos que al meteorizarse liberan Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio y otros elementos que se consideran igualmente necesarios para el metabolismo vegetal.

Es indispensable admitir que no todos los elementos que se liberan en el proceso de intemperización de los minerales primarios son aprovechables por las plantas, algunos de ellos se pierden por las aguas de percolación, otros se encuentran en formas poco solubles o son retenidos por las arcillas y la materia orgánica.

Generalmente los suelos producto de la alteración de cenizas volcánicas suelen presentar grado de estabilidad relativamente altos, como consecuencia de su buena agregación y permeabilidad, cuando se cuentan con precipitaciones importantes pero bien distribuidas.

No se puede decir lo mismo de la formación superficial que la soporta, la cual puede tener diferentes grados de estabilidad de acuerdo a su espesor, plasticidad, pendiente (Inclinación y longitud), permeabilidad grado de consolidación y régimen de humedad subsuperficial, de igual manera actúa la morfoestructura geológica.

Otro aspecto importante para tener en cuenta en el uso y manejo de los suelos del Macizo es que en las partes altas de los municipios del Huila y Cauca, existe la probabilidad de heladas esporádicas.

El área del Macizo igualmente posee un alto riesgo de degradación del suelo, el cual en términos amplios se refiere al deterioro físico, químico y biológico de las propiedades del suelo.

Existen grandes áreas del Macizo en donde la vegetación natural ha sido destruida, dando paso a cultivos y especialmente praderas, estas últimas cuando se hacen en forma inadecuada ocasiona el deterioro de la estructura y aumenta el grado de compactación del suelo y por lo tanto es progresiva la erosión de diferentes tipos.

De acuerdo con el estudio realizado por el IDEAM y la Universidad Nacional de Colombia denominado Geosistemas de la Montaña Alta (1997), la intervención sobre el área boscosa localizada sobre el flanco que corresponde al departamento del Cauca en el Macizo Colombiano, se ha talado el gran manera el bosque natural entre las razones de este proceso de tala se destacan:

La ampliación de la frontera.

Los cultivos ilícitos (que se ubican generalmente en las partes altas)

Consumo de leña

Las actividades agrícolas igualmente influyen en el deterioro del suelo, pues las grandes extensiones tecnificadas y dedicadas a la ganadería que pertenecen a pocos propietarios, hacen que el minifundio cause más presión sobre zonas fundamentales para preservar.

Otro aspecto importante para destacar en las limitaciones para el uso de estos suelos especialmente en las partes altas es la presencia de algunos afloramientos rocosos en los flancos y en las cimas.

Igualmente se detecta en la Montaña Alta, escurrimiento superficial difuso y concentrado intenso sobre las coberturas de piroclastos y morrenas, con formación de surcos profundos.

## ESTABILIDAD DEL MACIZO COLOMBIANO

La estabilidad del Macizo se determinó a partir del análisis de la información de los componentes de la geoestructura pedológica y de evidencias externas del comportamiento de los componentes naturales. En tal sentido se evaluó el grado de consolidación de la morfoestructura geológica, la mayor o menor plasticidad de la formación superficial y los procesos morfodinámicos del suelo.

### LA ESTABILIDAD DE LA MORFOESTRUCTURA GEOLÓGICA

La estabilidad de la morfoestructura geológica es un factor de importancia en el grado de estabilidad del perfil geopedológico. El tipo de roca, su estructura y el grado de alteración entre otros, tienen relación con la firmeza morfoestructural del medio.

Dentro de los análisis para evaluar esta estabilidad existen varios métodos de clasificación para los diversos tipos de movimiento masivo de suelos o rocas. En general la clasificación depende de la perspectiva del clasificador, su conocimiento previo y el uso que pretenda darle (García M., 1986).

Una clasificación sencilla separa los movimientos masivos en lentos y rápidos (Stokes y Judson, 1968 en García M., 1986). Los primeros, que ocurren tanto en suelos como en rocas, son difíciles de reconocer porque se desarrollan en largos periodos de tiempo, lo cual trae consigo que estos movimientos causen el transporte de mayor cantidad de suelo y roca que los rápidos y violentos.

En los movimientos rápidos (Stokes y Judson, 1968 en García M., 1986); incluyen todos los tipos de falla fácilmente reconocibles, algunos catastróficos y destructivos, bajo el nombre genérico de deslizamientos, subdivididos en hundimientos, deslizamientos de roca, deslizamientos de detritos, flujos de tierra y flujos de lodo. (García, 1986).

El comportamiento de los taludes dentro de una misma formación geológica, depende entre otros aspectos, del estado de alteración del material que conforma el talud. En zonas tropicales, la heterogeneidad de los materiales dificulta en gran parte los análisis de estabilidad. Las características de la roca (litología y estructura), así como su estado de alteración, son determinantes de la forma y magnitud de la masa abarcada en un movimiento de falla de masa rocosa.

Algunos movimientos de roca pueden estar controlados por discontinuidades y características estructurales inherentes al Macizo rocoso, como la posibilidad de interacción del talud con una superficie de falla con buzamiento desfavorable, o diaclasas rellenas de arcilla, o también el sobre-esforzamiento eventual de uno o más conjuntos de diaclasas con orientación adversa.

Otro factor importante en el estudio de movimientos en masas rocosas lo constituye las fallas geológicas, debido a que éstas afectan los macizos rocosos por intensa fracturación y debilitamiento de los materiales; se favorece la infiltración y pueden generarse otros fenómenos que influyen en la estabilidad como los movimientos sísmicos.

De acuerdo con las anteriores explicaciones, y dada la extensión del área de estudio, se escogió seis variables de la base de datos sobre morfoestructura geológica, los cuales se identifican preliminarmente como indicadores de estabilidad geológica, con los cuales, se puede finalmente llegar a un índice de estabilidad. Estas variables son: Índice de fracturamiento, estado de alteración, consistencia, estructura, permeabilidad y buzamiento.

### CALIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD PARA LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL MACIZO COLOMBIANO

Teniendo en cuenta los anteriores parámetros de calificación, cada una de las formaciones geológicas presentes en el Macizo Colombiano, se identificaron con un índice de estabilidad. Para lograr calificar

los diferentes parámetros, se consultó información secundaria, sin embargo, no toda la información se encuentra detallada, por lo tanto, algunas veces se dedujeron los datos para completar la información faltante.

De esta manera, se obtuvo la calificación preliminar geológica para las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio. Los índices de estabilidad geológica para estas unidades se encuentran dentro del rango de 1 a 5, que indican lo siguiente (Ver Mapa No. 19):

- 1: Estable
- 2: Moderadamente Estable
- 3: Inestable
- 4: Muy Inestable

#### **CALIFICACIÓN DE LAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DEL SUR DEL MACIZO COLOMBIANO**

Descripción de las unidades litoestratigráfica aflorantes, desde la más antigua a la más reciente, de acuerdo a la calificación determinada de estabilidad.

#### **Sectores Pasto - La Unión - complejo volcánico de Galeras:**

Esta área hace parte del sector más al sur del bloque Andino en Colombia; se encuentra dentro de los dominios de las cordilleras Centro-Oriental y Occidental. El sector ha sido rellenado por material volcánico en eventos desde el Cretáceo hasta el reciente. (Ver Tabla No. 35).

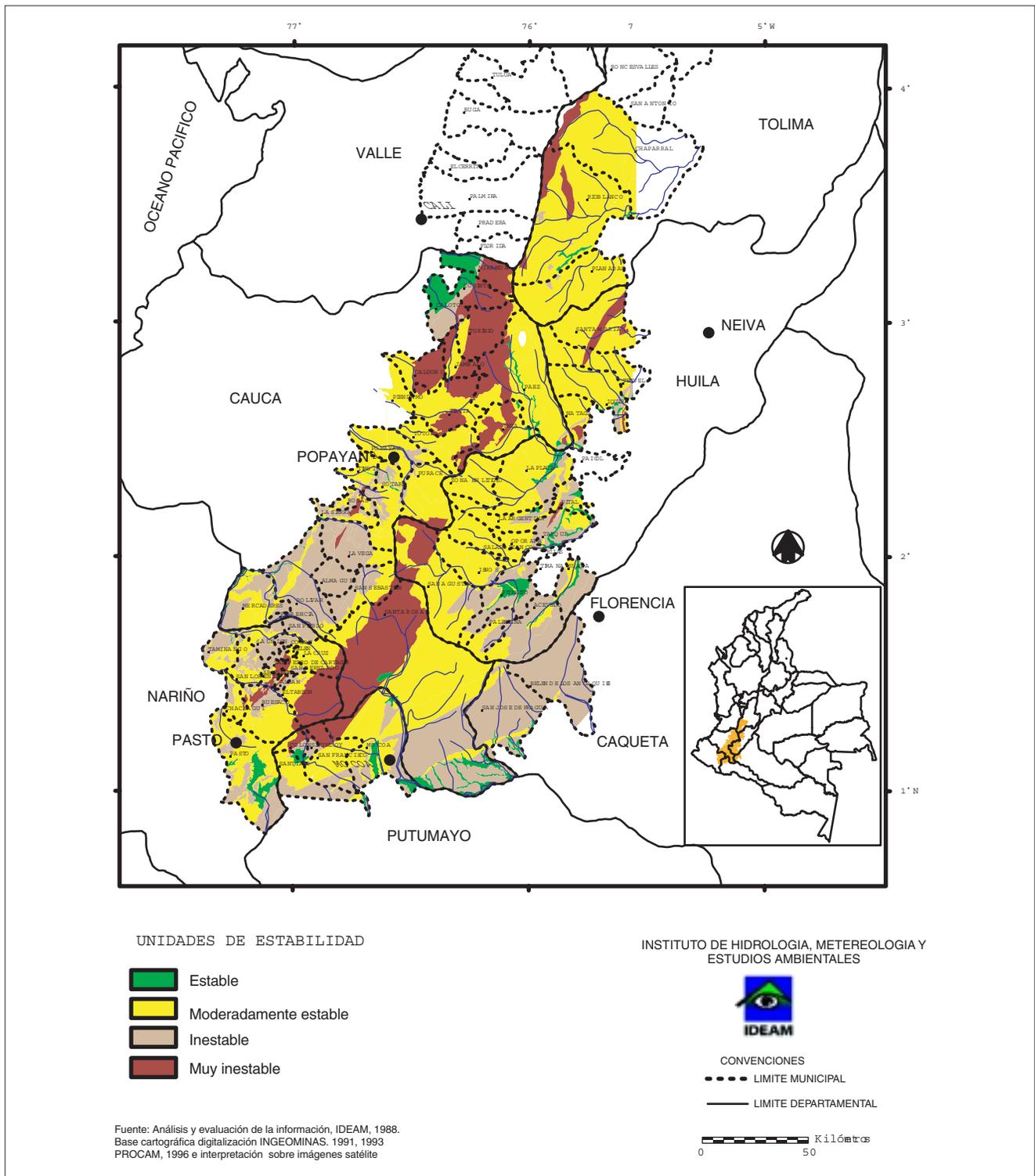
Este sector comprende la vertiente oriental de la denominada cordillera Centro-Oriental entre los departamentos de Nariño y Putumayo, desde el altiplano de Sibundoy hasta el piedemonte y parte de la llanura amazónica. (Ver Tabla No. 36).

#### **Sector subcuenca de Neiva**

El valle superior del Magdalena divide las cordilleras Oriental y Central y ha sido subdividido por sus características tectonoestratigráficas en tres cuencas, de norte a sur Cuenca de Honda, Cuenca de Girardot y Cuenca de Neiva. La historia geológica del área es compleja; está enmarcada por diferentes eventos que se reflejan en las diferentes unidades geológicas aflorantes. (Ver Tabla No. 37).

#### **Depresión Cauca-Patía**

La Depresión Cauca-Patía en el extremo suroccidental de los andes Colombianos, divide las cordilleras Central y Occidental. Esta unidad geomorfológica asimétrica está limitada al occidente por el Sistema de Fallas del río Cauca y al oriente por el Sistema de Fallas de Romeral. Este último sistema de fallas constituye el límite entre rocas de afinidad oceánica de la cordillera Occidental y rocas de afinidad continental de la cordillera Central. (Ver Tabla No. 38).



**Mapa No. 19.** Estabilidad de la morfoestructura geológica del Macizo Colombiano.

Edad	Unidad Litoestratigráfica	Litología	Calificación
Depositos Recientes O. Cuaternario	Lluvias de ceniza (Qvc)	Depósitos de ceniza	Inestable
	Depósitos glaciares y fluvioglaciares (Qsgf)	Depósitos representados por gravas y arenas principalmente	Moderadamente estable
	Rocas volcánicas continentales (Qtv)	Lavas de composición basáltica, andesítica, tobas, aglomerados y cenizas	Inestable
	Terrazas, derrubios y coluvios (Qt)	Son flujos de lodo, sedimentos de terraza, de conos y abanicos aluviales.	Moderadamente estable
	Depósitos lacustres (Ql)	Son depósitos producidos por lagunas naturales y artificiales y zonas pantanosas.	Estable
	Aluviones y rellenos de planicie (Qal)	Limos, arenas y gravas	Estable
Depósitos Recientes o Cuaternario	Depósitos coluviales y aluviales (Qcal)	Los depósitos aluviales se componen de grava, arena, limos y arcillas, los depósitos coluviales forman generalmente conos de deyección y se componen de material no homogéneo en tamaño y a veces en origen	Estable
Terciario - Cuaternario	Lavas (TQvI)	Lavas intercaladas con otros materiales volcánicos	Moderadamente estable
	Avalanchas ardientes y escombros (Tqva)	Depósitos caóticos de material explosivo. Pueden estar o no consolidados	Moderadamente estable
	Ignimbritas eutaxíticas (Tqvi)	Coladas compuestas por fragmentos de pumita-	Inestable
	Flujos de ceniza, pumita y escoria (TQvf)	Depósitos caóticos, no consolidados, conformados por fragmentos de pumita y escoria en matriz de ceniza	Inestable
	Lavas y cenizas (TQvIc)	Lavas y flujos y/o caídas de cenizas	Moderadamente estable
	Lahares y lavas (TQvII)	Dep. caóticos de bloques heterolitológicos y heterométricos	Inestable
	Lahares y piroclastos (TQvIpl)	Lahares intercalados y separados por caídas de ceniza	Moderadamente estable
	Depósitos volcánicos sin diferenciar (TQvsd)	Lavas, nubes ardientes, avalanchas de escombros, lahares. Cenizas, dep. fluvioglaciares	Moderadamente estable
Terciario	Formación Esmita (Tme)	Alternancia de limolitas violáceas, areniscas conglomeráticas que gradan a conglomerados polimícticos, grawacas.	Inestable
	Formación Mosquera (Tem)	Arenisca de grano medio a conglomeráticas, presenta esporádicos mantos de carbón	Moderadamente estable
	Rocas porfiríticas del Terciario (Tp)	Andesitas y dacitas con variaciones porfiríticas	Inestable
	Rocas ígneas hipoabisales (Th)	Dacitas y andesitas, con textura holocristalina, porfirítica	Inestable
	Rocas sedimentarias y volcánicas del Terciario (Tsv)	Conglomerados, areniscas, arcillolitas e intercalaciones de tobas, andesitas, basaltos y rocas piroclásticas	Moderadamente estable
Cretaceo	Grupo diabásico (Kvs-Kvd-Kv)	Conjunto Kvs: Metabasaltos, metadiabasas. Conjunto Kvd: Metabasaltos, gabros, metapiroclastitas y metapelitas. Conjunto Kv: Metadiabasas y metabasaltos	Moderadamente estable
	Rocas ultramáficas del Chacaguaico (Ku)	Agregados de antigorita, crisotilo y cristales alterados de olivino	Inestable
	Rocas metavolcánicas de la cordillera Occidental (Kmv)	Pizarra, filita, chert, grauwaca, localmente caliza y metabasalto	Moderadamente estable
	Rocas sedimentarias de la cordillera Centro-Oriental (Ks)	Areniscas, arcillas pizarrosas, algunas capas de caliza arcillo arenosas con intercalaciones de manto de carbón	Moderadamente estable

**Tabla No. 35.** Geología del sector Pasto - La Unión complejo volcánico de Galeras

**Fuente:** Análisis de información IDEAM, 1998. Información básica tomada del mapa geológico de Colombia, planchas 364 Timbio y 410 La Unión, Ingeominas, 1993 . Cuenca de Putumayo

Edad	Unidad Litoestratigráfica	Litología	Calificación
Cretaceo	Rocas sedimentarias y volcánicas del Juanambú (Ksv)	Chert, limolita, shale, caliza y flujos basálticos intercalados	Moderadamente estable
	Grupo Dagua (Kmsv)	Rocas metavolcánicas hacia la base y metasedimentarias hacia el techo	Moderadamente estable
	Complejo ó Formación Quebradagrande (Ksv)	Metalimolitas, metagrawacas compuestos de epidota, calcita, plagioclasa, cuarzo y rocas hipoabisales	Inestable
Triásico - Jurásico	Rocas Intrusivas del Jurásico (Jrg)	Cuarzodioritas, granodioritas y cuarzomonzonitas	Moderadamente estable
Paleozoico	Complejo Metamórfico de Buezaco (Pz?b)	Esquistos cuarzofeldespáticos y cuarzosericíticos, ocasionalmente esquistos verdes y micáceos	Inestable
Precámbrico	Complejo Migmatítico de La Cocha-Río Téllez (Pemct)	Rocas ígneas de composición granodiorítica y metamórfica (ortoneis, granulitas y anfíbolitas)	Inestable

**Continuación tabla No. 35. Geología del sector Pasto - La Unión complejo volcánico de Galeras**

**Fuente:** Análisis de información IDEAM, 1998. Información básica tomada del mapa geológico de Colombia, planchas 364 Timbio y 410 La Unión, Ingeominas, 1993 . Cuenca de Putumayo

Edad	Unidad Litoestratigráfica	Litología	Calificación
Cuaternario	Depósitos de Piedemonte (Qts)	Forma conos de piedemonte compuestos principalmente por gravas, arenas y limos	Inestable
Terciario	Depósitos aluviales (Qal)	Depósitos de arenas, limos y gravas	estable
	Formación Pepino (Tp)	Conglomerados, areniscas masivas y arcillas.	Moderadamente estable
	Formación Orteguzza u Orito (To)	Lodolitas y arcillolitas intercaladas con arenas	Inestable
Cretaceo	Formación Rumiaco (Kr)	Arcillas rojizas y areniscas friables, y mantos de lignito.	Moderadamente estable
	Formación Villeta y Guadalupe (Ks)	Arcillas esquistosas, con intercalaciones de lidita, nódulos calcáreos y silíceos, algunos bancos de caliza negra, zonas de arcilla más o menos esquistosa de color rojo y grisáceo, por debajo se encuentran las areniscas.	Inestable
	Formación Caballos (Kc)	Conglomerado basal, seguido de areniscas cuarcíticas y ferruginosas, calizas fosilíferas	Moderadamente estable
Triásico - Jurásico	Formación ó Grupo Motema (Jm)	Areniscas arcóscicas, arcillas rojas, flujos de lava riolíticos, liditas y calizas metamorfoseadas con intrusiones de cuerpos graníticos.	Moderadamente estable
	Batolito de Mocoa (Jrcd)	Cuarzodioritas, granodioritas y cuarzomonzonitas	Moderadamente Estable
Paleozoico	Complejo Metamórfico de Buesaco (Pzb)	esquistos cuarzofeldespáticos y cuarzosericíticos, ocasionalmente esquistos verdes y micáceos	Inestable
Precámbrico	Complejo Migmatítico de La Cocha-Río Téllez (Pemct)	Rocas ígneas de composición granodiorítica y metamórfica (ortoneis, granulitas y anfíbolitas)	Inestable

**Tabla No. 36. Geología de la cuenca de Putumayo**

**Fuente:** Análisis de información IDEAM, 1998. Información básica tomada del mapa geológico de Colombia, planchas 364 Timbio y 410 La Unión, Ingeominas, 1993 . CASERO, P. etal. 1995

Edad	Unidad Litoestratigráfica	Litología	Calificación
Cuaternario	Depósitos recientes (Q)	Arcillas lacustres, abanicos aluviales, terrazas y aluviones, con delgadas intercalaciones de cenizas volcánicas.	Estable
	Fanglomerados de la cordillera Oriental	Gruesa secuencia de conglomerados compuestos por cantos de rocas volcánicas y metamórficas, fuertemente meteorizados	Moderadamente estable
	Formación Guacacayo (Tqjg)	Lavas basálticas y piroclastos ricos en olivino, generalmente se encuentran meteorizadas.	Inestable
	Lahar de Altamira	Brechas volcánicas compuestas de clastos angulares de andesitas fuertemente cementadas.	estable
Terciario	Formación Gigante (Tgi)	Consiste de conglomerados polimícticos hacia la base, depósitos volcanoclásticos en la parte media y conglomerados en el tope.	Moderadamente estable
	Formación Honda (Th)	Alternancia de lodolitas, areniscas y conglomerados polimícticos. Las concreciones calcáreas abundan en las areniscas.	Moderadamente estable
	Formación Gualanday (Tgy)	Conglomerados y areniscas compuestos por fragmentos volcánicos, chert y cuarzo. Presenta esporádicas intercalaciones de lodolitas.	Estable
	Formación Guaduas (KTg)	Lodolitas rojizas, grises y violetas con delgadas intercalaciones de areniscas grises. Localmente presenta capas ricas en materia orgánica.	Inestable
Cretaceo	Grupo Guadalupe (Kg)	Secuencia de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, con algunas intercalaciones de plaeners y concreciones calcáreas.	Moderadamente estable
	Grupo Villeta (Kms)	Shales fosilíferos de color negro, fisibles con algunas intercalaciones de limolitas, arenitas, calizas y chert.	Inestable
	Formación Caballos (Kc)	Areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, con delgadas intercalaciones de shales negros.	Moderadamente estable
Paleozoico	Formación La Jagua	Conglomerados, interestratificados con areniscas, shales y calizas fosilíferas.	Moderadamente estable
	Grupo Cajamarca (Pzimv)	Rocas metamórficas de medio a bajo grado, consistentes en esquistos clorítico-biotíticos, metacherts y rocas calcosilicatadas.	Moderadamente estable
Precámbrico	Macizo de Garzón (Pem)	Granulitas, gneises cuarzo-feldespáticos, anfibolitas y en menor proporción rocas ultramáficas y calcosilicatadas	Inestable

**Tabla No. 37.** Geología del sector subcuenca Neiva

**Fuente:** Análisis de información IDEAM, 1998. Información básica tomada del mapa geológico de Colombia, planchas 364 Timbio y 410 La Unión, Ingeominas, 1993 . CASERO, P. etal. 1995

Edad	Unidad Litoestratigráfica	Litología	Calificación
Cuaternario - Terciario	Depósitos Cuaternarios (Qal)	Gravas, arenas y limos con alta proporción de material volcánico	Estable
	Depósitos volcánicos sin diferenciar (TQvsd)	Flujos volcánicos y depósitos aluviales de gravas y arenas	Moderadamente estable
	Flujos de Lahares (TQvlp)	Acumulaciones caóticas de guijarros de rocas volcánicas andesíticas y otros tipos de rocas, embebidos en una matriz tufácea.	Moderadamente estable
	Conjunto de ignimbritas o flujos piroclásticos y lahares (Tqpi)	Flujos de ceniza y fragmentos de vidrio, biotita, plagioclasa, hornblenda, cuarzo y pumita.	Moderadamente estable
	Conjunto de sedimentitas y rocas volcánicas(Tqpg)	Arcillolitas blancas y areniscas tufáceas con delgadas capas de diatomitas	Inestable
	Conjunto de Lavas(TQvl)	Rocas lávicas andesíticas porfiríticas, con fenocristales de anfíbol, piroxeno, plagioclasa y olivino.	Moderadamente estable
Terciario	Complejo de Ciruelal(Tmc)	Rocas plutónicas tonalíticas de grano medio y pórfidos dacíticos que contienen fenocristales de cuarzo y anfíboles.	Inestable
	Cuerpos intrusivos hipoabisales (Tma,Tmda)	Pórfidos dacíticos félsicos, pórfidos dacíticos biotíticos y pórfidos andesíticos horbléndicos.	Inestable
	Plutón de Tejenes (Tigi)	Granodiorita	Inestable
	Plutón de Panecillo (Ticp)	Cuarzomonzonita	Inestable
	Formación Esmita (Tme)	Alternancia de limolitas fosilíferas, areniscas arcillosas y conglomerados polimícticos, con esporádicas intercalaciones de calizas.	Inestable
	Formación Mosquera (Tem)	Conglomerados silíceos, alternantes con areniscas arcólicas, limolitas y arcillolitas en una textura granodecreciente hacia el techo de la formación	Moderadamente estable
Cretaceo	Formación Peña Morada (Ks?pm)	Calizas, lodolitas y arenitas de grano fino en la base. En la parte media y superior consta de conglomerados polimícticos pobremente seleccionados.	Inestable
	Secuencia del Río Guabas (Kssg)	Calizas bituminosas piritosas, lodolitas grises y chert en la base. En la parte superior consta de brechas, conglomerados y areniscas.	Moderadamente estable
	Conjuntos de gabros, basaltos y diabasas de la cordillera Occidental (Ksg,Ksv)	Rocas máficas, constituidas por minerales como piroxenos, plagioclasas, zeolitas, clorita,limolita y minerales opacos.	Moderadamente estable
	Complejo Quebradagrande (Kcqs)	Conjunto de vulcanitas (capas de flujos basálticos y niveles de tobas básicas), que en la parte inferior contienen metasedimentitas interestratificadas.	Inestable
	Complejo Barroso-Amaime (Kiba)	Diabasas y basaltos de color verde, con esporádicas intercalaciones de tobas y niveles de chert.	Inestable
Cretaceo	Complejos de rocas ultrabásicas-básicas (Kiub)	R. ultramáficas serpentinizadas, gabros, lavas almohadilladas y flujos básicos. La secuencia aparece como bloques tectónicos, y ha estado sujeta a intensa cataclasis.	Inestable
	Secuencia del Río Guabas (Kssg)	Calizas bituminosas piritosas, lodolitas grises y chert en la base. En la parte superior consta de brechas, conglomerados y areniscas.	Moderadamente estable
	Conjuntos de gabros, basaltos y diabasas de la cordillera Occidental (Ksg,Ksv)	Rocas máficas, constituidas por minerales como piroxenos, plagioclasas, zeolitas, clorita,limolita y minerales opacos.	Moderadamente estable
	Complejo Quebradagrande (Kcqs)	Conjunto de vulcanitas (capas de flujos basálticos y niveles de tobas básicas), que en la parte inferior contienen metasedimentitas interestratificadas.	Inestable
	Complejo Barroso-Amaime (Kiba)	Diabasas y basaltos de color verde, con esporádicas intercalaciones de tobas y niveles de chert.	Inestable
Cretaceo	Complejos de rocas ultrabásicas-básicas (Kiub)	R. ultramáficas serpentinizadas, gabros, lavas almohadilladas y flujos básicos. La secuencia aparece como bloques tectónicos, y ha estado sujeta a intensa cataclasis.	Inestable

**Tabla No. 38.** Geología depresión Cauca - Patía

**Fuente:** Análisis de información IDEAM, 1998. Información básica tomada del mapa geológico de Colombia, planchas 364 Timbio y 410 La Unión, Ingeominas, 1993 .

Edad	Unidad Litoestratigráfica	Litología	Calificación
Triásico-Jurásico	Secuencia sedimentaria rojiza(JR?ss)	Secuencia de conglomerados cuarzosos, limolitas y arcillolitas rojizas. La unidad presenta como característica principal colores rojizos.	Moderadamente estable
	Granitoide Cataclizado de Bellones (Mzgb)	Cuarzodioritas fracturadas y cizalladas con cristales de feldespato, cuarzo, mica blanca y biotita; neises y esquistos miloníticos.	Inestable
Paleozoico	Conjunto de Esquistos Cuarzo-Micáceos y Cuarcita (Pzi?ms)	Rocas finamente laminadas con venas de cuarzo lechoso, compuestas de micas, cuarzo, plagioclasa, clorita y material Carbonoáceo (grafito).	Inestable
	Conjunto de Esquistos verdes y metasedimentarios (Pzi?mv)	Los esquistos verdes son rocas macizas con buena foliación. Las rocas metasedimentarias corresponden a metapelitas, metaareniscas, esquistos negros y metaconglomerados.	Muy inestable
	Conjunto de Anfibolitas y metagabros (Pzi?ma)	Anfíboles fibrosos y plagioclasa alterada a saussurita. Se encuentran muy fracturadas y cataclizadas.	Inestable

**Continuación tabla No. 38.** Geología depresión Cauca - Patía

**Fuente:** Análisis de información IDEAM, 1998. Información básica tomada del mapa geológico de Colombia, planchas 364 Timbio y 410 La Unión, Ingeominas, 1993 .

#### ESTABILIDAD DE LAS FORMACIONES SUPERFICIALES

Dada la naturaleza y características de los sistemas morfogénicos se identificaron para cada geosistema el tipo de formación superficial dominante (Ver Tabla No. 39).

Las formaciones superficiales entendidas como los mantos de alteración de la roca y los diferentes depósitos, son en últimas los materiales sobre los que se desarrollan la mayoría de procesos morfodinámicos que ocurren sobre las vertientes, ya por su naturaleza, presentan la plasticidad y poca cohesión necesarias para el transporte de materiales.

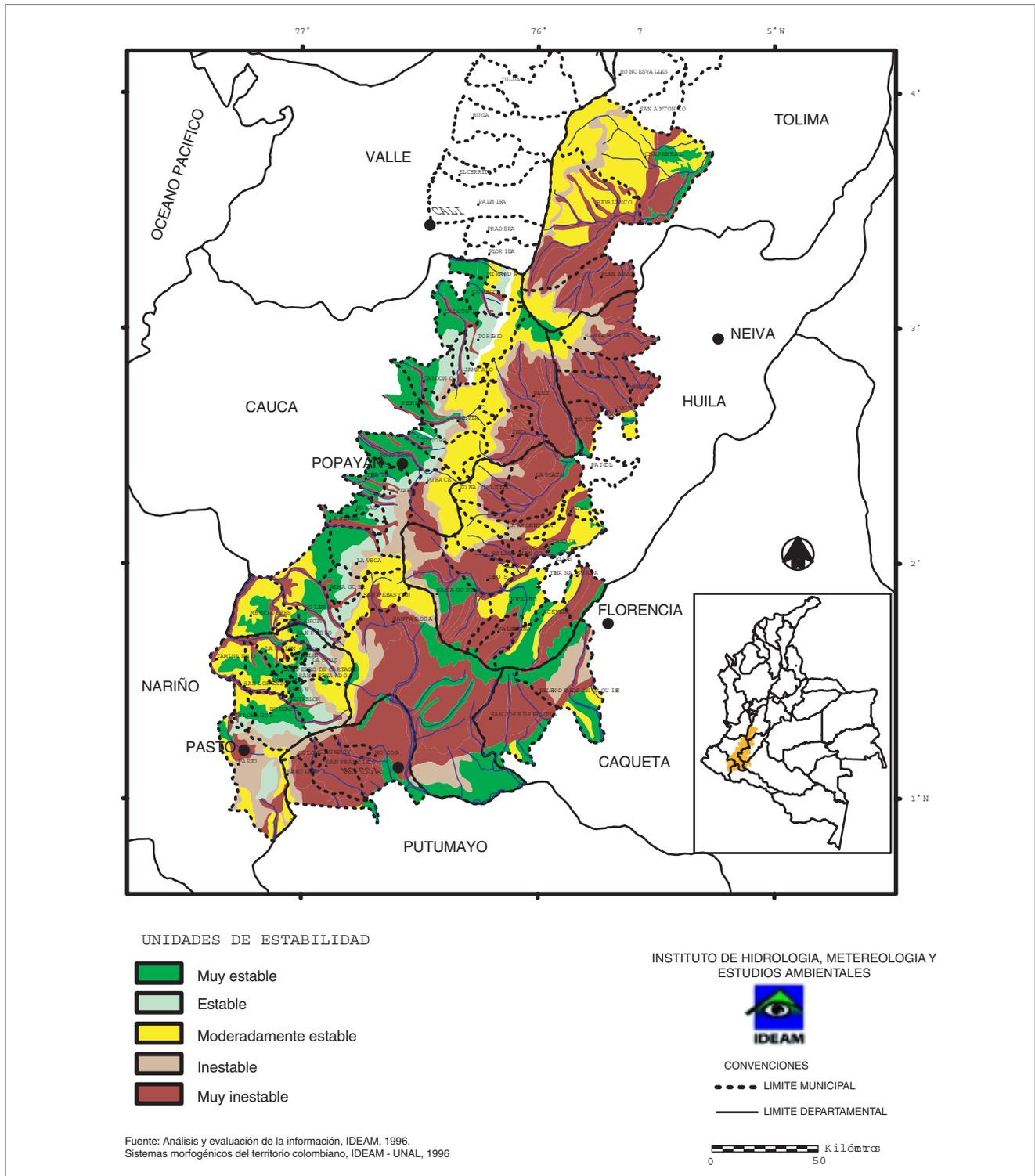
Todos los movimientos en masa se originan y desarrollan sobre las formaciones superficiales; de esta manera es indispensable determinar su estabilidad para identificar las vulnerabilidades de los diferentes espacios del Macizo ante eventos naturales de remoción en masa.

Para definirla se tomó como base el tipo de formación superficial existente, el proceso erosivo actuante o potencial en cada geosistema. Así, para geosistemas con procesos erosivos de fuerte incidencia (remoción en masa, escurrimientos intensos, truncamiento de suelos), resultan unidades inestables. De la misma manera, procesos poco intensos y graves como escurrimientos leves y difusos y/o procesos periglaciares resultan en unidades de relativa estabilidad a estables.

Como resultado cinco categorías de estabilidad de las formaciones superficiales (muy estable, estable, moderadamente estable, inestable y muy inestable) han resultado del análisis y representan la potencialidad a producirse procesos erosivos y movimientos en masa en espacio y tiempo (Mapa No. 20).

La Montaña Alta por ejemplo, presenta condiciones desde moderadamente inestables hasta muy inestables lo que debe llamar la atención ya que esta macrounidad soporta ecosistemas estratégicos y posee el poder de regular el sistema hídrico.

La Montaña Media por su propia naturaleza de tener mayor frecuencia y densidad de movimientos de remoción en masa, presenta zonas inestables y muy inestables excepto algunas geoformas que por su grado de amenaza bajo logran clasificarse como estables.



**Mapa No. 20.** Estabilidad de las formaciones superficiales del Macizo Colombiano.

Macrounidad	Geosistema	Formaciones Superficiales	Estabilidad
Montaña Alta	El modelado glaciar heredado	Morrenas de fondo, laterales con material heterométrico, turberas, pantanos, material piroclástico	3
	El sistema morfogénico periglaciario	Afloramientos rocosos, Morrenas, capas de material piroclástico, depósitos de gelifractos.	1
	La montaña alto andina inestable	Afloramientos rocosos, depósitos de vertiente heterométricos.	4
Montaña Media	Cañones del sistema Guaitara-Patía	Formaciones aluviales y coluviales extensas. Depósitos de ladera con granulometría gruesa	5
	Divisorias onduladas	Afloramientos rocosos, alteritas de texturas francas entre 1 a 5m. con ceniza volcánica.	1
	Escarpes en retroceso	Afloramientos rocosos, gravillas y bloques	5
	Interfluvios convexos-concavos de los afluentes del Cauca	Depósitos volcano-detríticos, Alteritas limo-arcillosas con ceniza volcánica.	1
	Interfluvios convexos-concavos residuales (Patía)	Cenizas volcánicas de mas de 3m.	3
	Lagos y embalses con bordes de sedimentación	Sedimentos lacustres recientes.	2
	Los altiplanos	Depositos lacustres, Tobas, Lapilli, ceniza volcánica. capas turbosas. Granulometría fina.	5
	Los cañones bajo clima humedo	Afloramientos rocosos, cobertura coluvio-aluvial discontinua.	5
	Los cañones en condiciones de tendencia seca	Afloramientos rocosos, depositos coluvio-aluviales extensos, granulum. blocosa y arenosa.	5
	Modelado de disección con alteración profunda	Alteritas de 2 a 5m. de textura arcillo-arenosa	4
	Modelados de colinas y lomerios con alteración profunda	Alteritas muy profundas mayor a 5m. cubiertas con ceniza volcánica.	2
	Relictos (vertientes) bajo limitantes actuales de humedad	Alteritas de desagregación de arenas.	3
	Relictos (vertientes) de aplanamiento en rocas graníticas bajo clima humedo	Arenas de desagregación conformando bloques sup. a 5m de espesor. y cenizo volcánica de 1m de espesor.	5
Montaña Media	Relictos (vertientes) de superficie con cobertura volcánica	Alteritas con espesores inf. a 8m. de granulum. arcillosa y arenas de desagregación. Cobertura volcano-detrítica con ceniza volcánica de 2 a 5m.	5
	Relictos (vertientes) en Macizos sin cobertura volcánica	Alteritas de manto de metros de espesor. Granulom. arcillosa, arenas de desagregación, Coluvios.	3
	Valles con formaciones aluviales amplias	Depósitos aluviales y coluviales heterométricos.	5
	Valles controlados por plegamiento y fallas menores	Depósitos coluvio-aluviales heterométricos.	1
	Vertientes controladas por plegamiento y fallamiento	Alteritas de pocos cm.	5
Montaña Baja	Los escarpes de retroceso con pendiente cóncava	Afloramientos rocosos graníticos, metamórficos y sedimentarios, alteritas delgadas areno-arcillosas.	5

**Tabla No. 39.** Estabilidad de las formaciones superficiales

Macrounidad	Geosistema	Formaciones Superficiales	Estabilidad
Las Depresiones Tectónicas	Cerros y mesas en vías de degradación	Alteritas heterométricas rojizas.	3
	Colinas y lomeríos con alteraciones profundas (bajo clima muy húmedo)	Alteritas espesas y ceniza volcánica.	4
	Conos bajos sin disección o en construcción	Depósitos aluvio-torrenciales.	1
	Conos degradados o en vía de degradación	Depósitos aluvio-torrenciales con cobertura de ceniza volcánica.	5
	Piedemonte alto de la cuenca Meta-Arauca	Depósitos aluvio-torrenciales.	3
	Piedemontes bajos	Depósitos aluvio-torrenciales,	1
	Valles aluviales	Depósitos aluviales heterométricos.	1
El Dominio Amazónico	Llanura aluvial de desborde de los ríos andinos y amazónicos	Sedimentos aluviales heterogéneos.	1
	Modelado de disección	Alteritas arcillosas de hasta 1m.	3

**Continuación tabla No. 39.** Estabilidad de las formaciones superficiales

**Estabilidad:** 1=Muy estable, 2=Estable, 3=Moderadamente estable, 4=Inestable, 5 = Muy estable

## ESTABILIDAD DEL SUELO

Para la determinación de la estabilidad de los suelos del Macizo se trabajó sobre fotografías aéreas e imágenes de satélite para identificar cuáles eran los procesos que estaban actuando sobre la parte superficial del terreno. Adicionalmente a los perfiles modales de cada unidad se valoraron las siguientes variables: profundidad efectiva del suelo, cambios texturales, capacidad de retención de humedad del suelo, capacidad amortiguadora de la cobertura vegetal y contenidos de materia orgánica.

Una vez se tuvo la evaluación de cada unidad de suelo se confrontó con el mapa de Sistemas Morfogénicos, con el fin de realizar un ajuste de acuerdo a las condiciones reales del medio natural.

Es importante aclarar que al realizar una superposición del mapa de procesos erosivos sobre el mapa de unidades de suelos existen muchos procesos que actúan sobre diferentes unidades, para el caso específico del Macizo únicamente se hizo énfasis en las unidades de suelo que poseen la mayor extensión.

En la Tabla No. 40, se presentan las diferentes unidades de suelo con la estabilidad y los respectivos procesos de erosión que actúan sobre ellas.

A continuación se presentan los criterios para la evaluación de variables que intervienen en la estabilidad de los suelos del Macizo.

## SUELOS ESTABLES

La estabilidad alta se encontró en las unidades en la unidad Ah y Ae. Son suelos aluviales con buen drenaje, planos, ocupan posiciones altas en las vegas, con poca influencia de los ríos cuando estos se desbordan, son suelos superficiales a moderadamente profundos, no poseen cambios texturales abruptos, con baja capacidad de retención de humedad y altos contenidos de materia orgánica, presentan buena agregación con buenos contenidos de arcilla que sirven como aglutinante de los agregados del suelo. Ubicados en las vegas de los ríos Magdalena, Cauca y Patía formando pequeñas terrazas ocupan una extensión aproximada de 74400 hectáreas. Los procesos que actúan son escurrimientos del tipo superficial difuso.

Macrounidad	Geosistema	Profundidad efectiva	Cambios texturales	Capacidad de retención y humedad	Capacidad amortiguadora Cobertura vegetal	Contenidos de materia orgánica	Presencia de escurrimientos y procesos de erosión y remoción	Estabilidad del suelo	Procesos de erosión y porcentaje	Area (Ha)	Símbolo
Montaña Alta	Modelado glaciario heredado.	1	2	3	2	3	Alta	Inestable	9-10 (0,1%)	6.450	Vj
		2	2	3	4	4	Alta	Muy inestable	9-4 (0,4%)	17.100	Vp
	Montaña alta andina inestable.	3	2	1	4	4	Alta	Moderada	9 (1,5%)	730.870	Vo
		2	2	3	3	4	Alta	Inestable	4-3 (2,8%)	1'360.470	Vm
Montaña Media	Divisorias onduladas.	2	1	1	4	4	Alta	Moderada	3 (0,2%)	8.260	Vk
	Escarpes en retroceso.	2	2	2	2	1	Alta	Muy inestable	3 (0,3%)	14.945	Va
	Pendientes controladas por plegamientos y fallamientos.	2	2	1	2	3	Alta	Muy inestable	7 (3,2%)	153.820	Vq
	Relictos bajo limitantes actuales de humedad.	2	2	2	2	4	Alta	Moderada	3 (9,75)	470.500	Vf
	Interfluvios convexos-concavos de los afluentes del Cauca.	2	2	3	1	4	Alta	Muy inestable	7 (1,3%)	61.400	Vd
Montaña Baja	Escarpes de retrocesos con pendientes (exteriores e interiores)	3	1	1	2	3	Media	Moderada	8 (3,3%)	162.000	Nf
		2	2	2	2	4	Media	Moderada	8 (0,7%)	32.760	Ng
		3	2	1	2	3	Alta	Inestable	7 (1,6%)	79.150	Ve
		2	2	1	4	1	Alta	Muy inestable	4 (5%)	243.500	Vr

**Tabla No. 40.** Estabilidad de los suelos del Macizo  
**Fuente:** Información procesada y analizada por el IDEAM, 1998

Macrounidad	Geosistema	Profundidad efectiva	Cambios texturales	Capacidad de retención y humedad	Capacidad amortiguadora Cobertura vegetal	Contenidos de materia orgánica	Presencia de escurrimientos y procesos de erosión y remoción	Estabilidad del suelo	Procesos de erosión y porcentaje	Area (Ha)	Símbolo
Depresiones Tectónicas	Piedemontes bajos	2	2	1	1	4	Baja	Moderada	4 (2.5%)	120.960	Aa
		2	2	1	2	4	Baja	Moderada	4 (0.1%)	3.430	Ab
	Valles con formaciones aluviales	4	2	2	1	3	Baja	Estable	9 (1.2%)	59.620	Ae
		2	2	2	1	3	Baja	Moderada	4 (0.3%)	14.850	Af
		3	1	3	3	3	Media	Estable	4 (0.3%)	14.720	Ah
	Conos bajos en disección o en construcción	3	2	2	2	2	Media	Moderada	8 (0.8%)	37.240	Pe
		2	1	1	4	2	Media	Moderada	8 (2.4%)	116.500	Pg
		2	2	3	4	4	Alta	Inestable	4-3 (13.8%)	670.850	Vg
	Cerros y mesas en vías de degradación	2	2	2	2	2	Alta	Inestable	3 (2%)	96.080	Vb
	Colinas y lomerios	2	2	2	4	1	Alta	Moderada	10 (5.5%)	266.680	Vc
Dominio Amazónico	Modelado de disección.	2	2	1	2	1	Media	Inestable	4 ( 1.3%)	61.760	De
		2	2	3	4	3	Media	Moderada	4 (1.2%)	56.700	Df

**Continuación tabla No. 40.** Estabilidad de los suelos del Macizo

**Fuente:** Información procesada y analizada por el IDEAM, 1998

**Convenciones:** 1 deslizamientos, 2 deslizamientos y golpes de cuchara, 3 deslizamientos y escurrimiento superficial difuso, 4 solifluxion y deslizamientos, 5 solifluxión y escurrimiento superficial leve, 6 escurrimiento superficial concentrado (surcos y cárcavas) 7 escurrimiento superficial difuso, deslizamientos y solifluxión, 8 escurrimiento superficial difuso y golpes de cuchara, 9 escurrimiento superficial leve o difuso 10 escurrimiento superficial leve, deslizamientos y golpes de cuchara.

## **SUELOS MODERADAMENTE ESTABLES**

Dentro de este rango están las unidades de suelo que a continuación se mencionan: Aa, Ab, Af, Nf, Ng, Pe, Pg, Vc, Vk, Vo y Vf. Corresponden a unidades aluviales, altiplanos y zonas de cordillera con pendientes no muy fuertes (relieves ondulados).

Las características de las unidades de suelos que están dentro de esta categoría son:

Suelos moderadamente profundos a profundos, con cobertura vegetal de buena densidad que evita el impacto directo de la gota de agua lluvia, los suelos son bien drenados y con contenidos medios a altos de materia orgánica (cuando están bajo bosque), la extensión de estas áreas es 1964000 hectáreas.

Los principales procesos de erosión identificados sobre estas unidades por medio de fotografías aéreas e imágenes satélite son las siguientes: escurrimiento superficial difuso, en algunos sectores golpes de cuchara y en los piedemontes Pe y Pg existe presencia de deslizamientos.

Mención especial merecen las zonas con ceniza volcánica ya que tiene la capacidad de absorber altos contenidos de humedad, pero una vez cambian las condiciones climáticas y el clima se torna seco estos suelos, bajo estas condiciones, son muy susceptibles a los fenómenos erosivos.

## **SUELOS INESTABLES**

Abarca las unidades De, Vm, Vg, Ve, Vj, Vb y corresponde a suelos de las altillanuras, suelos de piedemonte y suelos de cordillera en climas húmedos, los suelos son moderadamente profundos, con pendientes que varían entre onduladas a quebradas, en sectores se encuentran protegidos con bosques, las zonas de cordillera no poseen influencia de cenizas volcánicas pero se pueden encontrar zonas con afloramientos rocosos. El área de estos suelos inestables se estima en 2'500000 ha aproximadamente, se encuentran localizados al norte del municipio de La Plata, Garzón cerca del nacimiento del río de La Plata y en las estribaciones de la cordillera Oriental en el flanco occidental, cerca de Florencia.

Los principales procesos erosivos identificados en estas zonas son los deslizamientos y la solifluxión que se encuentran diseminados en toda el área.

## **SUELOS MUY INESTABLES**

Dentro de este rango están las unidades de suelo que a continuación se mencionan. Va, Vd, Vp, Vq. Son suelos de cordillera con pendientes fuertes de climas secos donde se observan procesos de escurrimiento concentrado, surcos y cárcavas, ocupa una extensión de 250000 ha aproximadamente, como ejemplo de estas zonas tenemos la región de Mercaderes y El Bordo Cauca.

## **ESTABILIDAD GLOBAL DEL MACIZO COLOMBIANO**

El Macizo Colombiano, presenta una estabilidad ligada al conjunto geopedológico (morfoestructura geológica, formación superficial y suelos) y a la dinámica de los sistemas morfogénicos, que a su vez está condicionada en gran medida por los valores de agresividad de la lluvia, permeabilidad, escorrentía y la pendiente.

El análisis de todo el conjunto, permite delimitar al Macizo Colombiano y sus sistemas montañosos aledaños en cuanto a sus características de estabilidad, como un territorio bastante inestable. La parte central y el borde oriental de Macizo Colombiano, se caracterizan por presentar una zona Muy Inestable,

a diferencia del extremo sur-occidental, que es inestable y algunos sectores que presentan una estabilidad moderada.

Bajo este esquema de evolución, al encontrar suelos de buena estabilidad, si las capas subyacentes, formación superficial y/o la morfoestructura geológica son inestables, desestabilizan o desploman el suelo que las cubre.

#### **EL MACIZO COLOMBIANO INESTABLE**

Sector central y borde oriental (Zona Muy Inestable): Se encuentran los municipios de Chaparral, Planadas y el sur de Rioblanco en Tolima, Santa María, Teruel, Iquira, Nátaga, La Plata, San Agustín, Palestina y algunos sectores en Isnos y Saladoblanco en Huila, Miranda, Corinto, Toribio, Páez, Santa Rosa, Inzá y el extremo sur el municipio de Puracé en el Cauca, El Tablón y algunos sectores aislados en Buesaco, Pasto, San Pedro de Cartago y San Fernando en Nariño, Mocoa, San Francisco, Sibundoy, Colón y Santiago en el departamento de Putumayo y San José de Fragua, en Caquetá (ver Mapa No. 21).

Presentan una estructura geológica caracterizada por rocas esquistosas, metasedimentarias y graníticas, de baja consistencia debido al grado de alteración, además, afloran otras secuencias volcánicas y sedimentarias, presencia de tobas, andesitas, basaltos y piroclastos, conglomerados, areniscas y arcillolitas, de estabilidad moderada a baja, dependiendo del grado de fracturamiento y alteración de las mismas.

Las unidades litológicas que afloran en esta zona, se encuentran localizadas hacia las vertientes medias con cobertura volcánica, controladas por plegamiento y fallamiento, en donde se desarrollan grandes espesores de alteritas, con características físicas que permiten clasificarlas como muy inestables.

El régimen normal de precipitación para esta zona es superior a los 2.400 milímetros, siendo un núcleo de precipitación que determina la erosividad de la lluvia, importante para esta zona con índices de agresividad superiores a 500.

La inestabilidad de esta zona concuerda con los diferentes procesos de erosión identificados a partir de las imágenes de satélite, en donde predomina la solifluxión, los deslizamientos y derrumbes, así como eventos torrenciales, en la zona de cañones, tal como se mencionará posteriormente.

Sector Suroccidental y parte del Oriental (Zona Inestable): Comprende los municipios de Chaparral en Tolima, algunos sectores en los municipios de Santa María, Tarquí, La Argentina, Pitalito y Acevedo en el Huila, Belén de los Andaquíes en Caquetá, Mercaderes, Bolívar, Almaguer, La Vega, San Sebastián, Sotará y La Sierra en Cauca, Pasto, Buesaco, Taminango, La Unión, San Pablo y La Cruz en Nariño.

En el sector suroccidental, predomina el afloramiento de depósitos volcánicos (andesitas, diabasas, lavas) y sedimentarios, de estabilidad moderada sobre los escarpes en retroceso y los interfluvios convexo-cóncavos afluentes del Cauca, así como los altiplanos, hacia el sector oriental, estas unidades litológicas se encuentran sobre los piedemontes bajos y los modelados de disección.

Las formaciones superficiales, alteritas areno-arcillosas y limo-arcillosas con ceniza volcánica y afloramientos rocosos, desarrolladas sobre estos sistemas de escarpes, interfluvios y modelados, se caracterizan por ser muy estables.

Sin embargo, el régimen de precipitación continúa siendo alto, generando índices de agresividad mayores a 500, proporcionando mayor erosividad sobre el terreno. Las coberturas vegetales protectoras son indispensables para la sostenibilidad y conservación del medio.

En esta zona, se identifican principalmente procesos de escurrimiento superficial difuso, así como deslizamientos, solifluxión y golpes de cuchara, afectando algunos de los municipios de esta zona, donde se han registrado eventos geomorfológicos.

## Mapa 21

## EL MACIZO COLOMBIANO ESTABLE

El Macizo Colombiano, presenta un área de poca extensión, calificada como moderadamente estable a estable, en general, estas zonas se encuentran distribuidas en pequeños sectores a lo largo de toda la extensión del Macizo.

Geológicamente, estas áreas se caracterizan por presentar una estabilidad moderada, donde afloran rocas principalmente sedimentarias, caracterizadas por la intercalación de areniscas con lutitas y conglomerados, de consistencia moderada, resistente a la erosión cuando predominan litologías arenosas y conglomeráticas, además, afloran algunos depósitos volcanosedimentarios, altamente alterados, de baja estabilidad.

Estas unidades litológicas, afloran sobre modelados glaciares, conos bajos sin disección, vertientes sin cobertura volcánica y algunos sectores en los interfluvios, en donde las formaciones superficiales allí desarrolladas se han calificado como moderadamente estables, debido a la presencia de afloramientos rocosos, alteritas de pocos metros de espesor, y capas espesas de material piroclástico.

Además, el régimen de precipitación hacia la vertiente occidental es mínima, aproximadamente 1.200 milímetros, con valores de agresividad de la lluvia menor a 500, determinando una erosividad menor para esta zona, los procesos que se identificaron corresponden principalmente a escurrimientos superficiales concentrados, con formación de surcos y cárcavas, localmente se presentan escurrimientos superficiales leves y difusos con deslizamientos y procesos de solifluxión.

## SERVICIO DE INFORMACIÓN Y ALERTAS MORFODINÁMICAS

Para el área del Macizo Colombiano en los diez últimos años, de acuerdo con los reportes, se han presentado 31 deslizamientos de tierra en 5 de los seis departamentos que lo conforman. Se destaca el departamento del Cauca por ser el más afectado, a nivel puntual, con el 58 % de los municipios y el de menor afectación el departamento del Caquetá de donde no se tienen reportes.

Los asentamientos humanos son los más afectados con un alto número de víctimas y desaparecidos, seguido por la infraestructura (malla vial), las que continuamente se ven afectadas con interrupciones y alteraciones de algunas actividades socioeconómicas básicas para la región.

Según el estudio “La erosión, la sedimentación y la estabilidad de la formación superficial en Colombia”, la franja central y oriental del área del Macizo son las más susceptibles a los procesos de remoción en masa, en donde se destacan los siguientes departamentos y municipios:

- Bolívar, Almaguer, San Sebastián, La Vega, Sotará, Popayán y Páez en el departamento del Cauca.
- San José de Fragua y Belén de los Andaquíes en el departamento de Caquetá.
- San Agustín, Isnos, La Plata, Saladoblanco, Nátaga, Iquira, Teruel y Santa María en el departamento del Huila.
- San Pablo, Santa Cruz, El Tablón y Pasto en el departamento de Nariño.
- Mocoa, San Francisco, Sibundoy, Colón y Santiago en el departamento del Putumayo.
- Planadas, Rioblanco y Chaparral en el departamento del Tolima.

Por su magnitud y afectación se resalta la Avalancha del Río Páez, ocurrida en junio de 1994, debido a la tala del bosque natural para sembrar cultivos ilícitos, al fuerte invierno y a un sismo que se presentó en esa época el cual sacudió los suelos saturados y empinados provocando una cadena de deslizamientos aguas arriba de la población de Páez, dentro de la cuenca del río del mismo nombre,

que tiene su nacimiento en el área del Macizo hacia el noroeste del Nevado del Huila en el municipio de Páez (Belalcázar), departamento del Cauca. Esta avalancha movilizó las fuerzas vivas del país y afectó considerablemente a la comunidad indígena de los Paeces, la economía regional y departamental; los sedimentos llegaron hasta el embalse de la central hidroeléctrica de Betania

La gran mayoría de los eventos de remoción en masa de los que se tiene reporte en los últimos años, se han concentrado en áreas inestables de la vertiente occidental del área del Macizo Colombiano donde la afectación es relevante debido a las características de ocupación, siendo notoria la alta densidad de municipios especialmente en el departamento del Cauca.

Estos municipios para el desarrollo de sus actividades requieren implementar infraestructuras básicas obligatorias (vías, acueductos, alcantarillados, entre otros) y en algunos casos formas de ocupación (asentamientos humanos, actividades agrícolas, pecuaria), aumentando con esto la susceptibilidad a los procesos morfodinámicos.

La vertiente oriental del Macizo Colombiano presenta dominio de características muy inestables, pero a pesar de esto no se tiene reporte de eventos. Es muy probable que se presenten, pero con bajos daños y por ende baja trascendencia (ver Mapa No. 4.8).

En la ocurrencia de estos eventos morfodinámicos de origen hidrogravitatorio, se hace evidente la relación que existe entre los factores pasivos (susceptibilidad del medio físico dada entre otras, por la estabilidad global y las diferentes formas de ocupación del espacio) y los activos o detonantes determinados por las lluvias y su distribución temporal y espacial.

En el área del Macizo Colombiano, se han implementado infraestructuras especialmente carreteras, cuyos trazados obligatoriamente atraviesan áreas susceptibles a eventos por remoción en masa. Las principales vías y los sectores más vulnerables son los siguientes:

- Carretera Panamericana, departamento del Cauca en los siguientes sectores: Popayán -Guadalejo y Popayán Sotará Rosas La Lupa. Carretera Pasto Popayán, sector Pasto -Mojarras en el departamento de Nariño.
- Carretera Mocoa Pitalito, sector Mocoa Río Villalobos Río San Juan.
- Carretera Pasto El Pepino, sector San Francisco El Mirador Pepino.
- Carretera Chaparral Guamo, sector Puracé Olaya Herrera.
- Carretera Popayán Inzá, sector Popayán Patico.
- Carretera Paletará Inderena Isnos Llanogrande Pitalito.
- La vía Mocoa Paletará en el municipio de Santa Rosa.

El proceso de desarrollo y ocupación del área del Macizo ha promovido la implementación o la ampliación de la red vial, la cual se hace vulnerable a los eventos de remoción en masa del tipo derrumbes y deslizamientos cuando son paso obligado por áreas muy inestables, en donde se potencializa las condiciones para que ocurran estos eventos especialmente en épocas lluviosas o de eventos lluviosos por encima de lo normal (La Niña), como en el caso de la vertiente oriental del Macizo.

Los sectores donde actualmente se está implementando o mejorando las especificaciones de las vías y que merecen observación y/o manejo especial son las siguientes:

En el departamento del Putumayo: la carretera Mocoa Pasto en el sector El Mirador El Pepino, El Mirador San Francisco. La vía Mocoa Pitalito, en los sectores Mocoa Condagua y San Juan Brucelas. Vía Mocoa San José de Fragua en el sector de Puerto Nuevo.

En el departamento de Nariño: la carretera Pasto Higuierones en los sectores, Buesaco El Empate La Unión Higuierones Mercaderes.

En el departamento del Cauca: La Carretera Mocoa Rosas Popayán en los sectores Descanse, Santa Clara, Santa Rosa, Santo Domingo, La Vega, La Marqueza, López, Timbio, Rosas y La Sierra (Estrella Fluvial del Macizo).

Carretera Popayán La Plata: en los sectores de Totoró, Gabriel López, Inzá y Ricaurte. Las juntas Valencia, está en proceso de ampliación y se podrían presentar procesos de remoción en masa por inestabilidad de taludes.

Carretera La Plata Corinto en los sectores de Páez, López, Tacueyó, Rionegro y El Palo. Carretera Caloto Palmira en los sectores El Palo, Corinto y Miranda.

En el departamento del Huila, la vía Pitalito Popayán en el sector de Isnos y San Agustín. La Vía La Plata Neiva en los sectores de Paicol, Nataga, Iquira, Teruel, Santamaría y San Joaquín. La vía Mocoa Pitalito en el sector Río Villalobos Río San Juan.

En el departamento del Tolima, la vía Palermo Chaparral en los sectores Gaitania Planadas y Rioblanco Roncesvalles.

Actualmente el IDEAM, mediante la Oficina del Servicio de Información Ambiental y la Subdirección de Geomorfología y Suelos, realiza a nivel nacional, el seguimiento en tiempo real de los fenómenos de remoción en masa del tipo derrumbes y deslizamientos de origen hidrogravitatorio que potencialmente puedan afectar los asentamientos humanos, infraestructura en general, áreas de producción agropecuaria y de interés ambiental.

El seguimiento y pronóstico de los eventos por remoción en masa, se efectúa con base en el conocimiento de los factores ambientales que intervienen en éstos agrupándolos en pasivos o de susceptibilidad y activos o detonantes.

Los factores pasivos se relacionan con la morfoestructura geopedológica, la cobertura vegetal y la ocupación del espacio. Se dispone para el área, de una plataforma temática a escala 1:500.000, sobre procesos morfodinámicos y áreas de riesgo. Los procesos y factores que intervienen en la remoción en masa de origen hidrogravitatorio, han sido evaluados para calificar su grado de propensión a deslizamientos, derrumbes, desplomes, represamientos y avalanchas, entre otros.

Los factores activos o detonantes incluyen para el caso, el comportamiento de la precipitación generadora de eventos hidrogravitatorios excepcionales asociada a un análisis general de la actividad sísmica y volcánica.

Para el área del Macizo Colombiano, El IDEAM cuenta con una red conformada por 54 estaciones pluviométricas que suministran información en tiempo real, la cual permite conocer el comportamiento de la precipitación en el área y de la humedad en el suelo. De manera preliminar se han establecido límites críticos que permiten identificar los volúmenes de precipitación con potencialidad de generar o detonar eventos de remoción en masa en áreas que presentan susceptibilidad del medio físico y vulnerabilidad.

El cubrimiento por municipios con esta clase de estaciones es el siguiente: Cauca, 54%; Huila, 37%; Nariño, 53%; y en el Putumayo, 60%. En los otros dos departamentos hay estaciones de esta naturaleza en todos los municipios que integran el Macizo.

El IDEAM, para el seguimiento y pronóstico de la precipitación, cuenta con el servicio del satélite NOAA que proporciona imágenes NOAA y GOES en tiempo real y con un sistema de transmisión de datos vía satélite, fax, radio e Internet.

El procesamiento e interpretación de las imágenes de satélite permite tener un cubrimiento nacional y ubicación con buena precisión, en tiempo real, sobre la formación de grandes núcleos nubosos con posibilidad de producir lluvias.

Se está avanzando en la implementación de un modelo para el seguimiento, análisis y predicción de la posibilidad de ocurrencia de eventos por remoción en masa en el que se tienen en cuenta los factores y las variables que intervienen en estos procesos.

El Instituto también cuenta desde hace varias décadas con 237 estaciones pluviométricas, distribuidas en toda el área del Macizo con las cuales se tiene conformada una nutrida base de datos.

## ANÁLISIS DE AMENAZAS Y RIESGOS GEOAMBIENTALES EN EL MACIZO COLOMBIANO

### MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

En términos del tiempo geológico, el territorio Colombiano se considera de formación reciente y en proceso de respuesta a los eventos estructurales y a las modificaciones bioclimáticas generadas y aún en proceso de desarrollo. Esto define unas condiciones de inestabilidad real y potencial de los diferentes espacios físicos del territorio (IDEAM-U.NACIONAL, 1996).

Los desastres naturales presentados en Colombia, se encuentran asociados a estas condiciones de inestabilidad y a fenómenos naturales que se encuentran en actividad, ocasionado cuantiosas pérdidas tanto humanas como económicas.

El Macizo Colombiano, ha sido un área afectada por estos desastres, vale la pena mencionar la destrucción de la ciudad de Popayán en 1983, por un sismo, que afectó el subsuelo donde se encuentra localizada esta ciudad, compuesto por una espesa secuencia de sedimentos poco consolidados, capas arcillosas y material volcánico, otro evento catastrófico y de grandes repercusiones económicas y sociales para la región fue la avalancha del Río Páez, ocurrida el 12 de junio de 1994, por un terremoto de origen tectónico asociado al Sistema de Fallas de Romeral, el cual desestabilizó el cañón del río originándose el desprendimiento de la masa, la cual, ayudada por la fuerza de gravedad y la saturación de la misma, encontró en el lecho del río una perfecta superficie para su deslizamiento. Los anteriores casos son ejemplos clásicos ligados al volcanismo activo, a los movimientos sísmicos y tectónicos que le imparten a esta zona del país unas condiciones de riesgo natural.

Sin embargo, existen otras amenazas y riesgos ambientales para la población y la infraestructura física desarrollada en la zona del Macizo Colombiano, estos hacen relación a los procesos de erosión y movimientos en masa, los cuales aunque funcionan en condiciones naturales por la inestabilidad del área, se están acelerando debido al deterioro del espacio físico por actividades humanas como la deforestación, construcción de vías, prácticas agrícolas y ganaderas, desencadenado para esta zona, unas amenazas relacionadas a su vez con la paramización debido al desmonte del bosque alto-andino en la montaña alta, destrucción de suelos fértiles por usos inapropiados de agroquímicos, o usos de suelo no aptos para cultivos debido a sus características físicas (fuerte pendiente y erosión avanzada), desecación de lagunas por colmatación debido al aporte de sedimentos, impidiendo una buena captación y regulación hídrica, aumento de la sedimentación en los ríos principales, así como actividades fluvio-torrencales (flujos de escombros y flujos de lodo) en los cañones de ríos importantes debido a la deglaciación, las altas precipitaciones, la pendiente y el aporte de grandes volúmenes de sedimentos finos que elevan la densidad del fluido permitiéndole el transporte de material muy grueso que no puede ser movilizado en condiciones normales o en crecientes de agua únicamente (inundaciones).

La identificación de los procesos naturales y sociales, para esta zona permiten realizar una evaluación integral, definiendo las bases y los criterios relativos con el riesgo aceptable para la toma de decisiones estratégicas, la prevención y la planeación.

Para evaluar las geoamenazas y posteriormente las zonas de riesgo en el Macizo Colombiano, se parte de un algoritmo (Anexo 4.2) que permite la relación de ciertas variables, consideradas determinantes para su análisis y deducir grados asumibles de riesgo. Es un método de confrontación o

relación entre los diferentes procesos naturales y los cambios o modificaciones que puedan producirse en las actividades e infraestructuras humanas.

Las variables a analizar parten de la definición de una unidad básica que es el Geosistema y del proceso morfogénico que domina el modelado superficial, a partir de estos, se determinan cuales son los tipos de procesos ligados a la dinámica externa y la amenaza natural ó antrópica relacionada con estos procesos, las características geológicas en cuanto a su litología y estabilidad, igualmente la pendiente, es posible que el grado de inclinación sea más determinante en cursos de agua, con área de influencia impermeables, la presencia de cenizas volcánicas y el grado de humedad (cantidad de precipitación), así como el uso actual del suelo, todos estos factores asociados a cada geosistema.

La evaluación de cada geosistema, a partir de la combinación de los factores anteriores, permite determinar cual es la amenaza natural y/o antrópica por: remoción en masa (estabilidad del conjunto), colmatación de fuentes hídricas (afectando la regulación hídrica), paramización (por avance de la frontera agrícola y ganadera en la Montaña Alta) y destrucción o empobrecimiento de los suelos, amenaza volcánica por la presencia de un eje volcánico activo con manifestaciones sísmicas, hidrotermales y explosivas en el presente, así como una amenaza sísmica por la actividad tectónica reciente en la zona relacionada con fallas regionales. Con el tipo de amenaza identificada, estabilidad geológica, cobertura de ceniza volcánica, precipitación, se establece el nivel o intensidad que alcanzará esa amenaza.

Finalmente, al evaluar las amenazas, se define el riesgo como social o tecnológico, natural e inducido, calificados en forma gradual de acierto con el uso de las tierras (asentamientos humanos, redes viales y ecosistemas).

## DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

### GEOSISTEMA Y TIPO DE PROCESO MORFODINÁMICO

El geosistema determina directamente, por sus propias características naturales, el tipo de proceso actual y/o potencial que modela el relieve. Así por ejemplo, los cañones presentan procesos relacionados con sus características físicas de transferencia de materiales hacia las partes bajas, como derrumbes, flujos torrenciales y escurrimientos, a diferencia de los altiplanos que carecen de estos tipos de procesos rápidos y solo ocurren encharcamientos y algunos escurrimientos superficiales.

Los procesos morfodinámicos han sido divididos por su velocidad en su desarrollo en dos clases: Repentinos, para aquellos que ocurren en corto tiempo y en general de manera catastrófica como derrumbes, deslizamientos, flujos torrenciales, etc. y Lentos, los que se desarrollan en lapsos de tiempo mucho más amplios como la soliflucción y los diferentes escurrimientos superficiales.

La separación de los procesos morfodinámicos por su velocidad de desarrollo obedece a que sobre estos se deduce el tipo de amenaza natural y/o antrópica y más aún, a la necesidad de separar para su prevención y manejo la clase de fenómeno a que se encuentra sometido el medio físico natural con o sin intervención; ya que es muy diferente la atención y tratamiento para una amenaza catastrófica rápida o repentina que para una amenaza lenta. Ambas son igualmente dañinas pero en tiempo diferente: Los deslizamientos y flujos torrenciales ocurren en términos de minutos y algunas horas cambiando rápidamente el paisaje, en cambio, la degradación y pérdida de suelos, paramización y la colmatación de lagunas son procesos lentos casi imperceptibles que también alteran el paisaje en cuestión de años generando costos sociales y ecológicos elevados.

## AMENAZA NATURAL Y/O ANTRÓPICA

Con base en la definición de los geosistemas e identificado para cada uno los procesos actuantes y potenciales repentinos y lentos, se deduce la clase de amenaza natural que está íntimamente relacionada con los procesos morfodinámicos: Procesos rápidos generan amenazas por remoción en masa rápida. En cambio procesos lentos ligados algunos a intervenciones antrópicas dan origen a amenazas de desarrollo lento e imperceptible pero catastróficas a largo plazo como ya se explicó arriba (Mapa No. 4.9 y 4.10).

Esta diferenciación ofrece facilidad en la elaboración de planes de manejo ante estos eventos. Las amenazas rápidas tendrán una consideración diferente al crear emergencias repentinas. En cambio, las amenazas lentas considerarán manejos a mediano y largo plazo que garanticen la recuperación constante de la zona amenazada, como lo es la recuperación de la pérdida de los suelos o controlar la desaparición de lagunas.

## LITOLOGÍA Y ESTABILIDAD GEOLÓGICA

Los diferentes tipos de rocas que se encuentran en el Macizo Colombiano, presentan una serie de características físicas y químicas (textura, grado de alteración, consistencia, permeabilidad, fracturamiento, y estructura), que han permitido calificarlas con algún grado de estabilidad y relacionarlas con los diferentes procesos geodinámicos presentes en cada uno de los geosistemas.

Es importante aclarar que cada geosistema, dependiendo de su localización geográfica está relacionada con una litología diferente, lo cual permitió subdividir las grandes unidades geosistemas en subunidades, de acuerdo a sus características geológicas.

En general, el registro geológico de superficie que domina en la zona del Macizo Colombiano, se encuentra constituido por rocas de origen volcánico e ígneo como lavas, tobas, brechas, ignimbritas, cenizas, lahares, granitos, cuarzomonzonitas, granodioritas, así como rocas metamórficas (esquistos, metasedimentarios, metagabros, ortoneis), y algunas formaciones detríticas sedimentarias.

Cada una de esas unidades presentan composición mineralógica y una características físicas que las identifican, por lo tanto, las lavas andesíticas, diabasas y tobas se caracterizan por presentar minerales químicamente de fácil meteorización en aquellas partes donde la humedad sea apreciable, bajo estas condiciones estas unidades pierden su compactación aumentando su permeabilidad. Los esquistos y rocas metasedimentarias en la zona de estudio se encuentran bastante alteradas y presentan poca resistencia debido a su estructura diaclasada y estratificada; además pueden estar trituradas, replegadas, cizalladas debido a la actividad tectónica de la zona (fallas activas).

En aquellas formaciones piroclásticas (mezcla de cenizas, lapilli, piedra pómez), la coherencia es mayor aunque existe una alta porosidad y buena infiltración. Sin embargo, en aquellas zonas cercanas a los volcanes, en donde se presenta la mezcla de esquistos alterados con cenizas sueltas, los terrenos son más erosionables, por efectos de la pendiente y ausencia de coberturas vegetales que amarran el material generalmente suelto.

## VOLUMEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Teniendo en cuenta que la precipitación es uno de los principales factores detonantes en los procesos de remoción en masa, y que de igual forma contribuye al desgaste de los suelos por escurrimientos superficiales de diversa intensidad (dependiendo de la pendiente), fue necesario incluir esta variable dentro del estudio y categorizar la distribución espacial de las lluvias en el área del Macizo.

## Mapa 22

## Mapa 23

Para ello se tomó como punto de partida el mapa de precipitación elaborado por el IDEAM, el cual es el resultado del análisis e interpolación de la información de estaciones ubicadas en la zona (Banco de datos del Instituto) y presenta variaciones desde 1000 mm. hasta mayores de 3500 mm. Al sobrepone dicho mapa con el de sistemas morfogénicos, fue necesario realizar algunas subdivisiones por geosistema, teniendo en cuenta que cada uno de ellos puede presentar diferentes rangos de precipitación. Así, se sectorizó toda el área y se calificaron los rangos de precipitación desde 1 (1000-1500 mm) hasta 4 (3000-3500).

#### COBERTURA DE CENIZA VOLCÁNICA Y/O DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS

Esta variable se ha tomado para darle un grado de intensidad a los procesos de remoción en masa ya que existen áreas en el Macizo con gruesas capas de ceniza volcánica y otros materiales piroclásticos que han arrojado los volcanes y aumentan la intensidad de los procesos lentos y repentinos al ser materiales con gran poder de absorción de humedad. Además, la intercalación de materiales piroclásticos de diferente granulometría acelera los derrumbes y facilita procesos como la tunelización y su posterior carcavamiento. De lo anterior se deduce la importancia de identificar las áreas con importantes espesores de materiales volcánicos de proyección aérea (ceniza, arena y lapilli).

#### GRADO O INTENSIDAD DE LA AMENAZA

Está definida para el Macizo como el vigor con que actuaría un fenómeno natural y/o antrópico ante variables del medio físico que intensifican los procesos en tiempo y espacio como la litología, cantidad de precipitación y cobertura de ceniza volcánica.

Si bien un geosistema posee características propias que definen los procesos, estos, así como la amenaza varían según las características de los anteriores elementos. Una vertiente inestable por remoción en masa tendrá diferente intensidad de la amenaza si dentro de ella se encuentran varios tipos de roca o si la cantidad de precipitación varía en la unidad. Las cenizas volcánicas y demás productos piroclásticos aumentan la sensibilidad del medio ante un proceso, como la infiltración y los movimientos de remoción en masa.

Al igual que para los procesos morfodinámicos y la clase de amenaza, el grado o intensidad se separa para las amenazas repentinas y lentas.

Para obtener la intensidad, cada variable física se ha categorizado y cuantificado. El resultado matemático se jerarquiza en niveles de grado o intensidad dando como resultado cuatro: Leve, Moderado, Alto y Muy Alto grado de amenaza.

El nivel Leve se refiere a la amenaza poco probable e intensa debido a que sus procesos morfodinámicos no son graves y frecuentes, la litología ofrece estabilidad al geosistema, la cantidad de precipitación, escorrentía, caudal no es suficiente para desencadenar los procesos y la cobertura de ceniza volcánica no es apreciable ni su disposición adecuada para acelerarlos.

El nivel Moderado implica una mayor probabilidad e intensidad de la amenaza a causa de un aumento en la gravedad del proceso, disminución en la estabilidad de la roca, aumento en la cantidad de precipitación y adicionalmente una cobertura volcánica gruesa.

El nivel Alto implica una gravedad considerable en cuanto a que su intensidad es mucho mayor en caso de ocurrir la amenaza. Se considera una estabilidad de la roca muy débil y un incremento en la precipitación, además de coberturas piroclásticas de diferente granulometría que le imprimen aceleración a los procesos.

El nivel Muy Alto se considera como de suma gravedad ya que todas las variables presentan unas condiciones favorables a la ocurrencia de la amenaza lenta o repentina. Para este nivel se presentan los casos más graves como transferencia de flujos volcánicos o volcanoglaciares, flujos torrenciales, deslizamientos, derrumbes, degradación y pérdida de suelos, colmatación de lagunas estos últimos entre los lentos.

## RIESGO ASOCIADO

Se entiende como Riesgo Asociado a la probabilidad de que ocurra daño, pérdida o alteración al medio social y/o natural ante un evento natural y/o antrópico amenazante.

Para este análisis se considera una novedad el incluir al medio natural como elemento en riesgo ya que hasta ahora solo se incluía el medio social.

El medio social en riesgo incluye población urbana y rural, infraestructuras, poblados y cultivos.

El medio ambiente en riesgo incluye todos los ecosistemas y el suelo como recurso natural no renovable.

Se han considerado seis tipos de riesgo (Gil y Marín, 1996):

- «**Zona Libre de Riesgo**: Se entiende que ésta es teórica. Pero se puede asemejar a una zona inexplorada y sin presencia antrópica», por ejemplo el geosistema glaciar y periglaciar.
- «**Zona de Riesgo Muy Bajo Netamente Asumible**: Únicamente se aconsejan medidas preventivas, a través de la planificación del tipo de actividad, de manera que se eviten probables riesgos inducidos.»
- «**Zona de Riesgo Bajo Asumible**: En este caso son necesarias medidas preventivas (a nivel de planificación), que eviten riesgos inducidos «muy probables en la zona»».
- «**Zona de Riesgo Medio**: Solo asumible con medidas preventivas disuasorias, en el tipo de actividad, que eviten riesgos inducidos y zonas críticas»
- «**Zona de Riesgo Alto**: Solo asumible con medidas preventivas activas o pasivas. En estos casos se necesitan medidas disuasorias en el tipo de actividad, localización y densidad de ocupación, que eviten riesgos inducidos e interferencias en planes de evacuación y restauración de posibles daños».
- «**Zona de Riesgo Muy Alto**: No asumible bajo ningún supuesto. Se entiende que éste es también un concepto teórico derivado de «lo asumible o no»». Existen geosistemas como cañones, vertientes en los cuales los pobladores asumen el riesgo pero se limita el uso de las tierras.

Una vez georreferenciadas las amenazas se contrastan con otras fuentes temáticas como imágenes Landsat TM para identificar uso de la tierra y ecosistemas, mapas básicos para identificar poblados, vías y otras infraestructuras para de esta manera calificar el riesgo así:

- Existencia de asentamientos humanos urbanos y rurales: A mayor ocupación del territorio mayor puntaje.
- Presencia de ejes viales principales y secundarios: Una mayor densidad de vías aumenta el riesgo.
- Riqueza de ecosistemas y alteración del medio: Ecosistemas boscosos, cuerpos de agua, Parques Nacionales Naturales, suelos y fuertes intervenciones al medio, se consideran como elementos en riesgo.

La ponderación final del riesgo asociado tiene un peso mayor para los asentamientos, seguido de la infraestructura y un menor peso para los ecosistemas (Mapa No. 24).

## AMENAZAS ESPORÁDICAS CONEXAS: VOLCÁNICA Y SÍSMICA

De acuerdo con lo anterior, y con la ocurrencia de datos de eventos históricos, podemos categorizar los diferentes tipos de amenazas geológicas para el área de estudio en: amenaza sísmica, volcánica y por remoción en masa (Mapa No. 23)

### AMENAZA VOLCÁNICA

El volcanismo activo de Colombia se presenta en la Cordillera de los Andes, como resultado de la actual convergencia destructiva que ocurre entre las placas litosféricas de Nazca y Bloque Andino; este volcanismo hace parte del cinturón de fuego circumpacífico y de modo general, es de margen continental activo y de composición andesítica.

La mayor parte de los edificios volcánicos recientes y antiguos ubicados en el área de estudio, se han formado en las partes más altas de la Cordillera Central y más al sur en la llamada Cordillera CentroOriental de Nariño (Robertson, K 1993).

Teniendo en cuenta los registros de actividad histórica, así como geoformas frescas con un nivel de disección bajo (flujos piroclásticos, lavas rellenando antiguos valles glaciares) se infiere la probabilidad de ocurrencia de actividad volcánica en el presente para los siguientes volcanes: Puracé, Huila, Galearras, Doña Juana y Sotará. A excepción del volcán de Sotará, las demás estructuras volcánicas se encuentran próximas a asentamientos humanos y obras de infraestructura como vías, acueductos, minas, que ya han causado pérdida de vidas y daños materiales. En la mayoría de estos focos volcánicos existen depósitos no consolidados a semiconsolidados producto de la actividad fumarólica y eruptiva que se han depositado en las laderas de los mismos. En algunas estribaciones de los volcanes nacen algunos ríos principales y secundarios que atraviesan algunas poblaciones; estos ríos pueden servir como medios de transporte de sedimentos, flujos de escombros, avalanchas, constituyéndose de esta manera en amenazas potenciales.

### AMENAZA SÍSMICA

El área de estudio está ubicada en el punto de confluencia de varias placas menores, como Nazca, Caribe y Suramericana. Tal interacción da como resultado fuerzas con diferentes orientaciones que gobiernan el sentido del movimiento y la frecuencia de eventos sísmicos. La compresión de las anteriores placas a través de la historia geológica ha generado sobre la morfología colombiana, provincias tectono-estructurales limitadas por fallas regionales con tendencia predominante NS (Gómez, H., 1995).

En la evaluación del grado de actividad de una falla se deben considerar varios factores: el marco tectónico, la geología regional, la sismicidad, la geología local y la morfología de la falla en sí (París & Romero, 1995). Por lo común las fallas se presentan asociadas y agrupadas conformando un sistema y mantienen una geometría paralela a semiparalela, y aún trenzada que puede alcanzar cientos de kilómetros de extensión. Cada falla individualmente puede presentar más de un segmento activo susceptible de producir episodios sísmicos (es el caso del Sistema de Fallas Cauca Romeral que atraviesa el país de sur a norte y que por su actividad sísmica, poco profunda ha ocasionado sismos de alta intensidad afectando amplias regiones del Macizo Colombiano). Otros Sistemas de Fallas que han afectado áreas del Macizo Colombiano particularmente municipios del departamento del Huila son los de Magdalena, Garzón-Suaza y Frontal de los Llanos Orientales (Mapa No. 23).

Algunas poblaciones del Macizo han sufrido eventos catastróficos producidos por sismos asociados con actividad tectónica y volcánica. Estos pueden volver a ocurrir en el futuro, por lo cual las autoridades deben tomar las medidas pertinentes del caso.

## INTERPRETACIONES AL MAPA DE AMENAZAS GEOAMBIENTALES Y RIESGO ASOCIADO

### AMENAZAS LENTAS

Para el Macizo Colombiano la degradación y pérdida de suelos junto con la colmatación de los cuerpos de agua en la Montaña Alta y la solifluxión son los procesos que ya se han convertido en amenazas más dominantes para el área.

Es de resaltar que el Páramo de las Hermosas es una de las áreas con el nivel más alto de amenaza; la razón de esto radica en que allí se encuentra la mayor parte de lagunas que están siendo lentamente colmatadas además de ser una zona que por la colonización y avance de la frontera agrícola con la introducción de cultivos ilícitos (amapola) ha generado una gran amenaza por degradación de suelos.

Otra área para tener en cuenta en el manejo de amenazas son los alrededores de Mercaderes (Cauca) en donde la alta amenaza por pérdida de suelos es de conocida gravedad.

Para la Montaña Alta es igualmente delicada la situación en cuanto a la pérdida paulatina del suelo por avance agrícola y aporte de sedimentos, si se conciben las consecuencias del problema a largo plazo.

Es interesante apreciar que las zonas agrícolas en el sistema andino del Macizo y altamente pobladas como son los altiplanos presentan preocupantes problemas por cárcavamiento (en sus bordes) y pérdidas de las reservas de acuíferos debido al excesivo drenaje que se le hacen a los suelos.

La solifluxión como fenómeno originado por la incorporación de tierras a las labores agrícolas (deforestación) es dominante en la vertiente oriental del Macizo y representa un peligro ante la transformación del proceso en la pérdida de productividad de las tierras.

También vale la pena resaltar la amenaza por intervención antrópica en el sur oriente del Macizo que evolucionaría a amenazas ya existentes como la pérdida de los ecosistemas y la consecuente pérdida de suelos.

De la atención que se le preste a las amenazas lentas en el Macizo, dependerá la seguridad de tener tierras adecuadas que garanticen la producción de alimentos a largo plazo para la región, ya que la pérdida de suelos y regulación hídrica se perfila como el elemento más amenazante.

### AMENAZAS REPENTINAS

Estas se consideran pese a su gravedad como naturales, dadas las características y evolución reciente del relieve del Macizo. Amenazas como los deslizamientos, derrumbes, flujos torrenciales volcánicos y volcано-glaciares se deben considerar normales dentro de la dinámica geomorfológica natural de esta zona.

La amenaza por deslizamientos es clara en las zonas de Montaña Media con altas precipitaciones, como lo son los frentes de condensación de ambas vertientes. Igualmente los cañones se presentan como los geosistemas de mayor amenaza.

Por el contrario, la Montaña Alta carece de amenaza por eventos rápidos, excepto de servir de medio para transferir los flujos volcánicos o volcано-glaciares (Volcán nevado del Huila cañón del río Páez y Simbola).

## RIESGO ASOCIADO

Los niveles de riesgo muy alto generado por las amenazas naturales y/o antrópicas, son destacables en las zonas pobladas y de uso intenso del suelo como el Altiplano de Sibundoy, Altiplano de Pasto, alrededores de Pitalito, cañón del río Páez y sus afluentes y alrededores de Corinto.

El segundo nivel de riesgo se asocia a regiones con menores densidades y concentraciones de población como la montaña baja y media en la vertiente occidental del Macizo (Mercaderes por ejemplo) y alrededores de Chaparral (Tolima).

Las zonas de menor riesgo están ligadas a las menos pobladas como la Montaña Alta y el sureste del Macizo esta última por sus condiciones de fuertes pendientes, altas precipitaciones y poca accesibilidad, solo existe riesgo para los ecosistemas.

En general el Macizo tiene un nivel de riesgo medio y bajo dadas las condiciones de poco poblamiento y accesibilidad pero por el contrario, las áreas pobladas tienen en general alto riesgo por uso y abuso de las tierras.

## CONCLUSIONES

La presencia de 360 lagunas en las zonas cimeras de la Montaña Alta, correspondiente al Macizo Colombiano, evidencian una morfoestructura geológica dominada por rocas metamórficas o metasedimentarias blandas con frecuentes lineamientos tectónicos y una permeabilidad relativamente baja, en general está recubierta por espesas capas de material volcánico permeable, con gran capacidad de acumulación y retención de agua, que se incrementa en la medida que por alteración llegan a conformar complejos órgano-minerales. La rugosidad del terreno y la presencia de residuos vegetales en el medio natural contribuyen en el proceso de infiltración del agua, porque mantienen los conductos hidráulicos y canalículos de paso. La actividad agropecuaria continua e intensiva deteriora estas estructuras de conducción, propiciando procesos erosivos por escurrimiento superficial y afectando la capacidad de almacenamiento hídrico.

Los recubrimientos volcánicos poco consolidados en conjunto con la vegetación y la biomasa asociada, en presencia de una pluviometría alta e índices de evapotranspiración muy débiles, son responsables de los volúmenes de captación y acumulación y de los procesos de regulación de los flujos de agua. Toda actividad antrópica que deteriore por adelgazamiento o compactación estas estructuras, influye en el deterioro de estas funciones. La desecación de las lagunas, pantanos y turberas afectan negativamente la capacidad natural de retención.

Las franjas de los pisos andino en su borde superior y alto andino, en la medida que se localizan en zonas de alta condensación de humedad atmosférica y que las formaciones superficiales sean gruesas y permanezcan sobre pendientes medias y fuertes, presentan riesgos de movimientos en masa mayores. Ellos se incrementan cuando se intervienen estos medios con infraestructuras sin diseño y manejo geotécnico adecuado, se talan los bosques y se usan los suelos intensivamente y con tecnologías no apropiadas. Cuando es inevitable la actividad agropecuaria, los sistemas de labranza deben hacerse con coberturas vegetales que den el máximo cubrimiento posible y que generen biomasa residual, utilizando cultivos asociados y multiestratificados, respetando los nacimientos de agua y las coberturas vegetales protectoras de los cauces.

Estas franjas obran a manera de muros de contención, que suavizan la dinámica de vertientes en lo que se refiere a descensos gravitatorios e hidrogravitatorios. Por otra parte almacenan aguas y regulan su flujo. Cabe decir que además soportan comunidades vegetales y animales endémicas y de escasa representación territorial.

Se trabajan los sistemas morfogénicos y las geoformas y su relación con los perfiles del suelo, porque estos en conjunto señalan evidencias muy objetivas del comportamiento de las vertientes y de la red de drenaje. Para una visión global estos marcan pautas muy aproximadas en la evaluación de factores, procesos y mecanismos como se desarrollan los eventos geodinámicos, a través de manifestaciones tanto superficiales como subsuperficiales, que afectan la estabilidad y la productividad. Ellos cobran importancia cuando se diseñan y ejecutan programas de prevención y control de la erosión.

La degradación del Macizo y su área de influencia inmediata, se deriva, en gran parte, del grado y tipo de intervención y alcanza niveles importantes de riesgo y amenaza para la vida humana, la infraestructura urbana y de servicios, y en especial para la sostenibilidad de las funciones de oferta de bienes y servicios. Estas últimas representadas en hábitat ecológico, estructuras de captación, almacenamiento y regulación y seguridad alimentaria para una población numerosa.

Los cambios bruscos de uso, originados en la tala del bosque para pastizales y cultivos limpios, además de descapitalizar los sistemas naturales, propician los procesos por erosión hídrica superficial en medios muy secos y secos, fenómeno marcado en la franja que atraviesa Pasto Mercaderes, con afectación de las estructuras de drenaje, por efecto de una actividad agropecuaria continuada e intensiva sobre medios poco consolidados. La degradación en Mercaderes y el Bordo tiene visos de calamidad ambiental.

En medios subhúmedos, húmedos y muy húmedos, visibles en las cuencas altas de los ríos Caquetá, Putumayo, Patía y Saldaña, las coberturas vegetales protectoras cumplen funciones esenciales debido a la alta inestabilidad representada en propensión a los movimientos en masa y sus repercusiones en el comportamiento de cauces encañonados susceptibles de represamientos. Mención y atención especial ameritan los cañones de influencia del volcán nevado del Huila (río Páez).

La actividad social dirigida al desecamiento de cuerpos de agua y turberas fuera de destruir el hábitat ecológico, mengua la capacidad de almacenar agua y de regularla, con efectos negativos que se hacen evidentes en los picos de crecidas y en el incremento de la carga de sedimentos.

El sistema paramuno y su borde correspondiente al piso bioclimático alto-andino inestable tiene un alto grado de intervención y de degradación muy marcada en el costado occidental del Macizo y su área de influencia. Las vertientes orientales de la Montaña Alta del Macizo tienen buena protección, en cuanto a presencia de masas boscosas se refiere, pero avanzan aceleradamente los frentes de colonización.

Estos lomos cordilleranos, incluidos los páramos, picos nivales y vegetación andina y alto-andina, tienen influencia en la hidroclimatología local y regional. Las sequías prolongadas de la franja del Bordo y Mercaderes y la avalancha del río Páez, pueden ser señales inequívocas que se deben evaluar a la luz del conocimiento e información disponible, con miras a implementar con oportunidad medidas preventivas y mitigantes de procesos de inestabilidad y alteración de microclimas, de gran trascendencia en la captación, almacenamiento y regulación del agua de la Montaña Alta.

La estabilidad del Macizo Colombiano y sus áreas de influencia está ligada al bienestar de la población, a la garantía de sus vidas y a la capacidad de mantener y sostener los flujos del agua que irrigan sus vertientes y cañones.

El Macizo Colombiano y el sistema montañoso de influencia son producto del levantamiento cordillerano, eventos tectónicos y la actividad glacial en conjunción con el modelado morfoclimático y la acción hidrogravitatoria. La orogénesis y la altitud ofrecen la presencia de medios expuestos a diferentes regímenes y grados de humedad, así como condiciones de abrigo que disminuyen notoriamente los volúmenes pluviométricos.

Los geosistemas del Macizo han estado sometidos a dinámicas muy activas controlados por la morfoestructura geológica, formaciones superficiales, el suelo, la vegetación, el clima y la actividad antrópica.

El material volcánico, en especial las cenizas han contribuido ampliamente en el modelado y tapizado superficial de los paisajes permitiendo una alteración geoquímica importante de gran significado en la oferta natural de los suelos, unas acumulaciones in situ o transportadas fundamentales en la retención y regulación del agua, en la permanencia de ecosistemas ligados a la actividad biopedológica y en la mayor o menor estabilidad del medio y su respuesta frente a la intervención antrópica.

El área considerada como Montaña Alta contiene geosistemas inestables en grado alto, que concuerdan con procesos naturales ligados a la pendiente, material poco consolidado, magnitud, frecuencia e intensidad de la precipitación, baja permeabilidad del sustrato geológico y con procesos históricos de acomodamiento, modelado morfoclimático e hidrogravitatorio de los geosistemas.

Los mantos gruesos productos del volcanismo, coluvionamiento, acción glaciaria y presencia de algunas alteritas que pueden tener un espesor que fluctúa entre 1 y 80 metros, son responsables de la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica.

Los movimientos en masa tipo solifluxión, deslizamientos y derrumbes se suceden sobre el modelado glaciario heredado del tardiglaciario y sobre el periglaciario heredado de la última glaciación. El escurrimiento superficial y difuso concentrado con formación de cárcavas se encuentra sobre el modelado glaciario heredado pleniglaciario y sobre los altiplanos (Gabriel López, Paletará y Valle de las Papas), en estrecha relación con la baja pluviometría, torrencialidad, pérdida de permeabilidad y de vegetación natural protectora.

En la medida que los procesos erosivos adelgacen estas capas retenedoras de humedad y que se disminuya la capacidad de infiltración del agua, por efecto de la destrucción de las coberturas vegetales y degradación de la estructura del suelo, la capacidad reguladora será menor. Se trata de medios inestables desde el sustrato geológico y la formación superficial que soportan los suelos y la vegetación. No obstante la feracidad relativa de estas tierras con funciones hidrodinámicas altamente reguladoras que cumplen, el uso milenario puede tocar a su fin, debido al abuso en la labranza y forma de perturbación de las estructuras biofísicas.

La región que ocupa nuestro interés está sometida a una dinámica natural muy activa relacionada con los procesos morfogénicos sobre el modelado glaciario, periglaciario y los altiplanos.

La Montaña Alta comprendida entre el Nudo de los Pastos, Macizo Colombiano, Nevado del Huila, Páramo de las Hermosas por encima de la cota 2700 m.s.n.m contiene geosistemas fundamentados en la captación, almacenamiento y regulación del agua.

La vegetación y la biomasa asociada mantienen las condiciones óptimas para una adecuada infiltración del agua que garantiza el almacenamiento, así como dinámica bioquímica ligada a la oferta natural del suelo.

La concomitancia de índices relativamente bajos de evapotranspiración con conjuntos geopedológicos espesos, que retienen agua en asociación con la vegetación hacen de éstas, esponjas gigantes responsables de la regulación hídrica.

Los materiales volcánicos tales como lavas, cenizas, tobas, in situ o transportadas, la vegetación y la biomasa asociados son los responsables de gran parte de la capacidad de almacenamiento y regulación del agua, ya que el material geológico no es suficientemente permeable.

La oferta natural óptima de los suelos está ligada a la biogeoquímica de las cenizas y material volcánico de fácil alteración y su sostenibilidad depende de la dinámica y estado de la biomasa del suelo y de los organismos asociados (macro, mesofauna y microorganismos). Los complejos órgano-minerales y orgánicos están estrechamente relacionados con la retención, liberación, transferencia y suministro de nutrientes a la vegetación y a la biomasa asociada.

La actividad agropecuaria intensiva, tanto ganadera como agrícola que no tenga en cuenta sistemas de labranza adecuados al medio desmejoran las condiciones productivas y aceleran la dinámica erosiva.

El sobrepastoreo es perjudicial porque en medios húmedos genera descolgadas de los suelos, formando “patas de vaca” y obstruye los conductos por donde se infiltra el agua.

Los altiplanos húmedos con sistemas cenagosos y áreas susceptibles a la inundación cumplen funciones hidrodinámicas de regulación y acumulación de agua. La desecación desmejora o puede eliminar esta función. Estos impactos se están sucediendo sobre el Valle de Las Papas, La Magdalena y Paletará.

La oferta natural de los suelos de acuerdo a las interpretaciones de los perfiles de suelo, es alta en los altiplanos y valles aluviales. Es media alta en los medios con ceniza volcánica, no obstante tienen restricciones por la temperatura y en sectores con afloramientos rocosos, lo cual hace que posea una oferta menor.

Existen zonas como los cerros y mesas en vías de degradación y áreas como la de Mercaderes y el Borde, la oferta natural de los suelos puede ser alta, pero se expresa como muy baja por los procesos erosivos actuales.

## RECOMENDACIONES

### DE CARÁCTER GENERAL

Respetar como usos para la conservación las áreas protegidas como son los Parques Nacionales Naturales localizados dentro del Macizo Colombiano y zonas de influencia.

Respetar como usos para conservación/producción de otras áreas para manejo especial diferentes a Parque Nacionales Naturales como son: los páramos, los nivales y los cuerpos de agua considerando los nacimientos, bosques de galerías, lagunas, humedales, ciénagas, quebradas y ríos y sus zonas de amortiguamiento, en razón de funciones y servicios sociales, culturales, ecológicos e hidrodinámicas que cumplen.

Respetar como usos para la conservación/producción de áreas de resguardos indígenas y comunidades negras y recursos culturales de interés nacional y regional.

### PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS MORFOGÉNICOS PRESENTES EN EL MACIZO

#### PARA LA MONTAÑA ALTA

Dada la sensibilidad física y ecológica de la Montaña Alta se debe proteger y conservar los geosistemas que la conforman y zonas de influencia que incluye, en particular, los Parques Nacionales Naturales Volcán Nevado del Huila, Puracé y las Hermosas.

Normatización urgente sobre el uso y manejo ambiental de las áreas que no están bajo la protección de alguna figura de conservación, (Parques, Reservas), teniendo en cuenta la caracterización de estabilidad-inestabilidad.

El análisis del proceso histórico de ocupación y de los patrones actuales de asentamiento, permite establecer que las tendencias de uso en la Montaña Alta son aquellas relacionadas con la explotación tradicional y avance altitudinal de la frontera agrícola, por tanto se sugiere, en función a las características físicas particulares de cada espacio, adoptar políticas diferentes de uso.

Zonas de alta vulnerabilidad como el geosistema periglacial heredado en áreas volcánicas, deben tener políticas especiales que prohíban la explotación ganadera debido a que el desmonte de la capa vegetal facilita la remoción rápida de las formaciones superficiales que es acelerado por el pisoteo del ganado. Otras áreas como los bordes de los altiplanos requieren de restricción y control a la explotación de gravillas y arenas, de gran impacto por el alto aporte de sedimentos. Conservación prioritaria de cuencas de Aguas Negras, indicadores de poca intervención humana.

**Priorizar acciones de conservación en cuencas de aguas negras:** Mantener las coberturas vegetales naturales en conservación y recuperación, para garantizar la sostenibilidad del ciclo hidrológico, especialmente: los nacimientos de agua, y humedales en general, en el equilibrio climático con los procesos de evapotranspiración bosque de niebla, en la conservación de los glaciares. En la conservación de la flora y fauna y biodiversidad y paisaje escénico.

Establecer programas de prevención y contingencia para los volcanes activos del Galeras, Puracé, Sotará y Huila.

Para las áreas en usos agropecuarios se debe considerar: Excluir la ganadería en zonas de pendientes mayores al 75 % en los suelos cordilleranos. Preferir la ganadería semiestabulada a la extensiva, evitar el sobrepastoreo.

Mantener la vegetación natural y dar preferencia a cultivos multiestrata que simulen un bosque natural que permita una protección del recurso suelo de los procesos erosivos de las aguas lluvias y de escorrentía. Controlar toda ampliación de la frontera agropecuaria que afecte a las áreas de manejo especial y a proteger citadas en los puntos anteriores incluyendo los cultivos ilícitos.

#### **LA MONTAÑA MEDIA**

Respetar los usos actuales en coberturas vegetales naturales en conservación y recuperación, que garanticen la sostenibilidad del ciclo hidrológico, especialmente: los nacimientos de agua, bosque de niebla, en la conservación de la flora y fauna y biodiversidad y paisaje escénico.

En relación con los usos agropecuarios los cultivos mas apropiados son los multiestrata del cual el mejor ejemplo es el café arábigo con su sombrío con plátano gualandayes, cambulos, guamos y otros frutales donde la biomasa mantiene un aporte de materia orgánica a los suelos, un microclima apto para el desarrollo de la micro y mesofauna de mineralización y humificación logrando un óptimo de ambiente de biodegradación.

Los pastizales deben localizarse en las zonas menos pendientes y garantizar su manejo en cuanto a capacidad de carga, rotación de potreros, combinación con pastos de corte. Se debe evitar las quemadas agotadoras del horizonte orgánico, recuperar zonas con pata de vaca y remociones masales.

Las áreas en uso agropecuario deben considerar como mínimo, condiciones de localización por pendiente, surcos en dirección perpendicular a la línea de pendiente para evitar pérdida de suelos por escorrentía.

Las áreas con infraestructuras de tipo lineal como carreteras, ferrocarril y oleoductos debe asegurar el mantenimiento de los drenajes, obras de arte y estabilidad de la obra para evitar la generación de procesos erosivos.

#### **MONTAÑA BAJA**

Tanto en la Montaña Media como baja se presentan altiplanos con agricultura intensiva donde debe contrarrestarse la degradación de suelos por compactación, pérdida de la fertilidad, erosión por escurrimiento superficial y contaminación por agroquímicos, procesos de hidromorfismo.

## DEPRESIONES TECTÓNICAS Y DOMINIO AMAZÓNICO

Son las áreas más propensas para que se instale la agricultura intensiva, debe preverse ampliaciones de la frontera agrícola hacia bosques de galería y reductos de vegetación natural, generación de procesos erosivos, procesos de hidromorfismo, pérdida de la fertilidad e intoxicación por agrotóxicos.

## PRÁCTICAS CONSERVACIONISTAS NECESARIAS EN LOS SUELOS DEL MACIZO COLOMBIANO APLICADAS A NIVEL DE MUNICIPIO.

Todos los suelos presentan grados diferentes de limitaciones, teniendo mayores o menores posibilidades de uso. Las limitaciones se refieren principalmente a la susceptibilidad a la erosión, impedimentos a la mecanización, eficiencias o excesos de agua y baja fertilidad entre otros. A continuación se detallan las prácticas agronómicas recomendadas.

- **Labranza mínima:** Consiste en minimizar el número de pasos del tractor para evitar la compactación del suelo
- **Rotación de cultivos:** La rotación de cultivos es una de las prácticas conservacionistas básicas y consiste en una sucesión de diferentes tipos de cultivo, son importantes porque:  
Usar al máximo la capacidad de producción de los suelos, manteniendo su fertilidad.
- Aprovechar totalmente el periodo vegetativo de los cultivos, garantizando el uso de las mejores épocas de siembra y plantación. Evitar la reproducción de plantas dañinas, así como de plagas y enfermedades reduciendo los gastos en plaguicidas
- **Uso de abono verde:** Consiste en la incorporación al suelo de plantas especialmente para este fin, u otra vegetación cortada cuando aún está verde. Cuando están vivas estas plantas protegen el suelo contra la acción directa de la lluvia y después de enterradas mejoran las propiedades físicas del suelo a través del aumento de los contenidos de materia orgánica.  
Para abono verde son preferibles las plantas leguminosas, que además de materia orgánica incorporan también Nitrógeno al suelo.  
Igualmente las plantas usadas como abono verde se requieren que produzcan en poco tiempo grandes cantidades de biomasa, la que al ser incorporadas determinará la cantidad de humus resultante del suelo.

Los beneficios de esta práctica son:

- Protege al suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, evitando su desagregación y el transporte de sedimentos por erosión.
- Aumenta la infiltración del agua en el suelo, a través del sistema radicular de las especies plantadas.
- Disminuye la velocidad de escurrimiento
- Aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo
- Produce materia orgánica tanto de las partes aéreas como de las raíces.
- Evita la compactación del suelo
- Evita la pérdida de nutrientes
- Disminuye los costos por concepto de fertilización química
- Disminuye la temperatura del suelo, manteniéndolo estable y favoreciendo la vida de los microorganismos

- Aumenta el rendimiento de los cultivos posteriores a través de su efecto residual
- Puede servir de forraje a los animales.
  
- **Diversificación productiva –agroforestal y agrofrutal forestal:** Consiste en combinar diversos usos del suelo, incluyendo cultivos, frutales y bosques. Por ejemplo, bosque clareado con cultivos o plantaciones asociadas, franjas de protección, es decir fajas de bosque que se dejan a ambos lados de los cursos de agua, cortinas rompevientos.  
Para el mejor manejo del espacio entre las hileras de plantaciones frutales y forestales, se puede cultivar cultivos anuales.
- **Asociación de cultivos:** La asociación de dos o más cultivos es una práctica conservacionista que permite utilizar de modo más eficiente la superficie disponible, además de proveer una mejor cobertura del suelo.  
La gran ventaja es que los cultivos en una asociación se ayudan mutuamente, no solamente en cuanto a una mayor infiltración de agua, sino proveer por ejemplo sombra en periodos sensibles de ciertos cultivos.
- **Cultivos en faja:** Consiste en disponer sobre el terreno diversas especies vegetales, cada una de las cuales ocupan fajas de ancho variable, de forma que alternen plantas que ofrecen poca protección al suelo con otras de denso crecimiento. Las fajas seguirán el contorno del terreno, los cuales dan al suelo la mejor protección contra la erosión hídrica.
- **Fajas de cultivos anuales:** El efecto del cultivo en fajas sobre el control de la erosión se basa en tres principios. Las diferentes densidades de los cultivos utilizados, la división de las áreas de pendiente y la disposición de las plantas en contorno.  
La disposición alternada de diferentes cultivos hace que las pérdidas por erosión sufridas por algunos de ellos, los más susceptibles, sean, al menos en parte, controladas por otros cultivos ubicados en una faja vecina, mas abajo.
- **Fajas de vegetación permanente:** En fincas donde prácticamente no existe inversión de capital, es común observar áreas boscosas, que son dejadas en barbecho para mejorar el suelo, sin que obedezcan a ningún criterio de distribución y/o planificación.  
Estas áreas con vegetación permanente aumentan la cobertura del suelo, protegiéndolo contra el impacto directo de las gotas de lluvia, al distribuir la energía cinética sobre la masa vegetal. Así, la desagregación del suelo prácticamente no existe. Además, la vegetación rastrera y los residuos de las plantas forman pequeñas barreras naturales e impiden el escurrimiento superficial, favoreciendo la infiltración del agua en el suelo.
- **Barreras vivas:** Consiste en el establecimiento de una barrera viva de arbustos o arboles (perennes), con una alta densidad de siembra, siguiendo las curvas del terreno, en casos de pendientes desde 5 a 30%.
- **Cortinas corta viento:** Consiste en el establecimiento de arboles o arbustos, de la misma o de distintas especies, en forma perpendicular a los vientos dominantes, o al lado de los cercos. Están cortinas corta viento reducen la velocidad del viento, produce varios productos, leña, maderas, forrajes, etc. y protege la fauna, haciendo posible el aumento de insectos benéficos.
- **Barbecho mejorado:** Consiste en establecer una cobertura vegetal en suelos que se dejan en descanso, utilizando especialmente especies leguminosas anuales y/o perennes, que aportan material orgánico de valor y tienen buena capacidad de competir con las malezas por su buena cobertura.

- **Establecimiento de cercas vivas:** Sirve para proteger áreas en proceso de degradación con cortes indiscriminados de árboles y arbustos, evitando la entrada de ganado que pudieran sobrepastorear las praderas.
- **Cordones de vegetación permanente:** Los cordones en contorno son prácticas simples de control de escurrimiento superficial, en curvas de nivel y una vez construido el talud se comienza el establecimiento de las plantas en curvas de nivel, las especies aptas para ser usadas en esta práctica debe tener las siguientes características.

Sistema radicular profundo

Que no compitan con cultivos asociados

Que no sean invasoras

Que soporten podas frecuentes y rigurosas

Preferentemente gramíneas o leguminosas.

Los cordones en contornos son prácticas simples que no implican grandes gastos para el agricultor, la ventaja de este tipo de cordón vegetacional no es solamente su capacidad de interceptar el agua que escurre, sino también el aprovechamiento de la vegetación para alimentación animal.

- **Cordones vegetales (troncos):** Este tipo de protección consiste en arrancar troncos de arboles, arrastrándolos y disponiéndolos en las curvas de nivel. Este tipo de barrera física tiene por objeto reducir el escurrimiento superficial del agua, es adecuado en pequeñas áreas con troncos y árboles producto de la limpieza del terreno, que impiden el trabajo adecuado de los cultivos.
- **Cordones no vegetales (piedras):** Se utiliza en zonas con altos porcentajes de piedra sobre la superficie, consiste en retirar las piedras sueltas de un sector, en forma manual o con ayuda de algún implemento, se colocan en arrumes siguiendo el sentido de las curvas de nivel. Esta práctica reduce el escurrimiento superficial de suelo y agua, y aumenta el área útil para los cultivos debido a que se remueve las piedras en el terreno.

#### 4.9.5 SECTOR VIAL

Tener en cuenta el comportamiento del tiempo para el desarrollo de los diferentes trabajos de construcción, mantenimiento y atención de emergencias.

Realizar un manejo adecuado de aguas lluvias de escorrentía superficial, drenaje hipodérmico e infraestructuras (drenajes) especialmente en áreas inestables y muy inestables.

Implementar planes de revegetalización y estabilización de taludes con énfasis en formaciones superficiales y suelos. Realizar mantenimiento en las zonas de influencia de las vías.

Promover la conservación de cuencas hidrográficas especialmente las de régimen torrencial que puedan presentar amenaza para las carreteras, puentes y viaductos.

## CARACTERIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MACIZO COLOMBIANO

El Macizo Colombiano por su ubicación y sus características fisiogeográficas, presenta un gran diversidad de ecosistemas tanto terrestres como acuáticos que ofrecen un sin número de servicios, productos y funciones entre las cuales cabe destacar la protección y conservación de cuencas, oferta de hábitats y refugios de fauna y flora, estabilización de taludes y pendientes, contribución al ciclo hidrológico, oferta de materia prima para numerosas industrias, entre otras.

Los ecosistemas terrestres que se encuentran en el Macizo Colombiano varían de acuerdo a condiciones locales particulares, que se traducen en una diferenciación en la composición, estructura y dinámica de los componentes bióticos que los constituyen. El tipo de cobertura vegetal por lo tanto, se constituye en una primera aproximación en la clasificación de ecosistemas.

Es así como los ecosistemas terrestres se dividen en boscosos y no boscosos de acuerdo a IDEAM, 1998. Los primeros se caracterizan por presentar más del 30% de cobertura boscosa conformada por varios estratos (alrededor de 4) que van desde aquellas especies que se encuentran restringidas a la parte baja del bosque (sotobosque) hasta aquellas especies de alturas considerables. Los segundos por el contrario, se caracterizan por presentar en un espacio abierto coberturas vegetales ralas, achaparradas con una estratificación entre uno y tres que no superan los tres metros de alturas, y con elementos florísticos bastante especiales. Abarcan un amplio espectro que va desde lo muy seco a lo muy húmedo.

Existe un grupo de coberturas vegetales resultado de la intervención del hombre, que se caracteriza por la presencia de cultivos, pastos, actividades agropecuarias y que se les ha denominado genéricamente agroecosistemas. Estos se clasifican a su vez, de acuerdo a la cantidad de bosque que presenten. (Ver Mapa No 25)

En cuanto a los ecosistemas acuáticos presentes en el Macizo Colombiano, cabe destacar aquellos de alta montaña ubicados a más de 1000 m.s.n.m. y que comprenden un sin número de lagunas, lagos, ríos, quebradas, nacimientos de agua, entre otros, y los de tierras más bajas o basales ubicados a alturas inferiores a la anterior.

Específicamente en el área del Macizo Colombiano se encuentra:

### ECOSISTEMAS TERRESTRES

Los ecosistemas terrestres del Macizo Colombiano, como se indicó se conforman por los ecosistemas Boscosos, No Boscosos y Agroecosistemas.

#### ECOSISTEMAS BOSCOSOS

Para el Macizo Colombiano comprenden los Bosques Andinos, Bosque Basal Amazónico y Especial Pantano Andino.

#### **BOSQUE ANDINO (BA)**

Este tipo de cobertura boscosa, se localiza en las partes altas de la cordilleras a partir de los 1.000 msnm y hasta los 3000 msnm, donde precisamente las condiciones climáticas favorables y la oferta ambiental, han permitido el establecimiento de numerosos asentamientos humanos y con ello han desencadenado una gran presión sobre los recursos naturales circundantes.

## MAPA 25

Estos bosques presentan asociaciones florísticas en las que se destacan árboles de valor comercial, cuyas alturas mayores son de 30 metros, tales como el Cachimo (*Callophyllum lucidum*) cueromarrano (*Macrobium*), guáimaro (*Brosimum utile*), robles (*Quercus humboldtii*), cedros (*Cedrella montana*), amarillo susca (*Nectandra prunifolia*), entre otras.

Especies como el duraznillo (*Prunus* sp), encenillo (*Weinmania* sp), copé (*Clusia* sp), sietecueros (*Tibouchina*), copache (*Ilex* sp), quina (*Ladenbergia* sp), son frecuentes en pisos altitudinales cercanos a los 1.500 msnm.

Colombia posee en todo su territorio 9'108.473.87 de hectáreas de BA, que se encuentran en forma de pequeñas masas relictuales a lo largo de los flancos de las cordilleras, y de las cuales 1'417.715.81 (el 15.56%) has se encuentran en el Macizo Colombiano (IDEAM, 1996). Se distribuyen en los municipios de Belén de los Andaquíes, Corinto, Inzá, Jambaló, La Vega, Miranda, Saladoblanco, Paez, San Agustín, Santa María, Suaza, Pasto, Teruel, Buesaco, Génova, Puracé, San Sebastián, Santa Rosa, Sotaró, Toribio, Totoró, Acevedo, Iquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Nátaga, Oporapa, El Tablón, La Cruz, Mocoa, y Planadas. (IDEAM, 1996).

#### **BOSQUE BASAL AMAZÓNICO (BBAM)**

También conocido como selva húmeda tropical, situado aproximadamente entre los 400 y los 1.100 msnm, constituye parte de la selva del piedemonte oriental de la cordillera oriental. Posee una composición florística muy heterogénea que excepcionalmente forma parte de un corredor que inicialmente conectó todo el piedemonte andino con la planicie amazónica, situación que se deduce de algunos estudios y muestreos realizados recientemente en las vegas de los grandes ríos, lo cual indica que su composición florística está íntimamente relacionada con elementos amazónicos.

En Colombia existen 33'506.755.15 hectáreas de selva amazónica de las cuales se encuentran 19.817.59 has en el Macizo Colombiano específicamente en el Municipio de Santa Rosa en el departamento del Cauca.

#### **ESPECIAL PANTANO ANDINO (EPA)**

Esta cobertura corresponde principalmente a áreas de turberas que se localizan en las zonas altas cordilleranas. Estas áreas presentan asociaciones vegetales de musgos (*Sphagnum*) y otras briófitas, conformando conglomerados que ejercen la función de esponjas reteniendo agua. En el trabajo IDEAM,1996 sobre coberturas vegetales, uso y ocupación del espacio para esta cobertura, se mencionan 4976 hectáreas de Especial pantano andino ubicadas en los alrededores del lago de la Cocha específicamente en el municipio de Pasto. Cabe destacar que esta información esta dada por el nivel de detalle de la escala de trabajo (1: 500.000).

#### **ECOSISTEMAS NO BOSCOSOS**

##### **PÁRAMOS (P)**

Esta cobertura vegetal se caracteriza por encontrarse en rangos altitudinales superiores a los 3.000 m.s.n.m. hasta el inicio de las nieves. Su valor primordial se basa en la regulación hidroclimática en cuanto es fuente y retenedor de agua. Presenta una vegetación característica como los frailejones, pajonales y chuscales con una gran variedad de especies endémicas de fauna y flora y su valor ecológico es fundamental.

Los páramos se caracterizan por poseer condiciones climáticas extremas que inducen al desarrollo de diversas estrategias adaptativas por parte de las especies que allí viven; además, los procesos y flujos físico-químicos son mucho más lentos y por lo tanto este ecosistema es bastante frágil a las intervenciones.

El territorio nacional tiene tan solo 1'620.463.03 hectáreas de páramo, de las cuales 200.825.35 (12.39% de los páramos del país) se encuentran en la zona del Macizo Colombiano, especialmente en los municipios de Popayán, Bolívar, Corinto, Inza, Jambalo, La Vega, Miranda, Paez, San Agustín, Santa María, Pasto, Teruel, Buesaco, Génova, Puracé, San Sebastián, Santa Rosa, Silvia, Sotará, Toribio, Totoró, La Argentina, La Cruz, San Bernardo, Mocoa, Chaparral y Planadas. (IDEAM, 1996).

Algunos de los páramos a destacar son:

- Barbillas, Chunchullo o Granadillo, Las Papas, San Francisco, Sotará y Yunquilla.
- El páramo o Valle de Las Papas, donde tienen origen los Ríos Magdalena, Cauca y Caquetá y, a su vez, separan las cordilleras Central y Oriental.
- Páramos de Cutanga y La Soledad.
- Páramos de Cascabel, Cascabelito, Cutanga, Chunchullo o Granadillo o La Soledad en Santa Rosa.
- Páramos Las Delicias, Las Eras, Monterredondo y Moras en el municipio de Silvia (Cauca).
- Páramo de Santo Domingo en Toribio.
- Páramo de Guanacas alberga las lagunas de Las Delicias y Caluache en el municipio de Totoró.

#### **XEROFITIA ANDINA (XA)**

Esta cobertura está representada por una vegetación achaparrada y de copas aparasoladas, algunas con espinas y follaje menudo que se encuentra adaptada a condiciones secas con una precipitación promedio anual aproximadamente de 1.000 mm.

En Colombia existen 620.426.03 hectáreas de este tipo de ecosistema, de las cuales 198.884 hectáreas se encuentran en el área del Macizo Colombiano, el 32% del país, en los municipios de Santiago, San Pablo, San Lorenzo, La Unión, La Cruz, El Tablón, San Sebastián, Chachagui, Colón, Buesaco, Arboleda, Albán, La Vega, La Sierra, Florencia, Bolívar y Almaguer. (IDEAM, 1996).

#### **AGROECOSISTEMAS**

Estos sistemas modelados por el hombre y de gran importancia económica, se han desarrollado no solo en áreas aptas para su establecimiento sino que en algunos casos han ocupado áreas de aptitud forestal. La ampliación de las fronteras agrícolas han propiciado el cambio de uso en zonas boscosas generando consiguientemente problemas sobre los suelos como erosión, movimientos en masa, sedimentación en los cuerpos de agua y sobre los recursos bióticos con la disminución de especies de flora y fauna, pérdida de hábitats y disminución de las poblaciones.

Los agroecosistemas son variados dependiendo de su ubicación altitudinal, el tipo de composición florística y uso que posean. Aquellos ubicados por debajo de los 1.000 msnm son los basales y a mayores alturas hasta la zona de subpáramo se denominan andinos.

Cuando los cultivos se mezclan con elementos arbóreos se denominan Agroecosistema Fragmentados (Af) y son el resultado de la intervención del bosque nativo inicial hasta en un 50% de su área, con el objeto de establecer las parcelas agrícolas.

Según el Informe Preliminar: Ordenamiento Ambiental del Macizo Colombiano, elaborado por el Equipo Técnico del IDEAM, del Proyecto Ordenamiento del Macizo Colombiano (1997): “Las zonas de cultivo de la amapola están poco pobladas y se encuentran muy aisladas, en áreas de bosque alto andino y con alta pendiente. Por cada hectárea de amapola que se siembre se destruyen 2.5 ha de bosque (Vargas, R, 1995). La extracción de madera a pesar de haber sido en estas zonas una práctica regular, no constituye un renglón básico de la economía del área”.

“Los principales frentes amapoleros se ubican en las cumbres de la cordillera en los municipios de San Sebastián, La Vega, Sotará, y Jambaló en el Cauca. En Nariño en los municipios de San Pablo y Tablón de Gómez. En el Huila en Iquira, Acevedo, Oporapa, Suaza, Palestina, Saladoblanco y Elías. En el Tolima se presenta tal vez el centro amapolero más grande de todo el Macizo, en el municipio de Planadas en la región de Gaitania en donde 62 veredas conforman este dinámico frente. Además de los municipios de Chaparral y Río Blanco”.

Según estimativos del Programa PLANTE del Huila, la Policía Antinarcóticos, la UMATA del Municipios de San Pablo entre 1995 y 1996 se contaba con las siguientes áreas plantadas: departamento del Cauca (9.500 ha), departamento del Tolima (3.000 ha), departamento del Huila (5.000 ha), departamento de Nariño (980 ha), en un total de 18.480 hectáreas.

#### **AGROECOSISTEMA ANDINO (AA)**

Representados por cultivos limpios que en el Macizo Colombiano son en su mayoría de papa, cebada, trigo, maíz, hortalizas, entre otros, distribuidos en los municipios de Popayán, Bolívar, Caldon, Caloto, Corinto, Florencia, Inza, Jambalo, La Sierra, La Vega, Mercaderes, Miranda, Paez, Belarcazar, Palestina, Pital, Pitalito, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Suaza, Tarqui, Pasto, Teruel, Albán, Belén, Buesaco, Colón, entre otros.

En Colombia se han estimado 15'030.415.09 hectáreas de AA, de las cuales 1'318.292.24 se encuentran en la zona del Macizo Colombiano.

#### **AGROECOSISTEMA ANDINO FRAGMENTADO (AAf)**

Se encuentran en las áreas inicialmente eran bosques y que por procesos de intervención se han reducido hasta en un 50% de su área boscosa producto de los cultivos que se han desarrollado en estas áreas, se denomina andino por estar ubicado por debajo de los 1000 msnm. Se caracterizan por cultivos de café, caña, plátano, yuca, cacao, frutales, entre otros, que se insertan dentro de los bosques nativos. Se presentan en Belén de Los Andaquíes, Popayán, Corinto, Jambalo, Miranda, Pital, Pitalito, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Tarqui, Teruel, Génova, Puracé, Santa Rosa, Sotará, Toribio, Totoró, Iquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Nátaga, Oporapa, Mocoa, Chaparral y Planadas, principalmente.

#### **AGROECOSISTEMA BASAL FRAGMENTADO (ABf)**

Presentan las mismas características del agroecosistema andino fragmentado excepto que se encuentra sobre los 1000 m.s.n.m. Los bosques fragmentados de los municipios del Macizo Colombiano constituyen un buen ejemplo de fraccionamiento de un ecosistema. La fragmentación en estas áreas se ha dado por la presión sobre la tierra, los procesos de colonización y aprovechamiento selectivo e indiscriminado que se ha presentado del recurso forestal, principalmente.

Colombia posee alrededor de 6'868.215.53 hectáreas de ABf de las que 2731.74 se encuentran en el Macizo Colombiano en los municipios de Santa Rosa y Mocoa.

**AGROECOSISTEMA ANDINO INTERANDINO (AAi)**

Esta unidad corresponde a una mezcla de cultivos y pastos que se encuentra en los valles interandinos de las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena. Tan solo el 1.16% de estos agroecosistemas se encuentran en el Macizo Colombiano, representados por cultivos de pastos mejorados principalmente, en los municipios de Caloto, Miranda, Pital y Tarqui.

**AGROECOSISTEMA BASAL (AB)**

Estos agroecosistemas se distribuyen principalmente en los municipios de Belén de los Andaquíes, Santa Rosa y Mocoa.

Cobertura	Área (HAS)	% Área Total
AA	1'318.292,2	35,84
Aaf	309.812,6	8,42
Aai	41.983,8	1,14
AB	150.838,6	4,10
Abf	2.731,7	0,07
BA	1'417.715,8	38,54
Bbam	19.817,6	0,54
Epa	4.976,0	0,14
P	200.825,4	5,46
XA	198.884,6	5,41

**Tabla No. 41.** Coberturas del Macizo Colombiano  
**Fuente:** Mapa de coberturas vegetales, uso y ocupación del espacio de Colombia, IDEAM, 1996

**IMPORTANCIA DE LA FLORA Y LA VEGETACIÓN DEL MACIZO COLOMBIANO**

La flora y la vegetación del Macizo Colombiano ha sido bien documentada en los trabajos de Rangel, Lozano y Fernández principalmente.

Su papel ecológico también ha sido ampliamente reconocido en cuanto a la regulación hídrica, pero quizás el principal desempeño de la flora del Macizo colombiano lo constituya su riqueza biológica, al convertirse en banco natural de especies algunas únicas y aun poco conocidas o poco estudiadas

principalmente en los relictos boscosos por encima de los 3000 metros en bosques altoandinos con predominio de arbolitos como el encenillo, (*Weinmannia* sp), la tagua (*Gaiadendron tagua*), el granizo, (*Hediosmum bonplandianum*), el aliso (*Alnus jorullensis*), y algunos arbustos poco conocidos principalmente pertenecientes a las familias Theaceas (*Freziera* sp.), que junto con Myrsinaceas pasan desapercibidos para el taxonomo y más para el profano, hasta tal punto que algunas de estas especies se encuentran todavía indescritas.

No sobra destacar el inmenso aporte de la flora silvestre a la humanidad en materia de plantas medicinales, alimenticias, ornamentales y forrajeras entre las primeras se destacan:

Las especies de mora silvestre (*Rubus* spp.), curubas (*Passiflora* spp.), y los cubios *Oxalis* sp. Entre otras, el potencial de uso por parte de las especies medicinales es alto y se conoce poco por falta de intercambio de saberes entre las diversas comunidades e inter-relatores para esa zona del país, se citan entre ellas *Heliotropium* spp. El apio de monte, el *Oxalis*, la *Phytolacca* y el Tinto (*Cestrum* sp.).

Ya en el flanco Oriental que mira a la amazonia el Macizo colombiano conserva unidades de bosque andino de valor incalculable tanto por la riqueza de las especies como por ser uno de los lugares más preservados de esta unidad natural que en otras áreas del país ha sido diezmada en forma considerable.

## ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

De acuerdo con el diccionario geográfico (IGAC, 1996) en la jurisdicción del departamento de Nariño se encuentra el lago de La Cocha que está situada en la vertiente oriental del nudo de Los Pastos, al sureste de la Ciudad de Pasto a 2.760 m.s.n.m. y tiene una longitud de 20 km., variando su anchura entre 3 y 5 km., con una profundidad máxima de 73 m, en ella se encuentra la Isla La Corota. Es considerada como una de las lagunas naturales más grandes del territorio que es alimentada por los ríos Encano, Lorianana, y la Quebrada Quibinsacaya, también conocida con el nombre de Lago Guamuéz.

El Lago de La Cocha es epicentro del proyecto multipropósito Guamués, el cual generara energía hidroeléctrica, servirá como parte del acueducto para la ciudad de Pasto y aportara el agua para un gran distrito de riego.

En el departamento del Cauca se encuentra la laguna del Buey (municipios de Puracé al sureste e Isnos) extendiéndose hasta el Huila. Tiene un diámetro aproximado de 1.100 m y en ella tiene origen la quebrada el Buey. La laguna de San Rafael se localiza en el municipio de San Sebastián (Cauca), al noreste de la cabecera municipal. La laguna el Violín (municipio de Páez (Cauca)), al noroeste de la cabecera municipal, tiene un área promedio de 50 m, da origen a la quebrada Guantama y el río Moras y la Laguna de las Delicias (Inza, en el Cauca).

En jurisdicción del departamento del Tolima se encuentran la laguna de En medio (municipio de Rioblanco), al suroeste de la cabecera municipal, donde tiene su nacimiento el río Hereje. También la Laguna del Meridiano (municipio de Rioblanco) y la Rusia (municipio de Chaparral) que es alimentada por el Río Amoyá.

En el Departamento del Huila en área del Macizo Colombiano se encuentran las lagunas La Encantada localizada en el páramo de Las Papas (municipio de San Agustín) donde nace la quebrada Santa María, al igual que la Magdalena en donde tiene origen el Río Grande de La Magdalena, la Providencia. La laguna de San Rafael (municipio de La Plata) da origen al río Aguacatal y es considerada una de las lagunas naturales más grandes con sus 175 has. La laguna de Santiago (municipio de San Agustín), da nacimiento a la quebrada Lambedulce, la cual confluye al río Magdalena. La laguna Seca localizada en el páramo de Las Papas es fuente del río Caquetá.

En el Departamento de Putumayo en Mocoa se encuentran las Lagunas Angelina y Sencella.

Es de resaltar que en el Macizo Colombiano nacen importantes ríos como el Patía que atraviesa un valle transversal seco y llega al Pacífico, la corta extensión y su pequeña planicie aluvial explica la ausencia de ciénagas y pantanos, así como la baja productividad biológica de las aguas dulces, la cual se ve en cierto modo compensada por la fertilidad de las aguas marinas costeras y de los estuarios litorales. En este caso el río es el que alimenta y fertiliza al mar (Samper, 1993).

Algunos de los impactos de los cambios de usos en esta región afectarían la calidad de las aguas que drenan hacia el mar Pacífico y a su vez las aguas estuarinas y marinas, que conforman hábitats acuáticos rodeados de bosques, propicios para el desarrollo de larvas y juveniles de variadas especies, siendo estos los lugares indicados para el desarrollo de la cría de camarón y la pesca artesanal. Consecuencia de estos procesos y el incremento de los sedimentos a los estuarios, más la fuerza del mar, los sedimentos comienzan a tener otra dinámica, con lo cual es predecible que se modifiquen las formas y funciones de los hábitat y por ende los usuarios de estos se vean en la necesidad de modificar sus patrones de actividad y ocupación.

## AREAS PROTEGIDAS

En Colombia las áreas protegidas están distribuidas en diversas categorías o unidades de manejo, Reservas Forestales, Reservas Forestales Protectoras, Reservas Forestales Protectoras- Productoras, Reservas Naturales de La Sociedad Civil, Areas de reservas u otras denominaciones a nivel Departamental y Municipal, Reservas de la Biosfera, Areas de Manejo Especial, Sistema de Parques Nacionales Naturales, Humedales de Importancia Internacional, Distritos de Manejo Integrado, Distrito de Conservación de Suelos y Sitios de Patrimonio de la Humanidad, algunas de estas se encuentran contempladas dentro de varias denominaciones. Se encuentra el Macizo Colombiano con una gran representatividad de estas áreas.

En la zona del Macizo Colombiano se encuentran seis áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (Ver Mapa No 26), distribuidas en cinco Parques Nacionales Naturales y dos Santuarios de Fauna y Flora,

También se localiza una Reserva Municipal constituida, una Reserva de la Biósfera constituida y alrededor de 33 reservas municipales por constituir. (Ver Tabla No. 42 y Tabla No 43).

## PARQUE NACIONAL NATURAL NEVADO DEL HUILA

Este parque fue declarado por Resolución Ejecutiva No.149 de Julio de 1977 y recibe el nombre del macizo montañoso que lo forma. Con una extensión de 158.000 has está localizado sobre el eje de la Cordillera en los municipios de Neiva, Ataco, Paez, Teruel, Iquirá, Corinto y Rioblanco.

La vegetación predominante del bosque en esta zona está dada por las consociaciones de robles (*Quercus humboldtii*) con predominio de encenillos (*Weinmannia* sp), pinos colombianos (*Podocarpus* sp) y (*Decossucarpus* sp) palmas de cera del género *Ceroxylon*. En el páramo se encuentran los chusques y frailejones, de los cuales es de anotar el frailejón (*Espeletia hartwegiana*), que se restringe su distribución sólo a la cordillera central de los Andes. (INDERENA, 1990). El parque es además una gran reserva hídrica y hábitat de especies de fauna como osos de anteojos, pumas y dantas de páramo, entre otros.

## PARQUE NACIONAL NATURAL PURACÉ

Declarado mediante Resolución Ejecutiva No. 156 de 1977, comprende un área de 83.000 has. Se caracteriza por presentar selva húmeda de piso térmico frío en una franja altitudinal que va desde los

## MAPA 26

3.200 a los 3.600 m.s.n.m. Su nombre significa en lengua quechua “montaña de fuego”, ya que alberga un volcán activo a una altura de 4.780 m.s.n.m. y a su vez conforma con otros pisos volcánicos la Serranía de Los Coconucos, donde se encuentran numerosas lagunas, cascadas, fuentes termales, y nacimiento de varios ríos.

Es de destacar que la única especie de frailejón que se encuentra en los parajes de la cordillera Central, la *Espeletia hartwegiana* se encuentra en el parque. En cuanto a la fauna existente es de anotar la presencia de especies amenazadas como el oso de anteojos, danta de páramo, venado conejo (*Pudu mephistophelis*), puma o león americano, el cóndor de los Andes y el águila real entre otros. (INDERENA, 1990) (Ver Anexo No 1).

#### PARQUE NACIONAL NATURAL CUEVA DE LOS GUÁCHAROS

El nombre se deriva de los guácharos (*Steatornis caripensis*), ave nocturna que habita las cavernas y se alimenta de frutos y de la lengua quechua en donde guácharo significa el que chilla o grita. Fue declarado como parque, mediante Resolución Ejecutiva No. 397 de Noviembre de 1960, siendo el primer parque nacional declarado en el país.

Este parque cubre un área de 9.000 hectáreas y se localiza en la vertiente occidental de la cordillera oriental (Huila), cuya característica principal es exhibir un sistema de cavernas y de cuevas formadas por la acción del Río Suaza.

La flora predominante esta dada por el roble (*Quercus humboldtii*), roble morado o negro (*Trigonobalanus excelsa*), el nogal, cedros negro (*Juglands neotropica*), cedro (*cedrela sp*), pinos romerones o colombianos (*Decosscarpus sp*), quina (*Cinchona sp*), arrayán (*Myrcia sp*), canelo y encenillos (*Weinmania sp*), de igual forma abundan en el sotobosque las orquídeas, los anturios y las palmas.

Se conocen cerca de 300 especies de aves, entre ellas la gallineta de monte más grande y rara de Colombia, que además es subespecie endémica, *Tinamus osgoodi hershkovitzi*. (De La Zerda, Garces 1994).

Se destacan en cuanto a mamíferos, la danta de páramo, osos andinos y hurones en peligro de extinción, se reportan también micos marimonda, churuco y maiceros, guagua loba, borugo, ardillas, perezosos, cusumbos, tigrillos, chuchas y zorros, como especie endémica se registra el lagarto *Anolis huilae* y la rana *Gastrotheca andaquiensis*. (De La Zerda, Garces 1994).

#### PARQUE NACIONAL NATURAL LAS HERMOSAS

Declarado mediante Resolución Ejecutiva No. 158 de Julio de 1977 comprende un área de 150.000 ha (Tolima y Valle). Es propio de este parque los afilados riscos que presenta y el gran número de lagunas en pequeños valles. Respecto al recurso hídrico esta área es de gran importancia por tener allí su origen los ríos Anamichu, Rioblanco, Amoyá, Tuluá y Ambeima.

La vegetación predominante son los pajonales de *Calamagrostis sp*, y de tipo arbóreo (árboles) mano de osos, alisos, pino colombiano, encenillos y palma de cera. En cuanto a la fauna representativa del parque está dada por la musaraña, el hurón, el venado conejo, el puma, danta de páramo, oso de anteojos, guagua loba y venado soche.

#### SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA GALERAS

Se localiza en el departamento de Nariño y fue creado mediante Resolución Ejecutiva No. 052 de Marzo de 1985. Cubre un área de 10.915 hectáreas de las cuales una pequeña parte está en el

municipio de Pasto, en área del Macizo Colombiano. El santuario incluye el volcán Galeras (4276 msnm) que es uno de los volcanes más activos del continente. Entre la fauna representativa de esta región se encuentran aves como el vencejo de collar blanco, pato de los torrentes, colibríes, pava de montaña, anuros y cóndor de los andes. El santuario alberga tres especies de anfibios bufónidos (*Atelopus ignescens*, *Atelopus* sp y *Osornophryne bufoniformis*), ranas caminadoras y marsupiales (*Gastrotheca argenteovirens* y *Gastrotheca espeletia*) Serpientes tierreras (*Liophis epinephelus* y *Atractus* sp) y el lagarto collarejo (*Stenocercus guentheri* ). (INDERENA, 1990)

#### SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA ISLA DE LA COROTA

Creado mediante Resolución Ejecutiva No. 171 de Junio de 1977, se localiza en el lago de La Cocha, municipio de Pasto, siendo el área del sistema de parques más pequeña con 8 hectáreas. Los árboles más comunes son los cucharos, encenillos y sietecueros y en el sotobosque se encuentran hierbas, bejucos, orquídeas y líquenes.

Nombre del área	Departamento	Municipios	Municipios Macizo Colombiano	Área (Ha)
PNN Nevado del Huila	Cauca Tolima Huila	Corinto, Páez, Toribío, Neiva, Iquira, Palermo, Teruel, Ataco, Río Blanco	Corinto, Páez, Toribío, Iquira, Teruel, Río Blanco	158.000
PNN Puracé	Cauca Huila	Puracé, San Sebastián, Sotará, La Plata, San José de Isnos Salado Blanco, San Agustín	Puracé, San Sebastián, Sotará, La Plata, Salado Blanco, San Agustín	83.000
PNN Cueva de los Guacharos	Huila	Acevedo	Acevedo	9.000
SFF Galeras	Nariño	Pasto, La Florida, Sandoná, Consacá, Yacuanques	Pasto	7.615
SFF Isla de La Corota	Nariño	Pasto	Pasto	8
PNN Las Hermosas	Tolima Valle	Palmira, Tulua, Buga, El Cerrito, Pradera, Chaparral, Río Blanco	Chaparral, Río Blanco	125.000

**Tabla No. 42.** Áreas del Sistema de Parques Nacionales en el Macizo Colombiano

**Fuente:** MINAMBIENTE, 1997. Mapa preliminar de las áreas protegidas de Colombia. Preparado por UAESPNN-Programa de Ecosistemas Estratégicos.

#### RESERVA DE LA BIÓSFERA

La reservas de la biosfera de la red mundial constituyen ejemplos significativos de biomas de todo el mundo, con ejemplos representativos de biomas naturales, de paisajes armoniosos, de ecosistemas modificados o degradados que puedan restaurarse, combinan la conservación, la investigación, la enseñanza, desempeñan funciones integradoras con las poblaciones locales, por lo general son suficientemente grandes para constituir una unidad eficaz de conservación, disfrutan de una protección legal a largo plazo, en el caso de Colombia coinciden con otras áreas protegidas. En Colombia en 1980 fueron declaradas tres Reservas de la Biosfera, que cubren un área de 1.799.000 hectáreas

equivalentes al 1.57 % del área del País.. Como área proyectada para constituirse esta el Archipiélago de San Andrés, providencia y Santa Catalina (Ley 99.Art 37).

En el Macizo Colombiano se encuentra una reserva de la biosfera se localiza en el Cinturón Andino y está conformada por los Parques Nacionales Naturales Puracé, Nevado del Huila y el Parque Cueva de los Guácharos, antes mencionados, cubre un área de 853.000 has y fue declarada en Enero de 1980. De los municipios que pertenecen a la reserva se encuentran en el Macizo Colombiano: Corinto, Paez, Toribio, Iquira, Teruel, Río Blanco, Puracé, San Sebastián, Sotará, La Plata, Salado Blanco, San Agustín y Acevedo.

## RESERVAS FORESTALES

Según el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente Decreto 2811 de 1974, la Zona de Reserva Forestal es aquella “propiedad pública o privada reservada para destinarla exclusivamente al establecimiento o mantenimiento y utilización racional de áreas forestales productoras, protectoras o productoras –protectoras. Estas áreas sólo podrán destinarse al aprovechamiento racional permanente de los bosques que en ella existan o se establezcan y, en todo caso, deberá garantizarse la recuperación y supervivencia de los mismos”.

En el Macizo Colombiano se localizan dos Reservas Forestales, a saber: gran parte de la Reserva Forestal Central cuya área inicial era de 1’700.000 has, y que según la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (citado por MINAMBIENTE, 1996), aproximadamente «24.400 ha de bosques ya han sido transformadas en estancias, pastos y bosques agroforestales, y los páramos transformados en estancias y pastos que ocupan una superficie aproximada de 1300 ha.

En cuanto a la Reserva Forestal de La Amazonía que comprendía inicialmente 44’100.000 ha, ha sido objeto de sustracciones de 5.887.926 ha, dadas gran parte en el flanco oriental del Macizo Colombiano, principalmente en jurisdicción de Mocoa.

## RESERVAS FORESTALES PROTECTORAS

Según el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente «Se entiende por área de reserva forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables, debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque».

En el Putumayo está la reserva denominada Río Mocoa que cubre un área 34.600 hectáreas, y que fue declarada mediante Acuerdo No. 014/84 y Resolución No.225/84. En Pasto (Nariño) está la Reserva Laguna La Cocha- Cerro Patascoy y cubre un área de 8500 hectáreas, declarada mediante Acuerdo No. 058/73 y Resolución No. 073/74.

## RESERVAS MUNICIPALES

Reservas Naturales De La Sociedad Civil: La reservas están bajo la administración de la Red de reservas de la sociedad Civil, la cual es un órgano no gubernamental conformado por personas, familias, herederos y organizaciones dedicadas a la conservación de áreas con criterios de sostenibilidad, esta conformada por 92 reservas distribuidas en todo el territorio Colombiano (Redservando,1996). Sus miembros realizan actividades de reforestación, educación ambiental, investigación agropecuarias sostenibles, tratamientos de aguas servidas, transformación de materia orgánica. El área de reservas de la Sociedad Civil, es de 14905.13 has equivalente al 0.0131% del área del país (Minambiente, 1997).

Nombre del área	Departamento	Municipios	Municipios Macizo Colombiano	Area (Ha)
Complejo Volcánico de Doña Juana	Nariño	La Cruz y El Tablón de Gómez	La Cruz	16.000
Cerro La Jacoba	Nariño	La Unión, Arboleda y San Lorenzo	La Unión, Arboleda y San Lorenzo	4.000
Cerro Campana	Nariño	San Pablo	San Pablo	3.500
Cerro Chimayoy	Nariño	Belén, La Unión, Cartago, San Bernardo y Arboleda	Belén, La Unión, San Bernardo, Arboleda	9.000
Cerro El Calvario	Nariño	San Lorenzo	San Lorenzo	4.500
Cerro El Púlpito	Nariño	La Cruz, Belén, Colón y San Pablo	La Cruz, Belén, Colón y San Pablo	4.000
Cerro Saragoza	Nariño	San Lorenzo	San Lorenzo	6.200
Cerro La Mesa	Nariño	San Lorenzo	San Lorenzo	7.200
Las Palmas	Nariño	San Lorenzo	San Lorenzo	17
Las Estrellas	Cauca	Timbío, Sotará	Timbío, Sotara	300
Cerro Negro	Cauca	Bolívar	Bolívar	400
La Monja	Cauca	Mercaderes	Mercaderes	28
Guascal-Granadillos-Cerro Lerna-Cerro de Bolívar	Cauca	Bolívar	Bolívar	170
Chuscales	Cauca	Totoró	Totoró	100
Laguna de Calvache	Cauca	Totoró	Totoró	53
Los Inchinas, Las Minas, San Antonio, El Jordán Parte alta Microcuenca Río Marmato, Chorillos, Panecillos, Alto Humus San Jorge, Caquiona (Río)	Cauca	Almaguer, Pablo	Almaguer, Pablo	200

**Tabla No. 43.** Reservas municipales por constituir en el Macizo Colombiano.

**Fuente:** MINAMBIENTE, 1997. Mapa preliminar de las áreas protegidas de Colombia. Preparado por UAESPNN - Programa de Ecosistemas.

Nombre del Area	Departamento	Municipios	Municipios Macizo Colombiano	Area (Ha)
Páramo Barbillas	Cauca	La Vega	La Vega	25
Cerro Negro	Cauca	La Sierra	La Sierra	400
Laguna Salero	Cauca	La Sierra	La Sierra	1
Ríoblanquito	Cauca	Sotará	Sotará	6
Serranía Aucayaco	Cauca	Santa Rosa	Santa Rosa	800
Serranía de los Churumbelos	Cauca	Santa Rosa	Santa Rosa	3.000
Desembocadura del Río Mandiyaco	Cauca	Santa Rosa	Santa Rosa	800
Serranía Aucayaco	Cauca	Santa Rosa	Santa Rosa	800
Paila Alta	Cauca	Corinto	Corinto	95
Vertiente La Cominera	Cauca	Corinto	Corinto	1
Nacimineto de agua Las Guascas	Cauca	Corinto	Corinto	1
Nacimiento Yarumales	Cauca	Corinto	Corinto	1
Vertiente de agua El Danubio	Cauca	Corinto	Corinto	1
Nacimiento de agua Vereda Los Andes	Cauca	Corinto	Corinto	1
Santa Helena	Cauca	Corinto	Corinto	57
Reserva Boquerón	Cauca	Corinto	Corinto	25
San Luis Arriba	Cauca	Corinto	Corinto	18
Los Yalcones	Huila	San Agustín	San Agustín	10.000

**Continuación tabla No. 43.** Reservas municipales por constituir en el Macizo Colombiano.

**Fuente:** MINAMBIENTE, 1997. Mapa preliminar de las áreas protegidas de Colombia. Preparado por UAESPNN - Programa de Ecosistemas.

Una de las reservas municipales declarada es la de Salsipuedes, declarada mediante Resolución INCORA en el Municipios de San Lorenzo en el departamento de Nariño, con un área de 104.6 hectáreas. Existen otras tantas, en especial en el área de la Cocha adscritas a la Red de Reservas de la Sociedad Civil y están manejadas por ONG's, fundaciones y asociaciones, campesinos y grupos ecológicos.

Existen alrededor de 33 áreas en proceso de constitución como reservas municipales, que totalizan un área promedio de 70.900 hectáreas (Minambiente, 1997) (Ver Tabla No. 5.3 y Mapa No. 27 )

El objeto de constitución de nuevas reservas en esta zona esta dada por la importancia y el valor que representan estas áreas, por la composición florística, funcionalidad ecológica de conservación de fuentes hídricas, de hábitats y características propias de cada una. En el documento del ministerio se detallan se detallan algunas de las consideraciones por las cuales estas áreas son objeto de constitución en reservas, específicamente en el área del Macizo Colombiano. (Fuente: MINAMBIENTE, 1997)

En el Departamento de Nariño se encuentran en tramite para constituir las siguientes reservas (Ver Mapa No 27):

- **Complejo volcánico de Doña Juana:** es un área estratégica de protección para la denominada estrella hidrográfica del Norte de Nariño, Sur del Cauca y Putumayo.
- **Cerro La Jacoba:** Presenta alta diversidad florística, además de ser un centro receptor y distribuidor de aguas para el 50 % de veredas del municipio de la Unión.
- **Cerro Campana:** Posee alta diversidad florística y faunstica, además comprende un área de influencia de cinco microcuencas abastecedoras de 10 acueductos del municipio de Florencia.
- **Cerro Chimayoy:** Se caracteriza por la riqueza de flora silvestre y constituye la cabecera de seis microcuencas abastecedoras de agua del norte del departamento
- **Cerro El Calvario:** Area de gran diversidad florística y se considera como un gran reservorio hídrico.
- **Cerro El Púlpito:** Localizado en los límites de La Cruz, Bélen, Colón y San Pablo. Zona de alta significancia y fragilidad ambiental, zona receptora para acueductos municipales y veredales.
- **Cerro Saragoza:** En el se halla la laguna Marucha, reservorio de aguas que abastecen dos acueductos de dos corregimientos y siete veredas.
- **Cerro La Mesa:** Presenta una gran belleza escénica, patrimonio de biodiversidad y de producción hídrica.
- **Las Palmas:** Nacimiento de fuentes de agua del acueducto municipal de San Lorenzo.

En el departamento del Cauca:

- **Las Estrellas:** Abastecimiento de aguas del 90% de la población de Timbio.
- **Cerro Negro:** Conservación del río Mazamorra
- **La Monja:** Protección de nacimientos hídricos, zona boscosa de alta diversidad.
- **Guascal-Granadillos-Cerro Lerna- Cerro de Bolívar:** Protección de nacimientos hídricos
- **Chuscales:** protección de zona de páramo, y gran atracción ecoturística.
- **Laguna de Calvache:** Gran importancia hídrica y con un paisaje único.
- **Los Inchinas, Las Minas, San Antonio, El Jordán, parte alta de la microcuenca de los río Marmato, Chorillos, Panecillos, Alto Humus, San Jorge, Caquiona-Río:** Zona de nacimientos que abastecen microcuencas como las del Río Marmato, San Jorge. Presencia de bosque nativo protector topografía de alta pendiente.
- **Páramo Barbillas.** Protección y conservación de páramo.
- **Cerro Negro:** protección y conservación de bosques naturales.

## MAPA 27

- Laguna Salero: Protección del ecosistema.
- RíoBlanquito: Surte un acueducto interveredal de 18 km. de red.
- Serranía Aucayaco: Posible zona arqueológica, potencial turístico.
- Serranía de los Churumbelos: Nacen todos los ríos que surten de agua a la bota baja -Caucana: Presencia de Especies maderables.
- Desembocadura del Río Mandiyaco: Belleza paisajística del Río Mandiyaco.
- Paila Alta: Nacimientos que surten el río Patía, zona forestal protectora
- Vertiente La Cominera: Protección de recurso hídrico
- Nacimineto de agua Las Guascas: protección de recurso hídrico.
- Nacimiento Yarumales: Protección de recurso hídrico
- Vertiente de agua El Danubio: Vertiente que surte acueducto veredal.
- Nacimiento de agua Vereda Los Andes: Protección de nacimientos abastecedores de acueductos veredales.
- Santa Helena: Zona de reserva forestal sin actividad agrícola.
- Reserva Boquerón: Diversidad faunística y recurso forestal
- San Luis Arriba: Zona de bosque secundario
- San Agustín: Conservación del recurso hídrico.

## CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL

Para efectos de analizar el cambio de uso y de la cobertura se desarrolló un análisis comparativo entre las coberturas vegetales de IDEAM, 1996 con las zonas de vida de Holdridge (1962) (Ver Anexo No 2 y Mapa No 28) y el Mapa de Coberturas, Uso y Ocupación del Territorio (IDEAM, 1996).

Según Holdridge (en Espinal T.S., 1988), se entiende por zona de vida que presenta asociaciones vegetales típicas de una división natural del clima, las cuales, tomando en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, tienen una fisionomía similar en cualquier parte del mundo. Es decir que se asume que zonas con condiciones de suelos, clima y parámetros altitudinales similares entre sí, deberán presentar una vegetación muy similar.

El sistema de de L:R: Holdridge contempla factores medioambientales en tres categorías a saber zona de vida, la asociación y la cobertura vegetal, Holdridge por lo tanto, clasificó el territorio nacional por zonas de vida y estableció el tipo de bosque que cada zona de vida debería idealmente tener. Comparando estos resultados con el Mapa de Coberturas (IDEAM,1996) se pudo establecer el grado de intervención que ha sufrido cada una de ellas.

La metodología empleada se basó en la utilización de los Sistemas de Información Geográfica mediante los que se obtuvieron las siguientes categorías o grados de intervención:

**Áreas con una Intervención Muy Alta:** Incluye aquellas zonas a las que se les ha modificado su área inicial hasta en un 75% alterando sus condiciones naturales. (Ver Mapa No 29).

En este grupo se encuentran los siguientes municipios de Caldono, Caloto, Piendamó, Popayan, Rosas y Timbío (en el departamento del Cauca); La Plata, Nátaga, Pital, Pitalito, Suaza y Tarqui (en el departamento del Huila); Alban, Belén, San Bernardo, San Pedro de Cartago, San Pablo.(en el departamento de Nariño); y finalmente en Sibundoy (en el departamento del Putumayo) (IDEAM;1996).

Actualmente en estos municipios predominan los agroecosistemas (IDEAM,1996) quedando tan solo unos relictos de Bosque.

**Áreas con una Intervención Alta:** Son zonas a las que se les ha modificado su área inicial entre un 50 y 75% alterando sus condiciones naturales. (Ver Mapa No 29).

Municipios Macizo Colombiano	Reserva** de la Biósfera	Parque** Nacional Natural	Santuario** de Fauna y Flora	Reserva** Municipal por Constituir
Acevedo	X	X		
Albán				
Almaguer				X
Arboleda				X
Belalcázar				
Belén de los Andaquíes				
Belén				X
Bolívar				X
Buesaco				
Caldono				
Caloto				
Colón				X
Colón (Génova)				
Corinto	X	X		
Chachagüí				
Chaparral		X		
El Tablón				X
Florencia				
Inza				
Iquira	X	X		
Isnos				
Jambaló				
La Argentina				
La Cruz				X
La Plata	X	X		
La Sierra				X
La Unión				X
La Vega				X
Mercaderes				X
Miranda				
Mocoa				
Nátaga				

**Tabla No. 44.** Presencia de áreas protegidas en el Macizo Colombiano

\* **Fuente:** IDEAM, 1996

\*\* **Fuente:** Preparado por UAESPNN - Programa de Ecosistemas Estratégicos, MINAMBIENTE, 1997

X. Presencia de cada categoría

Municipios Macizo Colombiano	Reserva** de la Biósfera	Parque** Nacional Natural	Santuario** de Fauna y Flora	Reserva** Municipal por Constituir
Oporapa				
Páez (Belalcázar)	X	X		
Palestina				
Pasto			X,X	
Piendamó				
Pital				
Pitalito				
Planadas				
Popayán				
Puracé	X	X		
Río Blanco	X	X,X		
Rosar				
Saladoblanco	X	X		
San Agustín	X	X		
San Francisco				
San José de la Fragua				
San Lorenzo				X*
San Pablo				X
San Pedro de Cartago				
San Sebastián	X	X		
Santa María				
Santa Rosa				X
Santiago				
Sibundoy				
Silvia				
Sotará	X	X		X
Suaza				
Taminango				
Tarquí				
Teruel	X	X		
Timbío				X
Toribío	X	X		
Totoró				X

**Continuación tabla No. 44.** Presencia de áreas protegidas en el Macizo Colombiano

\* **Fuente:** IDEAM, 1996

\*\* **Fuente:** Preparado por UAESPNN - Programa de Ecosistemas Estratégicos, MINAMBIENTE, 1997

**X.** Presencia de cada categoría

**MAPA 28**

Los municipios catalogados con este grado de intervención son: Corinto, Florencia, Jambalo, La Sierra, La Vega, Miranda, Silvia, Sotara, Totoró (en el departamento del Cauca), Isnos y Oporapa, Arboleda, Colón, La Unión y San Lorenzo (en el departamento del Huila); Colon (Putumayo) y finalmente Chaparral en el departamento del Tolima. (IDEAM, 1996)

La intervención de estos ecosistemas naturales ha sido básicamente para el establecimiento de agroecosistemas según mapa de coberturas IDEAM, 1996.

**Áreas con una Intervención Media:** Son zonas a las que se les ha modificado su área inicial entre un 25 y 50% alterando sus condiciones naturales. Estas áreas presentan una intervención antrópica no muy severa, y consiguientemente aún subsisten algunos componentes naturales iniciales (Ver Mapa No. 29).

Los municipios del Macizo Colombiano que presentan una intervención media son: Belén de los Andaquies y San José de Fragua (en el Caquetá); Almaguer, Bolívar, Inza, Puracé, San Sebastián, Santa María, Toribio y Páez (en el Cauca); Acevedo, La Argentina, Palestina, Saladoblanco, Iquira, San Agustín, y Teruel (Huila); Buesaco, Chachaguí, La Cruz, Pasto, y Taminango (en Nariño); Mocoa (Putumayo); y finalmente, Planadas y Rioblanco (Tolima). (IDEAM, 1996).

**Áreas con una Intervención Baja:** Corresponden a zonas que prácticamente no han tenido intervención significativa (menos del 25% de su área inicial) y las condiciones naturales persisten. Los municipios son: Santa Rosa, Mercaderes (Cauca), El Tablón (en Nariño), San Francisco y Santiago (Putumayo).

De acuerdo con estos resultados, es importante recalcar que en la zona del Macizo Colombiano predominan los agroecosistemas lo que significa que los componentes naturales han sido objeto de una fuerte presión por parte de la población.

La alteración severa de estos ecosistemas trae consigo la pérdida de cubierta forestal provocando el empobrecimiento de los suelos, erosión, sequías, cambios microclimáticos y reducción de la biodiversidad que se constituye en un pilar para la sobrevivencia de la humanidad.

Los relictos que aún subsisten se constituyen en elementos de un alta vulnerabilidad y fragilidad ambiental, que reclaman la implementación de programas y acciones concretas encaminados a su conservación y protección.

## EN BUSCA DE LA SOSTENIBILIDAD

Para efecto de análisis del estado de los recursos del Macizo Colombiano se contemplan dos indicadores de sostenibilidad, cobertura vegetal y áreas protegidas.

### COBERTURA VEGETAL

Las modificaciones que sufren las coberturas vegetales a través del tiempo, se constituyen en una medida indirecta del desarrollo de una comunidad. Un rápido descenso de la vegetación en lapsos cortos de tiempo, se traduce en un desarrollo económico no sostenible, es decir que se realiza sin pensar ni en la conservación del recurso ni en su utilización por parte de las generaciones futuras. El resultado de esta forma de utilizar cualquier recurso natural, conlleva no solo a su rápido agotamiento, sino que a su vez desencadena efectos sobre otros componentes ambientales y finalmente, sociales.

El deterioro de un bosque por ejemplo, no solo traerá consigo el efecto de escasez del recurso mismo, sino que afectará recursos físicos (suelos, pendientes, cuerpos de agua, etc.) y biológicos (especies de fauna y flora, es decir la biodiversidad) asociados a este bosque. En consecuencia, la

## MAPA 29

comunidad que depende de este bosque no tendrá los beneficios económicos que de éste deriva y si por el contrario, tendrá problemas de erosión, deslizamientos, desertificación quizás, disminución de caza y en términos generales su calidad de vida bajará.

Específicamente en el caso de Macizo Colombiano se observa claramente que los municipios con menos recursos económicos son aquellos que presentan las áreas más profundamente deterioradas, tal es el caso del Macizo Colombiano donde el 53,03% de municipios se encuentran en un nivel de Muy Alta y Alta intervención de sus áreas naturales, estas corresponden a 35 municipios. En estas áreas predominan los Agroecosistemas Andinos, Agroecosistemas Interandinos y Agroecosistemas Andinos fragmentados (Ver anexos 3, y 4) resultado de la intervención humana para el establecimiento de cultivos y actividades agropecuarias, quedando tan solo unos pequeños relictos de bosque andino, bosque basal amazónico y páramos. Es de destacar los municipios de Caldono, Caloto, Piendamó, Popayán, Rosas y Timbío (en el departamento del Cauca); La Plata, Nátaga, Pital, Pitalito, Suaza y Tarqui (en el departamento del Huila); Albán, Belén, San Bernardo, San Pedro de Cartago, San Pablo (en el departamento de Nariño); y finalmente en Sibundoy (en el departamento del Putumayo) (IDEAM; 1996), que aparecen en las tablas de porcentajes de áreas naturales con sus correspondientes coberturas vegetales transformadas.

En nivel medio de intervención de áreas naturales se encuentran 25 municipios que representan el 37,88 % del área del Macizo Colombiano y lamentablemente tan solo el 9,09% del Macizo se encuentra con un nivel de baja intervención distribuidos en los departamentos de Cauca, Huila, Nariño y Putumayo, en estas regiones aún se encuentran algunos relictos de Bosque Andino, Bosque Basal Amazónico y área de Páramos, los cuales ameritan atención especial con medidas de conservación.

En el Macizo Colombiano se encuentran las cuencas del Magdalena, Mayo, Caquetá, Cauca, Juananbu, La Fragueta, La Plata, Mocoa, Paez, Palo, Patía, Putumayo, Saldaña, San Jorge y Suaza. Producto del análisis de cambio de las coberturas vegetales las cuencas del Cauca, Magdalena. Presentan muy alto nivel de intervención en áreas naturales conservándose menos del 25 % de área natural, le siguen en su orden de alta intervención las cuencas de Juananbu, Paez, Palo, y Suaza. cuencas todas estas en su mayoría deforestadas, y cuyos terrenos han sido destinados principalmente a cubrir actividades agrícolas y ganaderas en forma intensiva alterando los procesos que se dan en los ecosistemas presentes.

## AREAS PROTEGIDAS

Las áreas protegidas indistintamente de su denominación, han sido objeto del acelerado proceso de colonización y el aprovechamiento insostenible de los recursos que albergan, estas áreas o zonas específicas que por sus características, son poseedoras de una gran diversidad florística y faunística, y prestadoras de bienes y servicios, presentan en su radio de acción procesos que inducen al cambio de uso de la cobertura vegetal.

Las áreas para conservación de los ecosistemas mediante la implementación de unidades de manejo deben contemplar una alta representación de ambientes ecológicos, diversidad o riqueza biológica, representación de comunidades, formaciones o asociaciones vegetales, sitios de concentración de fauna, comunidades particulares de fauna, existencia de especies endémicas, recursos genéticos, protección de cuencas hidrográficas, valores naturales nacionales geomorfológicos o escénicos, lugares de importancia para especies migratorias, especies en peligro de extinción, valores recreativos, culturales, históricos u otros similares.

Estas unidades deben especializarse en los bosques primarios, las márgenes hídricas, reservas en áreas de captación y suministro de agua veredales y municipales, bosque para protección, bosques naturales para tala selectiva, bosques de conversión en área afectadas por la agricultura migratoria o colonización y áreas para enriquecimiento en el Macizo Colombiano.

A pesar de que la importancia de las reservas a nivel de conservación de la riqueza biológica, de la representatividad nacional, los procesos de transformación han conllevado a que se den en estas áreas aumentos de la frontera agrícola conllevando a sustracciones tal es el caso de las áreas de reservas forestales creadas mediante la Ley 2ª que se encuentran en el Macizo Colombiano, que también han sido afectadas por sustracciones continuas como lo es el caso de la Reserva Forestal de la Amazonía que inicialmente comprendía un área de 44'100.000 has de las cuales se han sustraído 5'887.926 has parte de las cuales se encuentran en la región del Macizo Colombiano. Al igual que la reserva de la Amazonía la reserva Forestal Central (1'700.000 has) que también forma parte del Macizo Colombiano, la cual debe ser objeto de ampliación en los flancos oriental y occidental.

Como síntesis de algunos de los procesos que han acelerado los cambios de uso de la cobertura vegetal en el país, y en específico en la región del Macizo Colombiano, están:

Incremento de la presión sobre los bosques, reflejado por la ampliación de la frontera agrícola, ganadería extensiva, proceso de tala, roza y quema, establecimiento de asentamientos humanos y poblaciones, contaminación, colonización, construcción de obras de infraestructura, establecimiento de cultivos ilícitos, incendios forestales, tala y extracción selectiva de la especie de flora, de maderas preciosas y consumo de leña, entre otros.

Los efectos del deterioro o pérdida de los ecosistemas llevan a la escasez de los productos maderables y no maderables, pérdida de hábitats de la fauna e incentiva el desplazamiento de las comunidades hacia nuevos lugares acelerando los procesos de colonización que provocan el desmonte de los bosques, y conllevan a la erosión y pérdida de productividad de los suelos.

La expansión de la frontera agrícola y procesos de colonización, que se ven reflejados en las grandes áreas de agroecosistemas, la explotación no sostenible de los recursos forestales mediante la extracción de maderas preciosas y la extracción de leña como combustible doméstico es en esta región altamente significativa. Cabe destacar que los departamentos de Nariño y Cauca representan las cifras más altas de consumo de leña, con el 12,20 % del total de la leña nacional (Torres, E.J;1995)

Las quemadas e incendios forestales como producto de la preparación de terrenos para las cosechas, los procesos de tala roza y quema para apropiación de terrenos, y el establecimiento de cultivos ilícitos, también son factores que alteran las áreas naturales conllevando a los grandes cambios de uso de esta región.

La implantación de cultivos ilícitos que de acuerdo con el Informe Preliminar: Ordenamiento Ambiental del Macizo Colombiano, elaborado por el Equipo Técnico del IDEAM, del Proyecto Ordenamiento del Macizo Colombiano (1997): « En la región existe una amplia área que está siendo utilizada para el cultivo de la amapola, en terrenos que se localizan entre 2.000 y 3.000 m.s.n.m. El origen se relaciona con la crisis que vive el sector rural en Colombia, pues el cultivo de la amapola se ha constituido en el elemento básico para la articulación de esta economía con los mercados». Generando procesos de deforestación y deterioro de los recursos en esta región principalmente en las áreas de protección de los nacimientos de aguas y en las márgenes hídricas. La erradicación forzosa de cultivos ilícitos ha provocado el desplazamiento de los cultivos hacia territorios de mayor altura poblados de bosques naturales, y en inmediaciones de los cursos de agua, donde se hace más difícil detectarlos, ha ocasionado daños a la calidad de los suelos, alteraciones en la calidad de las aguas, convirtiéndose en herramienta útil en la reducción de área sembrada pero inoperante sobre los efectos ambientales de esa práctica cultural.

Quiere decir que si no se desarrollan programas y proyectos para mitigar los procesos que conllevan al cambio de uso acelerado en un futuro no muy lejano se estaría hablando de que existían bosques, páramos, fauna, biodiversidad en esta región. Para que esto no suceda se debe implementar procesos que conlleven a la sostenibilidad de los recursos existentes.

La búsqueda de la sostenibilidad de los recursos en el Macizo Colombiano, se puede dar desde cualquier sector de la sociedad y desde diferentes niveles: global, internacional, nacional, regional y local. Cada acción que se pretenda dar al respecto, debe estar acompañada de mecanismos políticos, económicos, científicos y técnicos para garantizar que se cumplan los objetivos propuestos. Además, la comunidad debe ser partícipe en el desarrollo de acciones concretas que se den en su entorno.

Deben existir mecanismos de evaluación, diseño, planificación, ejecución y control para el establecimiento de los programas, que partan de principios ambientales claros y determinantes. Se debe partir por un cambio en los valores culturales establecidos, promoviendo una conciencia y ética ambiental que transforme la manera de relacionarnos con los recursos naturales. Esto implica que debe multiplicarse las acciones dirigidas a la educación y deben existir mecanismos e incentivos (a todo nivel) que refuercen el proceso. Cada actor debe responsabilizarse y comprometerse en la implementación de los programas que se planteen. Donde se deberán tener en cuenta las condiciones y circunstancias locales en la planificación, desarrollo y ejecución de cada programa encaminado al usos sostenible de los recursos.

El futuro de los proyectos de cualquier índole, que se encuentran en este momento y de aquellos que están proyectados realizarse, depende de la conservación y manejo de los ecosistemas que están representados en el Macizo Colombiano, en especial de aquellos que como los páramos y la selva regulan la cantidad y calidad de las aguas, en especial de la carga de sedimentos.

La construcción de proyectos lineales deberá contar con la geografía accidentada de este Macizo Colombiano, con la riqueza hídrica, con el papel preponderante de las coberturas vegetales y con la característica de ser un epicentro de riqueza biológica.

## RECOMENDACIONES

En el Macizo Colombiano donde la mayoría de ecosistemas han sido transformados en cultivos y pastos, debería implementarse lo siguiente:

Programas de restablecimiento de vegetación en áreas degradadas, incentivar el uso de especies forestales nativas con potencial productivo subutilizado, incrementar programas de regeneración o repoblación, fuentes semilleras y procedencias entre otros.

Desarrollar estudios de los procesos de degradación de los bosques mediante el desarrollo de inventarios de flora y fauna entre otros, y establecer programas de monitoreo que permitan el conocimiento de los procesos locales para así mismo establecer acciones más específicas a cada área.

Reservar zonas específicas para mantener la diversidad biológica «Corredores Biológicos», en sitios donde aún existen bosques primarios, en áreas de márgenes hídricas, en áreas de captación y suministro de agua. Atendiendo además las solicitudes referidas en el documento.

Fomentar la conservación de los bosques mediante beneficios económicos que se apliquen a la reinversión de las mismas áreas.

Promover e incentivar las empresas forestales para el desarrollo de programas de reforestación comunitarios que conlleven a la disminución de la presión sobre los bosques.

Desarrollar programas de enriquecimiento o conversión en áreas afectadas por la tala, roza y quema o procesos de agricultura migratoria

Promover programas de reforestación y conservación de bosques naturales que se acojan a los Certificados de Incentivo Forestal CIF (Ver Anexo No 5.3), para plantaciones y para conservación de especies en peligro de extinción como el Cedro, La Caoba, El Roble y el Pino Colombiano.